제1편 공 통 편

제1장 정밀안전점검 개요
제2장 외관조사 개요
제3장 내구성조사 개요
제4장 절토사면 상태평가 기준 및 절차
제5장 옹벽 상태평가 기준 및 절차
제6장 보수공법 및 유지관리방안

제1장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.4 대상시설물 개요

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

제 1 장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” (이하 ” 시설물안전법 “이라 한다.) 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전점검(시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 보수 · 보강방법 제시) 및 동법 제40조 및 동법 시행령 제28조에 의한 성능평가(시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속 · 정확하게 조사 · 평가하고, 그에 대한 적절한 성능확보를 취하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 보완 · 보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진)의 시행을 통한 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

본 정밀안전점검은 경험과 기술을 갖춘 전문가가 용역 발주자와 충분한 사전 업무범위 및 내용을 협의한 후 수행하였으며, 근접 육안조사를 기본으로 필요 시 접근장비를 이용한 정밀 외관조사를 실시하되 현장조사 시에는 각종 안전조치를 취하였다. 현장 외관조사 결과 및 각종 측정 및 시험결과를 바탕으로 상태평가 결과를 도출하고 점검결과에 따라 적정한 보수 보강방법을 제시하였다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

1) 자료수집 및 분석
2) 현장조사 및 시험
3) 조사결과 검토 및 분석
4) 시설물의 상태평가
5) 종합평가 및 안전등급 지정
6) 보수·보강 및 유지관리방안 제시
7) 보고서 작성

1.2.2 과업수행기간

2019. 06. 20. ~ 2019. 11. 29.

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2019. 01, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

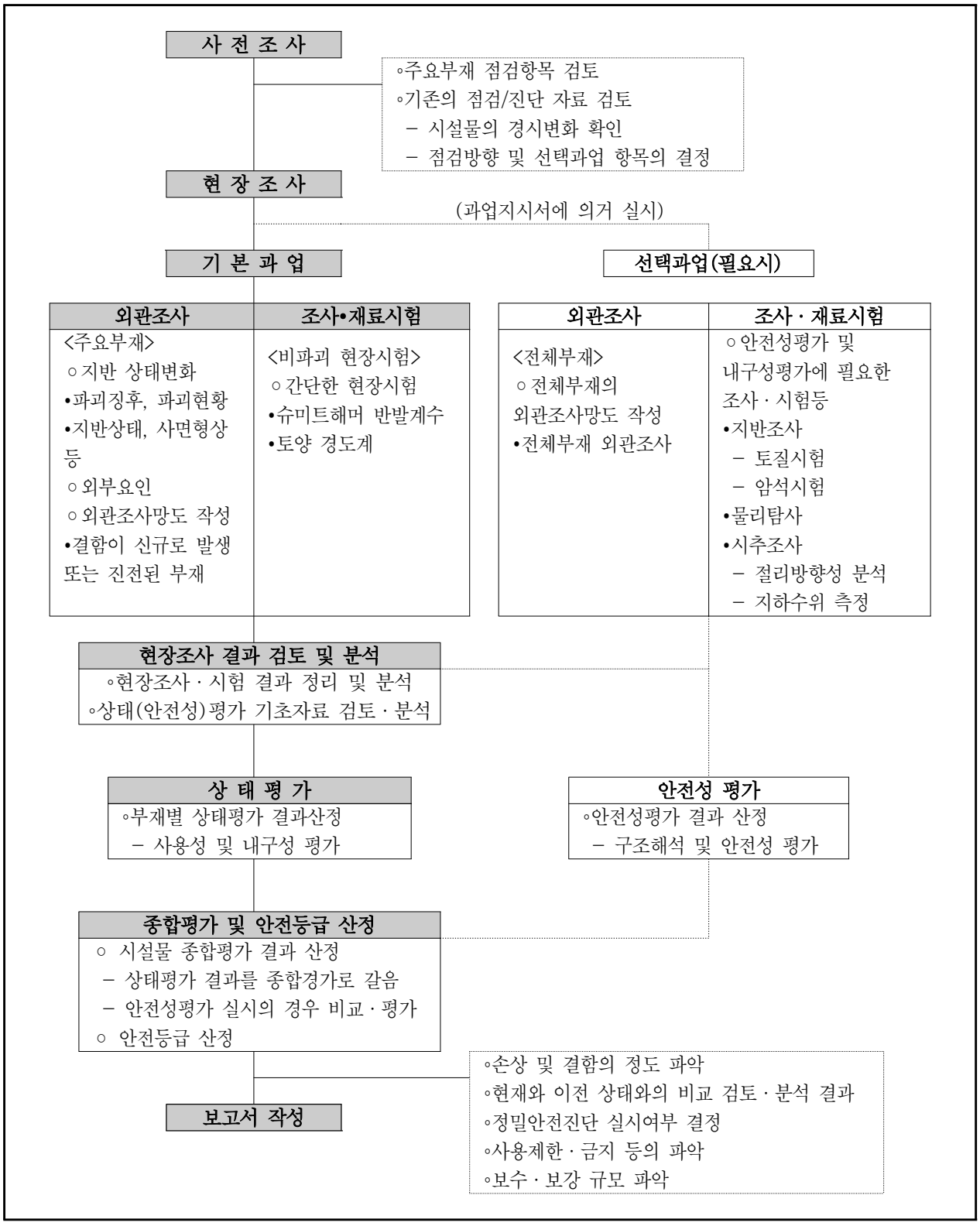
【표 1.2.1】 과업의 내용

과 업 의 범 위		과 업 의 내 용	비 고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서) 2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토 (2016년 정밀안전점검, 2017년 정밀안전점검 자료 등)	안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2019.01) 적용
현장 조사 및 시험	현장 조사	1) 사면 · 옹벽의 제원 및 시공상태 조사 2) 사면 파괴징후 및 파괴현황 등 외관조사 3) 옹벽 외관 결함 및 손상 등 외관조사 4) 외관망도 작성	
	현장 시험	1) 암반 강도 조사(반발경도시험) 2) 토양경도 측정 3) 콘크리트 강도 조사 4) 탄산화 깊이 측정	
상태평가		1) 외관조사 결과 분석 2) 현장시험 결과 분석 3) 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 4) 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견(안전등급 지정)	
종합평가 및 안전등급 지정		1) 상태평가 결과를 이용하여 안전등급 지정	
보수 및 보강대책 수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법 제시 3) 보수·보강 물량 및 보수·보강 우선순위 제시	
유지관리 대책 수립		1) 유지 관리상 중점점검사항 제시 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		1) 보고서 작성 및 제출	

1.3 과업수행 절차 및 일정

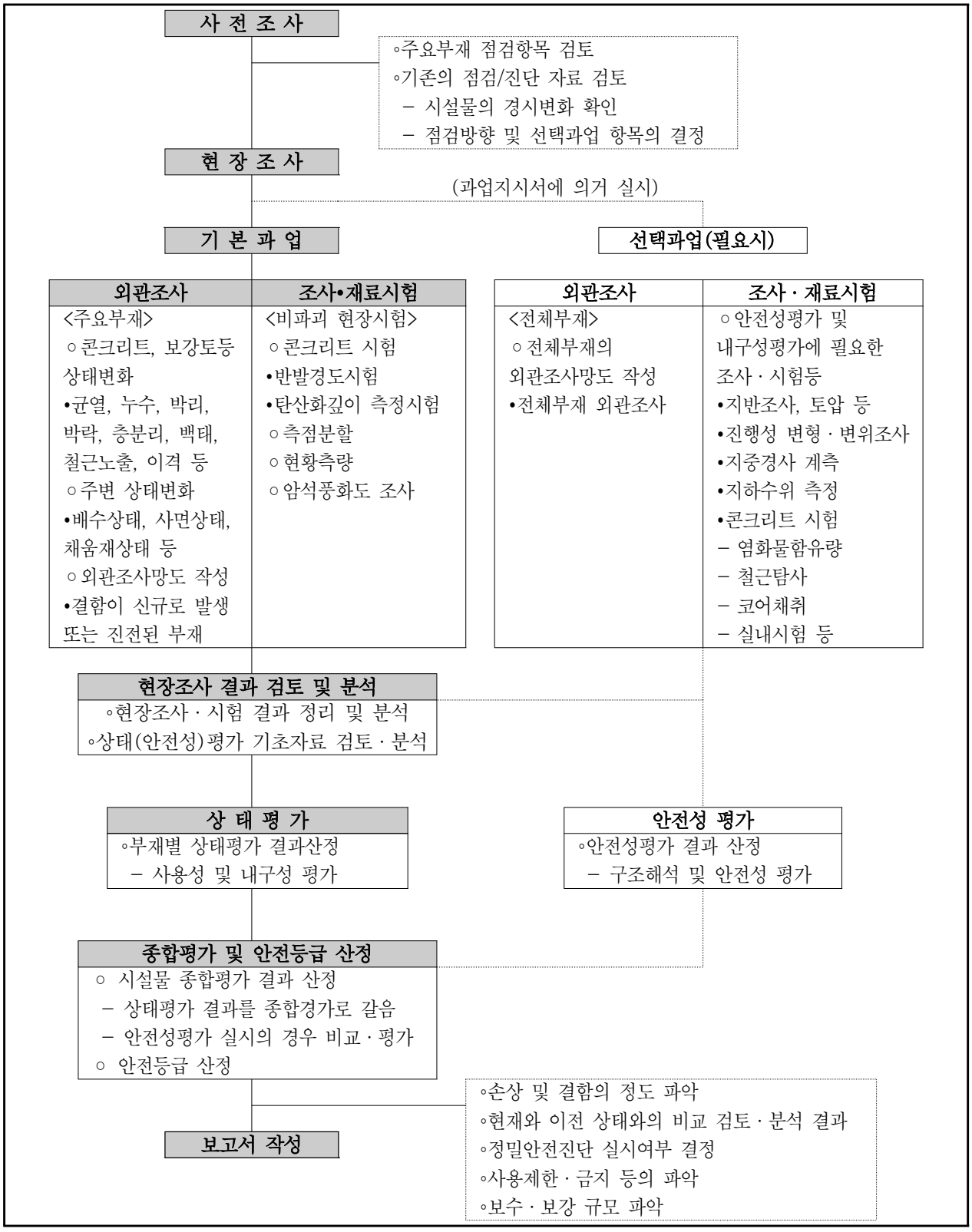
1.3.1 과업수행 절차

본 사면의 정밀안전점검 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.3.1】 비탈면 정밀안전점검 과업수행 흐름도

본 옹벽의 정밀안전점검 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.3.2】 옹벽 정밀안전점검 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전점검 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.3.1】 정밀안전점검 과업수행 일정

공 종	2019년 06월 20일 ~ 11월 29일(163일간)											비 고
	6월	7월		8월		9월		10월		11월		
	11	26	42	57	73	88	103	118	134	149	163	
1. 자료조사 및 현장답사												
1) 착수계 제출												
2) 현장답사												-06/20 착수
3) 관련자료 수집 및 분석												
4) 사전검토보고서 제출												
5) 과업수행계획서 제출												
2. 현장조사 및 시험												
1) 현장조사 계획 및 준비												
2) 현장조사												
3) 재료시험												
4) 실내시험												
3. 시설물의 평가												
1) 상태평가												
2) 성능평가												
3) 종합평가												
4. 보수보강 제시												
1) 보수방안 및 우선순위 결정												
2) 유지관리방안 제시												
3) 유지관리전략 제안												
5. 결과보고												
1) 결과보고												
2) 성과품 초안제출												
6. 보고서 작성												
1) 외관조사 망도 작성												-11/29 준공
2) 최종보고서 작성												
3) e-보고서 작성												

1.4 대상시설물 개요

① 사면

구조물명	노선	이정 (km)	연장 (m)	높이 (m)	보강형식	준공 년도	안전 등급	비고
절토사면-부산포항선 STA.11+750~12+500(부산)	부산 울산선	11.75	750.0	67.0	소일네일	2008	B	2종
절토사면-부산포항선 STA.12+050~12+620(포항)		12.05	570.0	55.0	록볼트	2008	B	2종
절토사면-부산포항선 STA.15+706~15+966(부산)		15.70	260.0	62.0	코이어넷	2008	B	2종
절토사면-부산포항선 STA.16+200~16+646(부산)		16.20	446.0	58.5	-	2008	B	2종
절토사면-부산포항선 STA.19+780~20+300(포항)		19.78	520.0	60.0	록볼트	2008	B	2종
절토사면-부산포항선 STA.19+800~20+350(부산)		19.80	550.0	60.0	소일네일	2008	B	2종
절토사면-부산포항선 STA.47+050~47+350(부산)		47.05	300.0	60.0	-	2008	A	2종
절토사면-부산포항선 STA.47+050~47+630(부산)		47.05	580.0	55.0	-	2008	A	2종

② 옹벽

구조물명	노선	이정 (km)	연장 (m)	높이 (m)	형식	준공 년도	안전 등급	비고
도로옹벽-부산울산선 42.7k 포항 율천 수로이설	부산 울산선	42.07	337.4	10.4	보강토	2008	A	2종
도로옹벽-부산울산선 44.02k 부산 영해1교 A2		44.02	165.4	9.5	보강토	2008	A	2종
도로옹벽-송정IC R/B(sta.0+445~0+735)		해운대송정IC R/B	290.0	7.5	콘크리트	2008	A	2종
도로옹벽-온양IC R/A~R/G 부산포항선 29.483k 포항		29.48	211.0	13.0	보강토	2008	A	2종

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 점검장비는 다음과 같다.

【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기

장 비 명		규 격	용 도	활용방법	사 진	비고
균 열 측정기	PSM-20	PIKA	균열폭 측정	균열폭의 크기와 길이를 확대 렌즈를 통해 육안으로 확인		
고배율 망원경	망원캠	SONY DEV -50V	외관조사 보조기구	원거리에서 근접 육안 조사용(사진, 동영상) 촬영가능		
반 발 경 도 측정기	Schmidt hammer	NR식	콘크리트 강도 추정	약 3cm 간격에 20회 정도 타격하여 그 값의 평균치를 구함		
탄산화 시험기		Conkit	콘크리트 내부 탄산화 체크	페놀프탈레인 용액 1%를 분사 후 대비되는 색깔로 탄산화 깊이 측정		
해머드릴		GBH36V -LI	드릴링	탄산화 시험 보조 염화물 시험 시료채취		
불연속면방향성 측정기		-	클리노미터	불연속면의 주향/경사 측정		
불연속면거칠기 측정기		-	프로파일 게이지	불연속면 거칠기계수 측정		
광파기		-	측량	광파기를 이용한 측량		
기타		줄자, 안전장구, 작업용사다리, 점검망치, 무전기 개인 안전장비(안전모, 안전화, 신호봉 등), 카메라				

제2장 외관조사 개요

2.1 외관조사 개요
2.2 사면 손상상태조사
2.3 사면 파괴요인조사
2.4 옹벽 현장조사 방법

제 2 장 외관조사 개요

2.1 외관조사 개요

본 과업의 대상구조물인 절토사면, 옹벽의 외관조사 결과는 국토교통부에서 제시한 '안전점검 및 안전진단 세부지침(절토사면편, 옹벽편, 국토해양부, 한국시설안전공단, 2019.01)'에 근거하여 구조물에 발생된 손상정도에 따라 조사하였으며 세부평가 방법은 다음과 같다.

2.2 사면 손상상태조사

2.2.1 절토사면 점검항목

【표 2.2.1】 절토사면 주요 점검항목

점검 내용	점 검 항 목	점 검 장 비
사면손상상태	<면밀한 육안검사> - 파괴징후 ·인장균열, 이완암괴 규모 ·사면 및 구조물 변형 상태 - 파괴현황 · 파괴유형, 위치, 규모 등	- 카메라 - 필기도구 - 줄자 - 지질용 해머 - 클리노컴파스 - 거리측정기 - GPS(위치측정기) → 도면사용가능 - 슈미트해머 - 토양경도계
사면파괴요인	<면밀한 육안검사> - 지반상태 ·토질조건 및 토층 심도 ·토질의 연경도 ·절리 경사 및 방향 ·절리간격, 거칠기, 연장 등의 상태 - 사면형상 ·사면의 경사 및 집수지형 - 자연적 외부 요인 상태 ·강우 및 지하수상태(필요시 지진 하중) - 인위적 외부 요인 상태 ·절취 상태, 배수 조건 ·표면보호 및 보강공 상태 <면밀한 육안검사> - 반발경도도법에 의한 강도 조사 (슈미트해머, 토양경도계)	
시험 (안정성 평가시)	<안정해석을 위한 지반정수 분석> - 토질시험 ·전단시험(점착력, 첨두마찰각, 잔류마찰각) ·표준관입시험 - 암석시험 ·일축압축강도(코어시료 획득 불가시 점하중 시험으로 환산) ·절리면 직접전단시험(점착력, 내부마찰각) ·물성시험 : 단위중량, 탄성계수, 포아송비	- 토질/암석 물성시험

2.2.2 항목별 점검요령

가. 개 요

절토사면은 다른 일반시설물과 달리 지형, 지질 등의 지반조건과 강우, 기온 등과 같은 외부조건에 의해 주로 영향을 받는 시설물로서 계획단계로부터 시공 및 유지단계에 이르기까지 원지반의 조건이 사면의 안전성을 주로 좌우하며, 원지반에 대한 정밀하고 객관적인 자료의 획득이 매우 어렵고, 진단이나 점검을 수행하는 전문가에 따라 조사결과가 크게 달라질 가능성이 높다.

절토사면의 조사는 사면의 유형에 따라 크게 토사사면과 암반사면으로 구별하여 조사하며, 조사내용은 사면 손상상태 조사, 사면 파괴요인 조사, 시험 및 물리탐사로 구분 할 수 있다.

나. 조사영역 및 사면의 분할

사면 분할은 사면을 바라보며 우측을 시점, 좌측을 종점으로 하되, 사면의 수직고가 5m 이하로 낮아지는 지점에서 분할하며, 상태평가 및 안전성평가를 위한 구간 분할은 동일사면에 대하여 다음과 같이 분할한다.

1) 사면의 구성재료(토사, 연약암반, 파쇄암반, 절리암반)가 변화할 경우
2) 사면의 경사가 10° 이상으로 변할 경우
3) 사면의 구성재료와 표준경사가 맞지 않을 경우
4) 사면의 경사방향이 40° 이상 변화할 경우
5) 동일 구간의 연장이 200m 이상일 경우

다. 사면 손상상태 조사

1) 파괴징후

① 인장균열

균열의 발생여부 파악은 절토사면의 상부로부터 가상의 원호활동원에 포함되는 위치 또는 사면 상부 전반에 대하여 조사한다. 인장균열 내에 물이 채워질 경우 지반의 전단강도가 약화될 수 있으며, 균열이 진행성인 경우 사면파괴에 대한 중요한 증거가 된다. 인장균열의 진행성(또는 확장) 여부는 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 판단된다.

② 지반변형

지반변형은 사면의 상하부와 사면 내의 모든 변형을 포함한다. 절토사면의 경우 자연 상태의 응력준위를 인위적으로 변화시킴에 따른 응력이완과 해방의 원인으로 지반변형이 유발될 수 있는바, 사면 전반에 걸쳐 조사를 실시하며, 사면 상하부의 경우는 지반 함몰이나 융기 등의 현상을 관찰하고, 사면 내에서는 사면경사 불량 여부를 파악한다.

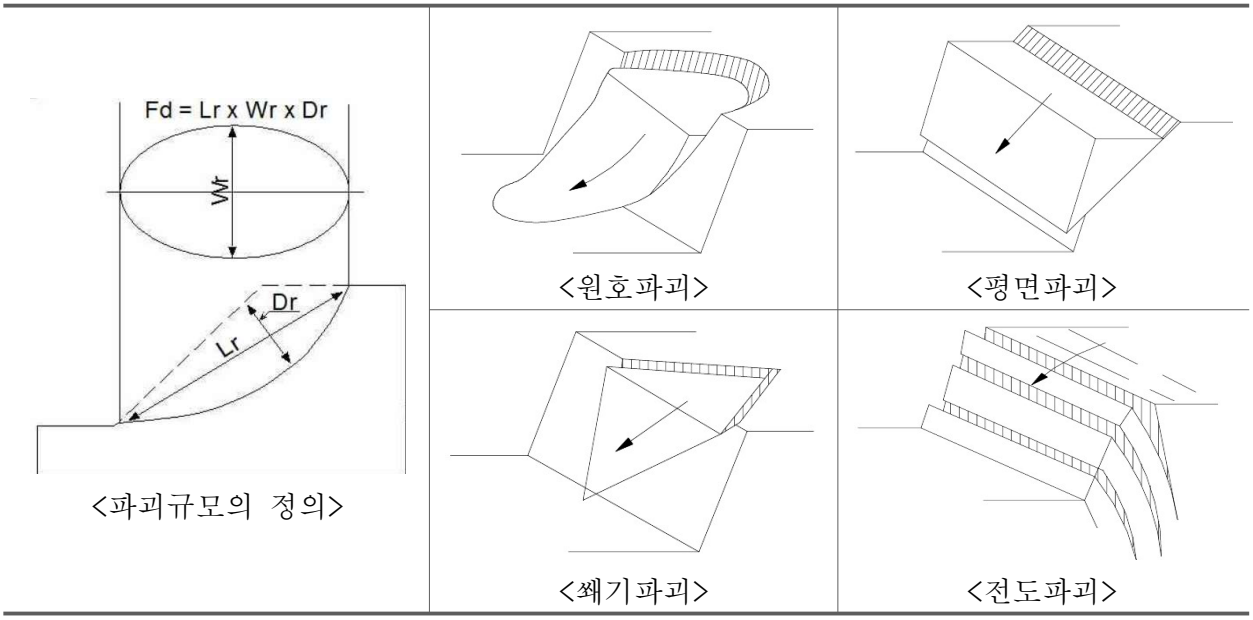
③ 시설물 변형

조사대상 사면에 존재하는 시설물은 옹벽, 배수시설 등이 있으며, 이들의 변형은 지반의 변형을 외적으로 표현해 주는 지표가 될 수 있다. 응력의 집중이나 기타의 원인에 의해 발생한 시설물의 변형 여부 및 발생위치, 개소수 등을 전반적으로 조사하여야 한다.

④ 파괴현황

기존에 발생한 파괴현황을 검토함으로서 사면의 불안전성 및 유사한 형태의 지속적인 파괴 발생 가능성을 평가하는 항목으로서 파괴의 규모 및 개소수, 유형 등에 대한 조사가 대상사면 전반에 걸쳐서 수행한다.

파괴규모는 다음 그림과 같이 파괴면(surface of rupture)의 폭(Wr), 길이(Lr), 깊이(Dr)의 곱으로 정의된다.



【그림 2.2.1】 파괴규모의 정의 및 대표적인 파괴 형상

2.3 사면 파괴요인조사

2.3.1 지반상태

가. 토질조건

흙은 점성토와 사질토로 대별할 수 있으나 지반상에 존재하는 토질은 대부분 혼재하여 있다. 사질토의 전단저항원리는 입자간 회전과 활동에 의한 마찰저항과 interlocking이며, 점성토는 구성입자간의 전기적인 힘에 의해 지배받는다. 토질조건은 정밀안전점검 단계에서는 현장 육안관찰과 토양경도계, 휴대용 콘 시험기 등을 통하여 판단하며, 정밀안전진단 단계에서는 대상사면의 토사 전단저항각 또는 N치를 통하여 토질조건을 평가한다. 또한, 안전성평가를 실시할 경우는 실내실험을 실시하여, 조사대상 사면에 대한 시료는 전면에 골고루(최소 3개소 이상) 채취하여, 이에 대한 토성실내시험을 실시한 후 평균적인 결과를 사용할 것을 권장한다. 한편, 전단저항각 또는 N치를 조사하기 위한 시추 샘플링 및 표준관입시험은 최소한 1개소에 대하여 토사존재 깊이까지 실시하며 흙의 분류 및 샘플링, 표준관입시험 등은 한국산업규격(KS)에 근거하여 실시한다.

나. 토층심도율

대상 절토사면의 토층심도율(SR) 계산을 위해서는 사면내의 토층 두께를 측정하여야 한다. 토층의 두께는 정밀안전점검 단계에서는 육안관찰을 통해, 정밀안전진단 단계에서는 측량, 비파괴 물리탐사 및 자료조사 등을 통하여 파악한다. 토층두께는 대상 사면 내 토층이 가장 두꺼운 지점의 두께로 적용한다. 토층심도율(SR)은 사면높이에 대한 토층 두께의 비로 정의되며 아래 식과 같이 계산되어진다.

$$SR = \frac{\text{Soil depth}}{\text{Slope height}}$$

다. 풍화

지질학적인 풍화의 의미는 “암석이 물 또는 공기와 접촉하여 흙으로 붕괴되어 가는 자연적 과정”으로 간단히 요약될 수 있다. 암석의 풍화는 주로 지표면 부근에서 발생하여 흙의 형성, 풍화된 암반부위 형성 등을 통해 하부의 신선한 기반암과 대조를 이루고 이로 인해 공학적 특성의 차이를 야기한다. 암석의 풍화도를 조사하는 방법으로는 단순육안관찰, 현미경상의 풍화면적 측정, 광물함량이나 화학성분비 측정 등이 있으나, 현장에서 신속하고 비교적 용이하게 조사할 수 있는 방법으로는 ISRM이 제시한 육안관찰에 의한 6단계의 풍화등급으로 나누는 방법이 대표적이다.

【표 2.3.1】 풍화등급의 6단계 분류법

풍화등급	설 명	공학적 특성
신선함 (F)	암석의 풍화 흔적을 볼 수 없다. 주 불연속면 표면에 경미한 변색이 있을 수 있다.	·발파로 굴착가능 ·모든 구조물 기초로 적합
약한풍화 (SW)	불연속면의 표면과 암석의 변색 상태가 풍화 지표가 된다. 불연속면이 얼룩져 있거나 변색되어 있고, 외부적으로는 신선한 상태보다 약한 상태이다.	·발파로 굴착가능 ·대규모의 댐을 제외한 모든 구조물 기초로 적합
보통풍화 (MW)	조암광물의 절반 이하가 변질(decomposed)되거나 토양으로 분해(disintergrated)된 상태이다. 신선암 및 변색된 암은 핵석(corestone)이나 불연속면의 골격을 이룬다.	·Ripper로 굴착가능 ·대부분의 소규모 구조물 기초로 가능
심한풍화 (HW)	암석 구성 재료의 절반 이상이 부스러졌거나 흙으로 변했다. 신선하거나 변색된 암석이 기반암이나 핵석(corestone) 상태로 존재한다.	·Scraping으로 굴착가능 ·구조물 기초시 신뢰도 낮음
완전풍화 (CW)	모든 암석 재료가 부스러졌거나 흙으로 변했다. 그러나 절리흔적과 같은 원래의 암반 조직은 보존되어 있다.	·Scraping으로 굴착가능 ·토질 시험 결과에 따라 기초 사용 결정
풍화잔류토 (RS)	모든 암석이 흙으로 변했고 원래 암반의 구조와 조직은 관찰할 수 없다. 큰 부피의 변화가 생겼으나 흙은 거의 운반되지 않았다.	·기초부에 부적합 ·사면침식요인 ·성토재 사용시 재료 선별

라. 연약암반의 지반강도 특성

지반을 구성하는 암석이 풍화를 심하게 받았거나 신생대 제3기층과 같이 미고결 암석인 경우 지반의 강도가 매우 연약하며, 이러한 경우 지반강도 특성(연약한 정도)에 따라 지반의 역학적 특성이 현저하게 대별된다. 지반강도 특성은 지질 해머를 이용한 육안 관찰을 통해, 약간 연약, 연약, 매우 연약 등으로 구분 지을 수 있으며, 각 구분은 일축압축강도 기준으로 20~5MPa, 5~1MPa, 1MPa 이하에 해당한다.

마. 불연속면 특성조사

불연속면은 암반에서 나타나는 모든 연약면을 총괄적으로 나타내며, 작은 단열구조로부터 큰 단층까지 다양한 규모를 가진다. 불연속면은 대개 물리적으로 분리되어 있는 면으로 매우 작은 인장강도를 갖거나 인장강도가 없다. 따라서 암반으로 구성된 절토사면의 경우 불연속면의 존재는 사면의 안전성에 절대적인 영향을 미치며 대부분의 경우 불연속면을 따라 붕괴가 발생한다. 불연속면 특성조사의 경우 정밀안전점검 수준에서는 육안관찰에 의한 대표적인 방향에 대해 실시하고 정밀안전진단의 경우 10m 이상의 측선을 이용한 선조사법(scanling method)을 실시하거나 조사창 측정법(window method)을 실시한다. 선조사법으로 조사를 할 경우 지반의 구조적인 변화를 고려해

3회 이상 실시할 것을 권장하며, 횟수는 절개면의 연장에 따라 조정될 수 있다.

선조사법과 조사창 측정법은 불연속면의 통계분석을 위하여 설정된 측선이나 구획내에 존재하는 불연속면에 대하여 연번을 부여한 후 각 불연속면의 교차거리, 방향성, 길이(연장), 틈새(간격), 거칠기, 불연속면의 종류 등을 획득하는 방법이다.

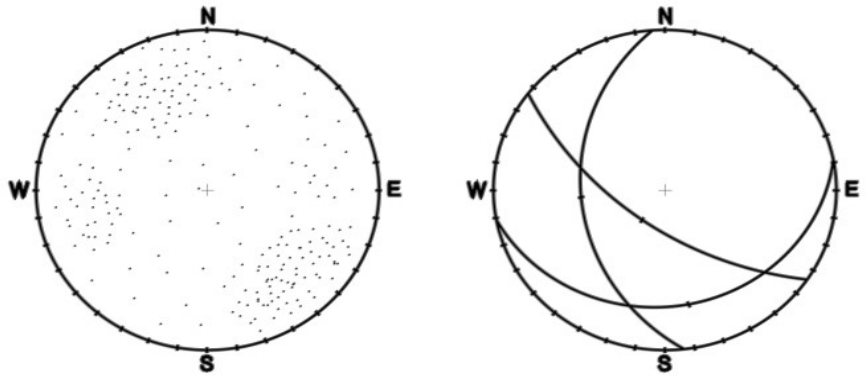
불연속면 특성 조사항목에는 ① 불연속면의 방향성, ② 간격, ③ 연장성, ④ 거칠기, ⑤ 틈새(간극), ⑥ 충전물, ⑦ 누수, ⑧ 블록형상 등이 있으며 아래에 그 상세 내용을 서술하였다.

① 불연속면의 방향성

불연속면의 방향성은 사면의 방향성과 연관되어 안전성에 미치는 가장 중요한 인자중의 하나로 공간에서 불연속면의 분포경향을 나타낸다.

■ 조사 방법 및 수량

방향의 측정은 클리노컴파스나 클리노메타를 이용하여 측정한다. 대개 불연속면의 방향성은 주향(strike)과 경사(dip)로 표시하거나 경사방향(dipdirection)과 경사(dip)로 표시하며 공학적인 문제에서는 '경사(dip)/경사방향(dipdirection)'의 표시방법을 많이 사용한다. 이때 경사는 2자리로 경사방향은 3자리로 표기한다.



(a) 극점표시법 (b) 대원표시법

【그림 2.3.1】 불연속면의 표시방법

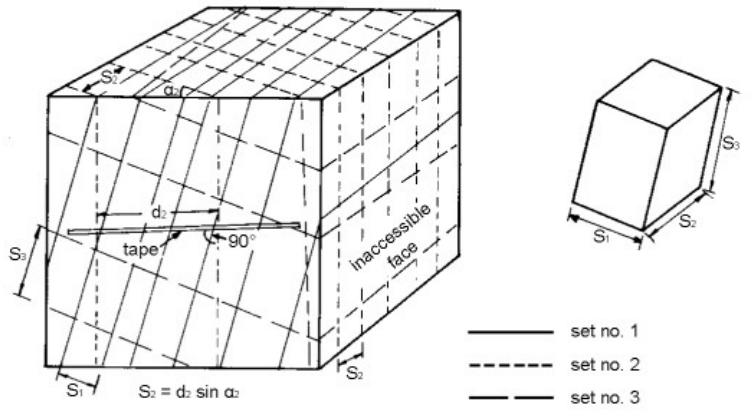
② 간격

불연속면의 간격은 불연속면 사이의 수직거리로서, 사면내에서 암반블록의 크기를 결정할 뿐만 아니라 수리전도도나 용수특성에도 영향을 미치게 된다.

■ 조사 방법 및 수량

측정용 줄자를 이용하여 대상 불연속면이 다른 불연속면군에 직각인 노두에서 누락 없이 측정하여야 한다. 이때 다른 불연속면군에 직각인 노두에서 측정할 수 없을 경우, 줄자와 불연속면 사이의 예각(α)을 컴퍼스로 측정하여 다음 식으로부터 사거리에 대한 보정을 실시한다.

$$S = d_m \sin\alpha$$



【그림 2.3.2】 노두 관찰을 통한 불연속면 간격 측정방법

【표 2.3.2】 불연속면 간격 분류 기준

등 급	간 격 [m]
매우 조밀 (very close spacing)	0.06 미만
조밀 (close spacing)	0.06 ~ 0.2
보통 (moderate spacing)	0.2 ~ 0.6
넓음 (wide spacing)	0.6 ~ 2
매우 넓음 (very wide spacing)	2 이상

③ 연장성

연장성은 불연속면의 넓이나 길이의 의미를 담고 있다. 특히, 사면에서는 불연속면의 연장성에 따라 파괴 가능한 블록을 형성시킬 수 있을 뿐만 아니라, 연장성이 매우 큰 불연속면은 때에 따라 인장균열로 진전될 수도 있다. 그러나 연장성은 불연속면의 특성 중에서 정량화하기 가장 어려운 요소 중 하나이다.

■ 조사 방법 및 수량

불연속면의 길이를 10m 이상의 줄자를 사용하여 측정하여 숫자로 기록한다.

【표 2.3.3】 연장성 분류 기준

등 급	연장성 [m]
매우 낮은 연속성 (very low persistence)	< 1
낮은 연속성 (low persistence)	1 ~ 3
보통 연속성 (medium persistence)	3 ~ 10
높은 연속성 (high persistence)	10 ~ 20
매우 높은 연속성 (very high persistence)	> 20

④ 거칠기

불연속면의 거친 정도는 불연속면의 거동시 전단강도에 큰 영향을 미치므로 불연속면으로 구성된 암반사면의 안전성을 평가하는데 중요한 요소이다.

불연속면의 거칠기는 수 미터 정도의 대규모 거칠기(만곡, waviness)와 수 센티미터 정도의 소규모 거칠기(요철, unevenness)로 나눌 수 있는데, 대규모 거칠기는 요철 부분이 전단활동시 닳아 없어지지 않는 반면 작은 규모 거칠기는 전단활동시 마모되기 쉽고 거칠기가 클수록 불연속면의 유효마찰각은 커진다.

【표 2.3.4】 불연속면 거칠기 등급

등 급	설 명
매우 거칠음 (very rough)	불연속면의 표면에 거의 수직적인 계단 형태의 요철이 존재한다. 불연속면 표면을 만질 때 매우 거친 느낌이 든다.
거칠음 (rough)	경사진 계단 형태의 요철이 확실하게 나타난다. 표면요철이 확실하게 식별되며, 불연속면 표면을 만질 때 거친 느낌이 든다.
약간 거칠음 (slightly rough)	불연속면의 표면요철이 식별가능하며, 손으로 느낄 수 있다.
매끄러움 (smooth)	육안으로는 표면 요철의 식별이 어려우나, 손으로 느낄 수 있다.
경면화 (slickensided)	불연속면의 미끄러진 표면에 광택이 나는 부분이 관찰된다.

⑤ 틈새(간극)

틈새는 분리된 인접 불연속벽면간의 수직거리를 의미하며 주로 물, 점토광물, 석영, 방해석 등으로 채워져 있고 비워져 있는 경우도 있다. 틈새의 충전물중 모암과의 결합력이 매우 양호하여 암반분리의 의미가 없는 경우 즉, 치밀한 석영맥, 기타 암맥류 등으로 견고하게 충전된 것을 제외된다. 틈새는 불연속면의 이완정도나 사면내의 수압, 투수량 등에 영향을 미칠 수 있다.

■ 조사 방법 및 수량

밀리미터 단위를 측정할 수 있는 줄자를 사용하여 불연속면의 틈새를 측정한다. 틈새가 좁을 경우 틈새 게이지(feeler gauge)를 이용 측정하여 기록한다.

【표 2.3.5】 틈새(간극) 분류 기준

구 분	간 극 폭
밀착됨 (tight)	간극을 잴 수 없을 정도로 아주 좁고 밀착됨
약간 벌어짐 (partly open)	간극이 0.1mm 미만
벌어짐 (open)	0.1 ~ 1.0 mm
약간 넓음 (moderately wide)	1 ~ 5 mm
넓음 (wide)	5mm 이상

⑥ 충전물

충전물은 불연속면의 인접 벽면간을 채우고 있는 물질에 대한 용어로서 그 성분은 주로 석영(quartz), 녹니석(chlorite), 방해석(calcite), 점토(clay), 이물질(siltmaterial), 단층점토(fault clay), 단층각력(fault breccia) 등이다.

충전물은 그 발생기원의 다양성으로 인하여 전단강도, 투수도 등과 같은 암반의 물리적 거동에 복잡하게 작용하며, 이러한 물리적 거동은 충전물의 광물학적 특성, 충전물의 입도, 함수율과 투수성, 기존의 전단변위 등에 기인한다. 충전물의 함수율과 투수도 및 전단변위 등에 영향을 미칠 수 있다.

■ 조사 방법 및 수량

밀리미터 단위를 측정할 수 있는 자를 이용하여 불연속면의 간극 내에 채워져 있는 물질의 두께를 측정하고 재료를 기입한다.

【표 2.3.6】 충전물 분류 기준

충전물 재료	충전물 두께
없음	-
딱딱함	5mm 미만
	5mm 이상
부드러움	5mm 미만
	5mm 이상

⑦ 누수

암반 불연속면을 따르는 투수 문제는 암반의 공학적, 역학적 특성에 지대한 영향을 미치는데 충전물의 함수비 변화에 따른 충전물 강도 변화, 간극수압 증대에 따른 전단 강도 및 지반 지지력 약화 등으로 대표될 수 있다.

■ 조사 방법 및 수량

사면의 불연속면에서 누수 개소를 조사하여 각 누수상태를 평가한다.

【표 2.3.7】 누수상태 분류 기준

누수상태	설 명
완전건조(completely dry)	누수 흔적을 찾아볼 수 없다.
습함(damp)	손에 물이 묻지 않으나, 불연속면이 약간 축축한 상태이다.
젖어있음(wet)	불연속면이 물기로 젖어있고, 손에 물이 묻는다.
떨어짐(dropping)	불연속면 사이로 물방울이 떨어진다.
흐름(flowing)	불연속면 사이로 물방울이 단속적으로 떨어지지 않고 계속 흘러나온다.

⑧ 블록형상

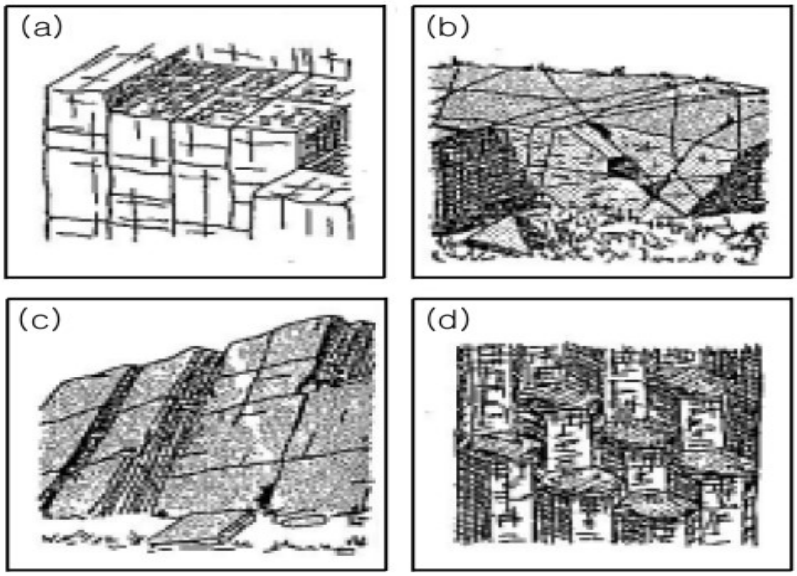
암반은 절리의 간격 및 방향에 따라 특징적인 형태를 갖고 있다. 절리의 방향이 직각이고 등간격이면 정육면체의 형태를 가지고, 두 방향의 절리 간격은 넓고 한 방향이 좁으면 판상의 형태를 보인다. 절리가 세 방향 이상으로 발달하면, 절리의 방향은 일반적으로 직각이 아니며 이러한 경우에는 쐐기형 또는 다면체의 형태를 보인다.

■ 조사 방법 및 수량

육안조사로 사면을 구성하고 있는 암반의 개략적인 블록 형상을 기록한다.

【표 2.3.8】 블록형상 분류 기준

블록형상	설 명
괴상(massive)	불연속면이 거의 없고, 절리간격이 매우 넓음
판상(tabular)	다른 두 방향의 치수보다 한 쪽 방향의 치수가 상당히 작음
각주상(columnar)	다른 두 방향의 치수보다 한 쪽 방향의 치수가 상당히 큼
불규칙상(irregular)	블록의 크기와 형상의 변화가 심함
블록상(blocky)	거의 정육면체형의 사각형
파쇄상(crushed)	불연속면이 매우 조밀하게 발달하여 각설탕 같은 모양



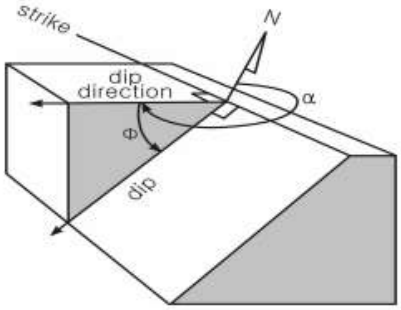
(a) 블록상 (b) 불규칙상 (c) 판상 (d) 각주상

【그림 2.3.3】 암반 블록의 형상

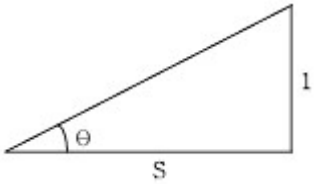
2.3.2 사면형상

가. 사면경사

대상사면에 대한 측량 등을 통하여 사면경사, 사면경사각 또는 경사율(%)을 이용하여 절토사면의 형상을 평가할 수 있다. <그림 2.3.4>은 사면경사, 사면경사각, 경사율(%)에 대한 개념이다.



여기서, 경사(dip)는 수평면으로부터 측정된 경사면의 최대 경사각을 말하며 Φ각이다.
경사방향(dip direction)은 진북으로부터 시계방향으로 측정된 경사의 방향으로 α각이다.
주향(strike)은 수평기준면과 경사면의 교선의 궤적으로서 경사와 경사방향에 직각이다.



여기서, S(1:S)=사면경사, θ=사면경사각(°), 경사율(%)=(1/S)×100% 이다.

【그림 2.3.4】 사면경사(1:S), 사면경사각(°), 경사율(%)

나. 집수지형

대상사면의 상부에 집수유역이 존재한다면 이에 대한 고려를 실시한다. 유출계수, 도달시간, 유역면적, 침투율, 토질조건 및 증발산 등 수문학적 평가가 필요하지만 포괄적 차원에서 기술자의 판단을 반영하여 5단계로 평가한다.

2.3.3 자연적 외부요인 (강우 및 지하수 조건)

강우에 대한 항목은 해당지역의 과거 최대 강우강도를 2일 누적강우량, 시우량, 1일 강우량 등의 형식으로 구분하여 획득하며, 지하수 조건은 시추조사시 지하수위를 함께 조사하거나 물리탐사를 이용한다. 암반사면의 경우 절리 틈으로부터 흘러나오는 지하수로부터 추정할 수 있다.

2.3.4 인위적 외부요인

가. 표면보호

식생공은 숏크리트공, 격자블럭공, 돌붙임공 및 식생공(떼붙임공법, 씨앗살포공법(seed spray), 매트(mat)공법, 넷(net)공법, 녹생토공법) 유무를 육안으로 조사하여 판단한다. 사면 보수, 보강을 위한 보호/보강 및 낙석방지공법 등 부대시설이 아닌 식생 및 표면보호공의 상태만을 조사하며, 식생의 조밀도와 표면보호공의 상태를 5단계로 평가한다.

나. 보호/보강상태

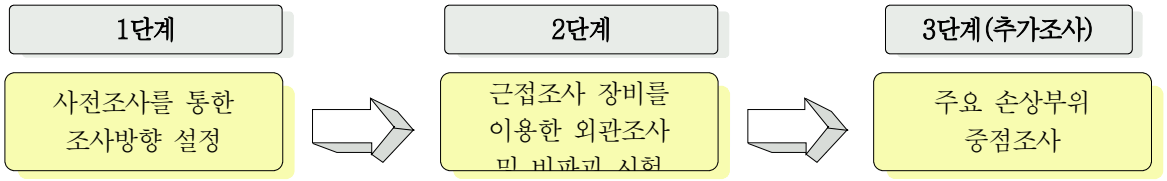
사면의 안전성을 확보하기 위하여 활동력을 억제시키거나, 저항을 증가시키기 위한 공법을 절토사면에 시공한 경우 시공된 부대시설(록볼트 및 앵커공, 쏘일네일링, 숏크리트공, 낙석방지공, 옹벽 등)이 그 역할을 충분히 발휘하는지 조사하여 판단할 필요가 있다. 적용공법에 따라 다소의 차이는 있지만 시설의 결함, 노후화 및 기타사항을 조사하여 평가기준에 적용한다.

다. 배수조건

수량의 다소에 관계없이 용수가 지속된다면 사면상의 식생공이 점착치 못하게 되고 원지반을 침식시키게 되므로 용수부분에 대한 처리가 필요하다. 또한 용수는 사면의 불안정성을 증대시키는 역할을 할 수 있다. 용수를 적게 하는 방법으로는 사면어깨배수공, 소단배수공, 집수정이나 보링을 통한 집수를 배수 처리하는 방법 등이 있으며, 용수를 처리하는 방법은 도랑굴착, 호스, 집수매트, 돌망태(개비온) 등을 통한 배수방법이 있다. 판단기준은 배수가 양호하여 건조상태와 같이 간극수압이 발생하지 않을 경우에 해당되는 항목을 좋음으로 하여 5단계로 육안조사를 통하여 평가한다.

2.4 옹벽 현장조사 방법

본문에서는 옹벽의 구성부재별로 외관조사 결과를 사진 중심으로 수록하였으며, 이에 따른 외관조사망도와 외관조사 총괄표는 향후 옹벽점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 작성하였다.



2.4.1 부재별, 손상별 발생원인 및 조사방향

가. 중대한 결함

① 시설물의 기초세굴

기초부 세굴에 대한 상태평가 기준이 “e”의 경우

② 시설물 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

탄산화 잔여깊이 또는 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 “d”의 판정으로, 철근노출 상태평가 기준에서 “e”를 포함하는 경우

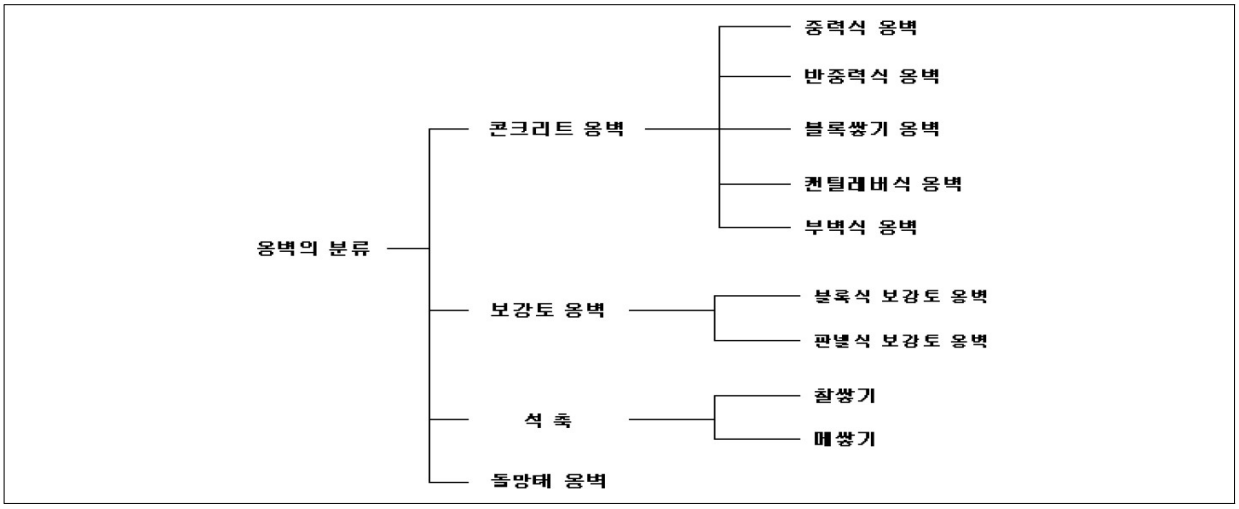
③ 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 옹벽의 균열 또는 파손

절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 파손 및 손상, 재료분리 또는 균열에 대한 상태평가 기준에서 “e”의 경우

나. 상태평가를 위한 외관조사

시설물의 적정한 상태평가를 위해서 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(옹벽편, 국토해양부, 한국시설안전공단, 2019. 01)』에서 제시한 순서대로 외관조사 결과를 분석하였다.

① 옹벽의 분류



② 상태변화 점검항목

점검부위	점검방법	점검항목	점검장비
콘크리트 옹벽	면밀한 외관조사	-전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 누수, 층분리 및 박락, 백태 · 철근노출 · 배수공 상태 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등	- 망원경 - 카메라 - 필기도구 - 줄자 - 망치 - 손전등 - 슈미트해머 - 탄산화 장비 - 균열경 및 균열측정기 - 측량기 또는 진행성 결함 항목 측정 및 계측에 필요한 장비
	간단한 측정	· 현황측량 · 반발경도법에 의한 강도조사 · 탄산화 시험 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등	
보강토 옹벽	면밀한 외관조사	-전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 유실 · 이격 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등	
	간단한 측정	· 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등	

제3장 내구성조사 개요

3.1 절토사면 시험 개요

3.2 콘크리트 내구성조사 개요

제 3 장 내구성조사 개요

3.1 절토사면 시험 개요

3.1.1 토사사면의 시험

토사사면의 안정성을 검토하기 위한 실내시험 항목은 아래와 같으며, 각 항목별로 안정 해석시 필요한 조건을 반영하여 KS규정에 의한 시험을 실시하되 각 항목별로 최소 3개 이상의 시험 결과를 취득하여 반영토록 한다.

- 토질분류 : 함수비, 애터버그 한계, 비중, 입도시험, 단위중량(습윤, 건조)
- 전단강도시험 : 직접전단시험, 삼축압축시험 ⇒ 점착력, 내부마찰각
- 표준관입시험

토사사면의 안정해석법은 여러 가지가 있으나 그 정확성은 강도정수와 사면의 기하학적 조건의 정확도 및 각 해석방법 고유의 정밀도에 따라 좌우되며, 대부분의 경우에 있어서는 토성과 기하학적 조건이 각 해석방법의 차이보다 결과에 더 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 안정해석에 있어서 강도정수를 정확히 결정하는 것이 가장 중요한 사항이 된다.

3.1.2 암반강도시험

일반적으로 암반은, 무결한 상태(intact)의 비교적 균질한 무결암과 단층과 절리 등과 같은 역학적 결함을 가진 불연속면으로 구성된다. 따라서 암반은 본질적으로 구조적인 불연속성, 불균질성, 이방성을 보이며, 이러한 특징들이 암반의 공학적인 특성을 좌우한다. 무수한 불연속면이 존재하는 암반의 강도를 대표하는 값을 측정하는 것은 어려울 뿐만 아니라, 절토사면의 안정성은 불연속면의 특성에 의해 더 크게 좌우된다. 암석의 강도나 불연속면의 전단시험 결과는 암반 분류 및 안정해석에서 주로 이용된다.

가. 시험방법

1) 일축압축강도시험(Uniaxial Compressive Strength Test)

현장에서 획득한 암편을 원주모양으로 성형하거나 시추코어시료에 대하여 축방향으로 압축력을 가하여 강도를 측정하는 시험이다. 시료 성형시 일반적으로 NX(50~54㎜) 크기의 코어가 되도록 하며 길이가 대략 직경의 2배가 되도록 한다.

$$S_C = \frac{P_C}{A}$$

(Sc : 일축압축강도, Pc : 시료 파괴시의 하중, A : 시료의 단면적)

2) 점하중 시험(Point Load Test)

이 시험법은 현장에서 또는 실험실에서 신속하게 측정할 수 있는 강도 시험법이며, 코어시료 획득이 불가능하여 일축압축강도시험을 실시할 수 없을 경우 이 시험법을 통해 일축압축강도를 환산한다.

점하중 시험법은 다른 시험법과는 달리 간단한 하중기만 필요하며 정형화된 시료준비가 필요없는 간편한 방법이다.

점하중 시험법에 의한 시료의 파괴는 인장파괴로 나타나며, 따라서 일축압축강도보다 상대적으로 낮은 강도 값을 갖게 된다.

시추코어를 시료로 사용할 때는 NX 크기의 코어를 주로 이용하며, 직경에 대한 길이의 비가 1 이상이어야 한다. 시험결과는 점하중 강도지수(point load strength index)로 나타내며 다음과 같다.

$$I_S = \frac{P}{D_e^2}$$

여기서 P = 하중, De =

- 시험편의 등가직경으로서 코어의 축에 수직한 방향으로 가압하는 경우

$$D_e^2 = D^2$$

- 축방향 가압 또는 비정형의 시험편의 경우 $D_e^2 = \frac{4A}{\pi}$ (A : 파괴면의 단면적)

시험편이 NX 코어가 아닌 비정형일 경우는 Is를 NX 코어의 값으로 환산한다.

이 환산값은 $I_s(50) = F \times I_s$이고 여기서 $F = (D_e/50)^{0.45}$ 가 된다.

3) 슈미트해머 반발경도법(Schmidt Hammer Rebound Hardness Test)

반발경도법은 암석표면의 경도를 측정하여, 그 측정치로부터 암석의 압축강도를 추정하는 방법이다. 충격에 대한 반발을 측정하는 장치이므로 방향성을 고려해 주어야 한다.

슈미트해머는 콘크리트용인 N, NR형 등이 있으나, 암반 사면 조사시에는 암석용인 L형을 사용하여야 한다.

타격면을 선정할 때는 충전물이나 분해된 암석 입자가 없는 편평한 면을 선택하여 그 면에 수직하게 타격한다. 동일한 곳을 계속 가격하지 않고 이전에 가격한 곳에서 최소한 플런저 직경만큼 떨어진 곳을 타격한다.

4) 불연속면 전단시험

전문가의 판단에 따라 절토사면의 안정성에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 불연속면 군 하나를 택하여 전단시험을 실시한다.

수직응력을 달리하여 얻은 전단강도에 대한 회귀직선을 구하여 불연속면의 마찰각 및 점착력을 구한다.

나. 시험수량

1) 안정성평가를 위하여 분할된 구간마다 조사를 실시한다.

2) 정밀안전점검 : 불연속면에 대한 전단시험을 생략할 수 있고, 일축압축강도의 경우 슈미트해머를 이용한 20개의 타격점에 대한 반발 값으로 일축압축강도를 추정할 수 있다.

3) 정밀안전진단 : 비교적 균일한 특성을 나타내는 3개 이상의 시험편에 대해 실험실에서 일축압축강도 시험을 실시하여 강도 값을 직접 구한다. 또한 1개 이상의 시료에 대하여 수직응력을 달리하여 5회 이상의 전단시험을 실시한 후 불연속면의 마찰각을 구한다.

다. 결과 분석

1) 일축압축강도시험 결과분석 : 3개 이상의 시험편에 대한 일축압축강도는 산술평균으로 대표값을 산정한다. 단, 정상적인 파괴가 일어나지 않고, 시험편 내에 존재하는 구조적인 연약면을 따라 파괴 되었을 경우는 그 값을 제외시킨다.

2) 점하중 시험법 결과분석 : 점하중 시험법으로 일축압축강도를 추정할 경우, 점하중 강도 지수(Is)에 상수를 곱한 값으로 계산된다.

$S_C \cong 24 \cdot I_S(50)$ (NX 시추코어를 이용한 실험일 경우)

그러나 암반분류에 적용할 때는 일축압축강도 추정값을 사용하지 않고 점하중 강도 지수 값을 직접 이용한다.

3) 슈미트해머 반발경도시험 결과분석 : 슈미트해머를 이용하여 강도를 추정할 경우, 표를 이용하여 타격 방향에 따른 보정절차를 거친 후, 20개의 타격점에 대한 반발값 중 하위 50%의 값은 버리고 상위 50%만을 취하여 그 평균값을 대표값으로 한다. 슈미트해머 반발값(대표값)을 이용하여 암석의 일축압축강도를 추정할 경우, 아래 식을 이용한다.

$$JCS = 10^{(0.0008r\gamma + 1.01)}(\text{MPa})$$ (r : 반발값, ϒ : 암석의 밀도(kN/m³))

【표 3.1.1】 타격 방향에 따른 반발값 보정표

반발값	아래쪽		위쪽		수평
	α=−90°	α=−45°	α=+90°	α=+45°	α=0°
10	0	−0.8	−	−	−3.2
20	0	−0.9	−8.8	−6.9	−3.4
30	0	−0.8	−7.8	−6.2	−3.1
40	0	−0.7	−6.6	−5.3	−2.7
50	0	−0.6	−5.3	−4.3	−2.2
60	0	−0.4	−4.0	−3.3	−1.7

4) 암반 강도의 판정

반발경도의 판정은 다음 표(국토해양부 표준품셈의 정량적 암판정기준)와 같다.

【표 3.1.2】 암반강도 판정 기준

암석의 종류	극경암	경암	보통암	연암	풍화암
일축압축강도 건조상태(MPa)	160 <	130−160	100−130	70−100	30−70
하중강도(MPa)	88 <	56−88	37−56	18−37	0−18
ROCK TEST 해머 (반발계수)	60 <	51−60	44−51	34−44	10−34
햄머에 의한 타격	큰 햄머로 타격시 튕기며 용이하게 깨지지 않음	큰 햄머로 약간 깨짐	큰 햄머로 타격시 균열을 따라 크게 떨어짐	보통 햄머로 타격시 비교적 용이하게 깨짐	보통 햄머로 타격시 용이하게 소편으로 깨어지며 때로는 손으로도 쪼개짐

【표 3.1.3】 반발값에 따른 암반강도

R	+90°	+45°	0°	−45°	−90°
10			51		64
11			55		69
12			59		74
13			63		79
14			68		85
15			73		92
16			78		99
17			84		106
18			90		114
19			97		122
20	70	80	103	123	131
21	76	87	111	132	141
22	82	93	119	142	151
23	88	100	128	152	161
24	95	108	137	163	173
25	103	116	147	174	185
26	111	125	156	187	198
27	120	135	170	200	213
28	129	145	182	215	228
29	139	156	195	230	244
30	150	168	210	247	261
31	163	181	225	264	280
32	170	195	242	283	299
33	190	210	259	303	320
34	206	227	278	325	343
35	223	244	299	348	367
36	241	263	321	373	393
37	261	283	344	399	420
38	282	305	360	427	450
39	305	329	397	458	481
40	330	354	426	490	515
41	355	381	457	525	551
42	383	411	490	562	589
43	412	443	526	601	630
44	444	477	565	643	674
45	478	513	606	689	721
46	515	553	651	737	771
47	555	596	698	789	825
48	598	642	750	844	882
49	644	691	805	904	943
50	694	747	864	967	1009
51	749	805	927	1036	1079
52	808	869	995	1109	1154
53	872	938	1068	1188	1234
54	941	1013	1146	1272	1320
55	1016	1094	1230	1363	1412
56	1097	1181	1320	1459	1510
57	1184	1175	1417	1563	1615
58	1278	1376	1521	1674	1727
59	1379	1486	1632	1793	1847
60	1489	1595	1752	1920	1975

- 電力中央研究所資料引用

3.1.3 재료시험 기준수량

토사사면 및 암반사면에 대한 현장조사·재료시험 내용 및 기준수량은 다음 표와 같다.

【표 3.1.4】 토사사면 조사·시험 항목 및 수량

항 목	조사부위	조사항목	기준수량	조사방법	비 고
토질조건	토심 가장 두꺼운곳	토질물성 전단저항각	3 1	시료채취 표준관입시험	필요 시
토층두께	토심 가장 두꺼운 곳	토층심도	1	육안조사	
토질분류	대상사면 상.중.하부	함수비 애터버그 한계 (연경도) 비중 입도분석	3 3 3 3	KS규정에 따라 실시	필요 시

【표 3.1.5】 암반사면 조사·시험 항목 및 수량

항 목	조사부위	조사항목	최소 수량	조사방법	비 고
일축압축시험	전구간	일축압축강도	정밀점검시생략가능 /정밀안전진단시3회	시료채취	
점하중시험	전구간	점하중강도	정밀점검시생략가능	현장조사/ 시료채취	
슈미트해머 반발경도시험	전구간	반발치	필요수량	현장조사	
절리면 전단시험	전구간	전단강도, 마찰각	정밀점검시생략가능 /정밀안전진단시1회	시료채취	
풍화등급	불연속면, 구간	풍화상태	필요수량	육안조사	
불연속면 방향성	불연속면	경사 및 경사방향	필요수량	현장조사	
불연속면 간격	불연속면	간격	필요수량	현장조사	
불연속면 연장성	불연속면	길이	필요수량	현장조사	
불연속면 거칠기	불연속면	거칠기	필요수량	현장조사	
불연속면 간극	불연속면	틈	필요수량	현장조사	
불연속면내 충전물	불연속면	충전물 종류 및 두께	필요수량	현장조사	
누수상태	불연속면	누수량	필요수량	육안조사	
블록형상	전구간	블록형상	필요수량	육안조사	
시추조사	전구간	지반상태	필요시 시행	시추	

3.2 콘크리트 내구성조사 개요

시설물의 내구성조사는 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (옹벽편, 2019.01, 국토교통부,한국시설안전공단)』의 기준에 따라 실시한다.

3.2.1 재료시험 항목 및 평가방법

가. 재료시험 항목 및 평가방법

【표 3.2.1】 옹벽별 정밀안전점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
공 통	○ 측점분할 (평가단위) – 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 옹벽의 선형 및 수준측량 등	○ 지반조사 ○ 지하수위측정 시험 ○ 지중경사 계측 ○ 토압
콘크리트 옹벽	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험법(반발경도법) ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도(국부파괴시험법) ○ 콘크리트 염화물 함유량1) ○ 철근배근 상태조사 ○ 진행성 변형 및 변위
보강토 옹벽	○ 계획선형 오차(전도/경사) ○ 재료시험(블록 및 보강재)	○ 진행성 배부름 현상
석 축	○ 암석풍화도 판정 ○ 견칫돌강도 ○ 채움 콘크리트 상태	○ 진행성 배부름 현상
돌망태 옹벽	–	○ 진행성 변형 및 변위

【표 3.2.2】 정밀안전점검의 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	○ 측점분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 측 량	○ 선형측량 및 수준측량
	○ 암석풍화도 조사	○ 석축의 풍화도 판정
	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험법 : 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
	○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택 과업	○ 콘크리트강도(국부파괴시험법)	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 철근탐사시험 – 철근배근상태 – 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
	○ 콘크리트 염화물 함유량	○ 시료채취 및 평가
	○ 진행성 변형 및 변위	○ 관측 또는 계측에 의한 진행여부 판단
	○ 지반조사	○ 토압 및 지지력 검토로 안전성평가 ○ 시추 또는 원위치 시험

나. 재료시험 기준수량

【표 3.2.3】 정밀안전점검 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측정분할	○20m 간격, 신축이음부	○책임기술자 조정 가능
측 량	○옹벽의 선형측량 및 수준측량	
반발경도시험	○총수량 = (총 연장 ÷ 50m)개소	
탄산화 깊이 측정	○총 연장 • 100m미만 : 2개소 • 100m이상 : 최소2개소 + 100m당 1개소 추가	○책임기술자가 상향조정 가능
암석의 풍화도	○평가단위당 1개소	

3.2.2 반발경도법

개 요

콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법이다.
슈미트해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

시험방법

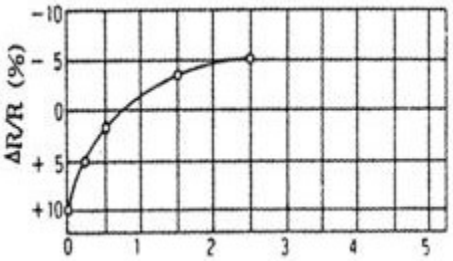
반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 종·횡 간격을 30mm기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 ±20% 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정함
보-기둥의 모서리에서는 최소 30~60mm 이격 하고, 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100mm이상을 원칙으로 함
측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면 건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건습에 따른 보정, 압축응력에 따른 반발도의 보정과 타격 방향에 대한 보정 및 재령에 따른 보정을 적용함

측정기의 기종 선정
↓
점검기에 의한 정도확인
↓
측정 장소의 확인, 요철제거
↓
Marker 등에 의한 측정점의 표시
↓
측정, 20점 이상의 평균
↓
타격 방향, 습윤 및 재령의 보정
↓
강도추정식에 의한 압축강도 산출
↓
압축강도의 추정

보정방법

타격방향에 따른 보정(⊿R1)

반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비고
	+90°	+45°	−45°	−90°	
10	−	−	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : −90°
20	−5.4	−3.5	+2.5	+3.4	
30	−4.7	−3.1	+2.3	+3.1	
40	−3.9	−2.6	+2.0	+2.7	
50	−3.1	−2.1	+1.6	+2.2	
60	−2.3	−1.6	+1.3	+1.7	



<압축응력에 따른 반발경도 보정곡선>

콘크리트의 습윤상태에 따른 보정(⊿R3)
기건상태 : ⊿R3 = 0, 습윤상태 ⊿R3 = +5
습하고 타격의 흔적 : ⊿R3 = +3

콘크리트 재령에 따른 보정(α)

구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
재령 (α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

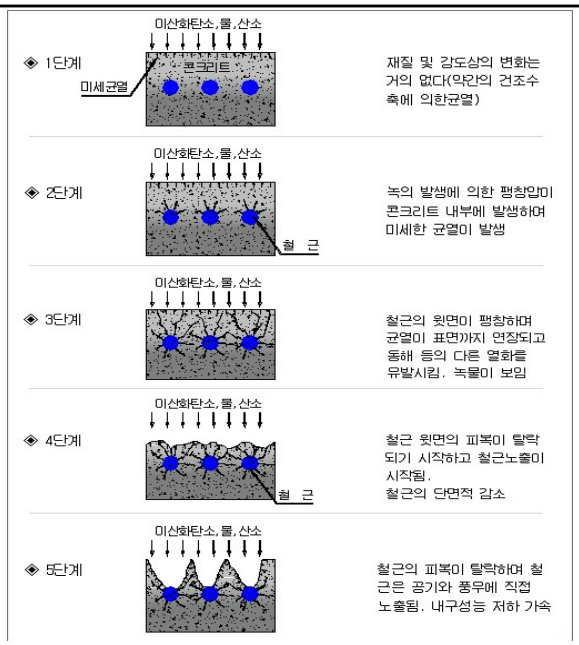
Ro = R + ⊿R (⇒ ⊿R = ⊿R1 + ⊿R2 + ⊿R3)
여기서, ⊿R1 : 타격방향에 따른 보정값
⊿R2 : 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값
⊿R3 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

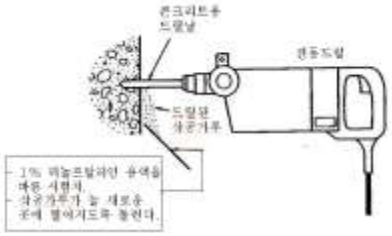
압축강도 추정식

방법 1 : Fc = −18.0+1.27×Ro (MPa) ⇒ 일본 재료학회 추정식
방법 2 : Fc = (7.3Ro + 100)×0.098 (MPa) ⇒ 일본건축학회 추정식

※콘크리트 내구성 평가절차 수립(건설교통부, 시설안전기술공단, 1999.12) 참조
※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019.01) 참조

3.2.3 탄산화 깊이 측정

<table>
<tr>
<td>개 요</td>
<td>경화콘크리트는 표면에서 서서히 탄산화하여 pH값은 12~13에서 8~10이하로 감소한다. 이 과정을 콘크리트의 탄산화라고 한다.
$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$
콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다.</td>
<td> 

<탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 과정></td>
</tr>
<tr>
<td>측정방법</td>
<td>  </td>
<td>드릴링에 의해 발생되는 콘크리트가루가 페놀프탈레인용액을 적신 원형시험지에 떨어져 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하는 방법</td>
</tr>
<tr>
<td>시험순서</td>
<td colspan="3">① 탄산화시험 위치 선정
② 페놀프탈레인 1% 용액을 적신 원형시험지 준비
③ 페놀프탈레인용액을 적신 원형시험지를 드릴 밑에 두고 드릴링 시작
④ 원형시험지가 변색되는 시점에 드릴링 멈춤
⑤ 드릴링된 깊이(mm) 측정, 평균값 선정</td>
</tr>
<tr>
<td>평가기준</td>
<td colspan="3"><탄산화 상태평가 기준>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>a등급</th><th>b등급</th><th>c등급</th><th>d등급</th></tr>
<tr><td>탄산화
잔여 깊이</td><td>30mm 이상</td><td>10 mm 이상
~ 30mm 미만</td><td>0 mm 이상
~ 10mm 미만</td><td>0mm 미만</td></tr>
<tr><td>철근부식의
가능성</td><td>탄산화에 의한
부식발생 우려 없음</td><td>향후 탄산화에 의한
부식발생 가능성
있음</td><td>경우에 따라서
탄산화에 의한
부식발생 가능성
높음</td><td>철근부식 발생</td></tr>
</table></td>
</tr>
</table>

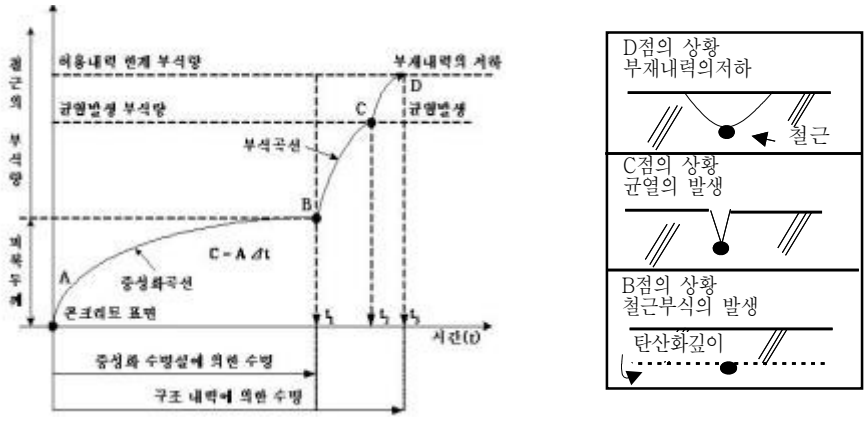
※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019.01) 참조

내구수명평가

콘크리트의 탄산화가 진행하여 철근에 다다르게 되면 철근의 부식이 시작된다. 그러나 철근주변까지 콘크리트가 탄산화 되었다고 해서 바로 부식이 발생하여 철근의 단면 결손이 발생하는 것은 아니다. 또한 실내외의 환경조건에 따라 철근 부식 조건이 달라진다. 실외에서는 탄산화영역이 철근위치에 도달하면 급속하게 철근의 부식이 발생하는 반면, 실내의 경우는 탄산화영역이 철근에 도달해도 급속하게 부식하는 경우는 없고, 탄산화영역이 피복두께를 20~30mm 지나치는 시점에서 부식이 시작된다.

콘크리트가 탄산화 되어 철근의 부식이 시작되고, 수명에 이르는 개념을 아래 그림에 나타내었다. 즉 t1은 탄산화영역이 철근표면에 도달하는 시점, t2는 그 결과 철근이 부식되고 콘크리트에 균열을 발생시키는 시점, t3은 부재내력이 한계에 달하는 시점을 의미한다.

지금까지 철근콘크리트 구조물의 수명은 t1의 시점이라고 판단되어 왔으나 실제 구조물에 적용할 경우 많은 문제점이 나타나게 된다. 전문가에 따라서는 t1의 시점이 반드시 철근의 유해한 부식량의 시점이라고는 생각되지 않기 때문에, t2의 시점을 수명으로 산정하는 것이 적절하다는 의견이 있으므로 아직까지는 명확한 수명을 판단하기가 어렵다. 또한 다양한 환경조건에 따라 t1에서 t2 도달까지의 시간이 다르기 때문에 본 과업에서는 탄산화에 대한 내구수명으로서 t1에 도달할 때까지의 시간으로 결정하고 내구수명을 산정하였다.



<콘크리트 내부에서의 철근부식의 개념>

대기 중의 탄산가스에 의한 콘크리트 표면으로부터의 탄산화 진행을 경과시간의 함수로서 표현한 것이 탄산화 속도식이다. 탄산화가 정상상태에서 탄산가스의 콘크리트내부 확산에 따라 생긴다고 가정하면, 탄산화깊이 C는 경과시간 t의 평방근에 비례한다고 하는 식이 도출된다. 이것은 통상, $\sqrt{t}$ 법으로 불리며, 가장 일반적으로 사용되고 있다.

$$C = A\sqrt{t}$$

위의 식에서 계수 A는 탄산화속도 계수라고 하며, A의 수치가 큰 만큼 탄산화 속도가 크게 된다. 계수 A는 콘크리트의 재료적 요인 및 환경조건에 의해 정해지는 복잡한 함수이다.

본 과업에서 탄산화에 의한 수명 평가는 경과년수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화 속도계수를 역추적하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C = A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A를 계산할 수 있다. 이에 따라 다음 식을 통하여 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정할 수 있다.

$$t_d = \frac{D_c^2}{A^2} - t_o$$

여기서, t_d는 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간, D_c는 현장조사로부터 얻어진 철근까지의 피복두께(mm), A는 탄산화시험으로부터 계산된 계수, t_0는 현재의 구조물 경과시간이다.

제4장 절토사면 상태평가 기준 및 절차

4.1 상태평가 개요

4.2 상태평가 기준

4.3 상태평가등급 산정절차

제 4 장 절토사면 상태평가 기준 및 절차

4.1 상태평가 개요

절토사면을 구성하고 있는 지반의 특성, 외부 환경, 사면 파괴특성 등을 감안한 상태평가 기준과 이에 따른 평가기법 및 배점에 대해 기술하고자 한다. 절토사면을 대상으로 정밀안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는데 있어 수행되는 상태평가는 본 장에서 제안하는 기준과 절차 및 절토사면의 특성과 여건 등을 고려하여 적절히 응용한다.

4.2 상태평가 기준

4.2.1 지반특성에 따른 절토사면의 분류

국내에 분포하는 다양한 지반 및 지질조건에 따른 사면의 거동특성 및 파괴양상에 대한 분석을 통해 절토사면은 토층심도율에 의해 토사사면과 암반사면으로 구분할 수 있으며, 암반사면은 다시 지반강도특성 및 암반의 블록크기 비에 의해 절리암반사면, 파쇄암반사면, 연약암반사면으로 세분될 수 있다.

토층심도율(soil depth ratio: SR)은 사면을 토사사면과 암반사면으로 구분할 수 있는 지시자로서 토층심도와 사면높이의 비로 정의된다. 토층심도는 토층의 두께로서 충적층 또는 풍화등급상 잔류토(residual soil)와 완전풍화암(completely weathered rock)을 대상으로 측정한다.

$$SR = \frac{\text{Soil depth}}{\text{Slope height}}$$

암반의 블록크기 비(block size ratio: BR)는 블록크기 지수(block size index, Ib)와 사면높이(H)의 비를 말하며, 블록크기 지수는 각 절리군의 평균 간격(Si)의 산술 평균으로 정의 할 수 있다.

$$BR = \frac{\text{Block size index (Ib)}}{\text{Slope height (H)}}$$

$$Ib = \frac{\sum_{i=1}^{3} Si}{3}$$

다음 【표 4.2.1】 은 토층심도율과 블록크기 비에 따른 절토사면의 분류를 나타낸 것이다.

【표 4.2.1】 절토사면의 분류

구 분		토층심도율	압축강도	블록크기비	주요 파괴유형	비고
토사사면		> 0.4	-	-	원호 파괴 표층 파괴	
암반사면	연약암반사면	≤ 0.4	≤10 MPa	-	표면 파괴 원호 파괴 평면 파괴 쐐기 파괴	제3기층 등
	파쇄암반사면		>10 MPa	≤ 0.01	쐐기 파괴 평면 파괴 원호 파괴 전도 파괴	단층 파쇄대 등
	절리암반사면			> 0.01	쐐기 파괴 평면 파괴 전도 파괴 낙석	일반 암반사면
토층심도율이 0.2~0.4일 경우, 혼합 사면으로 규정하여 토사 사면과 암반 사면의 특성을 모두 고려할 필요가 있음						

4.2.1 상태평가 항목

절토사면의 상태평가를 위한 조사항목은 사면의 손상상태와 파괴요인의 평가로 구분하여 실시한다.

가. 절토사면 손상상태 평가 항목

절토사면의 손상상태 조사는 사면에 발생한 파괴이력과 현재 진행 중인 파괴징후에 대한 조사로서 절토사면 상태평가의 직접적 평가내용이다. 조사항목은 크게 사면의 파괴징후에 관련된 항목과 기 발생된 파괴현황에 관련된 항목으로 구분한다.

【표 4.2.2】 절토사면의 손상상태 평가항목

구분	평가 요소
파괴징후	- 인장 균열 또는 이완 암괴의 존재와 상태 - 사면 지반의 변형(bulging 등) 현상의 존재와 상태 - 구조물(옹벽 및 측구 등) 또는 인접 구조물(도로 등)의 변형(균열 등) 상태
파괴현황	- 발생한 파괴의 규모 및 개소 - 발생한 파괴의 유형

나. 절토사면 파괴요인 평가 항목

절토사면의 파괴요인 조사는 사면 파괴의 원인이나 요소로 작용하는 인자들에 대한 조사로서 절토사면 상태평가의 간접적 평가내용이다. 조사항목은 크게 사면의 내부 파괴요인 항목과 외부 파괴요인 항목으로 나눌 수 있으며 자세한 내용은 다음 표에 기술하였다.

【표 4.2.3】 절토사면의 파괴요인 평가항목

구 분		내부 파괴 요인		외부 파괴 요인	
		지반 상태	사면 형상	자연적 요인	인위적 요인
토사사면		토질조건 토층심도율	사면의 경사 집수지형	강우/지하수	표면상태 보호/보강상태 배수상태
암반사면	연약 암반사면	지반강도 특성 면구조경사 내구성(풍화상태)	사면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태
	파쇄 암반사면	절리간격 저면경사 절리상태	사면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태
	절리 암반사면	절리주향 절리경사 절리상태	사면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태

4.2.2 상태평가 기준

가. 상태평가 항목별 세부기준 및 결함지수 산정 방안

절토사면의 상태평가는 손상상태와 파괴요인을 구분하여 평가하며, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하고, 여러 개소에서 나타날 경우 등급을 하향 조정한다. 이러한 세부기준은 국내·외의 다양한 문헌과 그간 국내에서 조사되었던 사면 자료의 분석을 통해 결정하였으며, 다양한 전문가들의 의견 및 현실 여건을 반영하였다.

절토사면의 유형별 결함지수 산출방법은 다음과 같다. 사면 손상상태 지수는 손상상태 항목 점수의 합을 총 24점으로 나누어 계산되며, 사면 파괴요인 지수 역시 파괴요인 항목 점수의 합을 총 52점으로 나누어 계산한다. 사면 결함지수는 사면 손상상태 항목 점수와 사면 파괴요인 항목 점수의 합을 총점 76점으로 나누어 계산한다.

① 토사사면

a. 사면 손상상태 지수(f1)

항목 \ 결함등급			a	b	c	d	e
파괴 징후	①인장균열	구분	없음	1mm 미만	1mm 이상 5mm 미만	5mm 이상 5cm 미만	5cm 이상
		점수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	②지반변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
	③구조물변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
파괴 현황	④발생규모	구분	0	1m3미만	1m3이상 8m3미만	8m3이상 64m3미만	64m3이상
		점수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수 (f1) = ∑(①~④)/24							

b. 사면 파괴요인 지수(f2)

항목 \ 결함등급			a	b	c	d	e
지반 상태	⑤토질조건	사질토	매우 조밀	조밀	보통	느슨	매우 느슨
		점성토	매우 조밀	조밀	보통	느슨	매우 느슨
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑥토층심도율	구분	0.45미만	0.45이상 0.5미만	0.5이상 0.6미만	0.6이상 0.8미만	0.8이상
		점수	0	1	2	3	4
사면 형상	⑦사면경사	구분	1:2미만	1:2 이상 1:1.5 미만	1:1.5 이상 1:1.2 미만	1:1.2 이상 1:1 미만	1:1 이상
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑧집수지형	구분	무관	1	2	3	4
		점수	0	1	2	3	4
자연 요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0mm	0mm 이상 50mm미만	50mm 이상 100mm미만	100mm이상 150mm미만	150mm 이상
		지하 수위	완전 건조	사면높이의 1/3	사면높이의 1/2	사면높이의 2/3	완전 포화
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
인위 요인	⑩표면보호	구분	숏크리트, 석장공 등	식생 양호	식생 보통	식생 불량	식생 없음
		점수	0	1	2	3	4
	⑪배수조건	구분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑫보호/보강 상태	구분	양호함		노후됨	결함이 관찰됨	
		점수	0~2		3~5	6~8	
사면 파괴요인 지수 (f2) = ∑(⑤~⑫)/52							

c. 사면 상태평가 지수(F)

결함지수 (F) = ∑(①~⑫) / 76

② 연약암반 사면

a. 사면 손상상태 지수(f1)

항목 \ 결함등급			a	b	c	d	e
파괴징후	①인장균열	구분	없음	1mm 미만	1mm 이상 5mm 미만	5mm 이상 5cm 미만	5cm 이상
		점수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	②지반변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
	③구조물변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
파괴현황	④발생규모	구분	0	1m3미만	1m3이상 8m3미만	8m3이상 64m3미만	64m3이상
		점수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수 (f1) = ∑(①~④)/24							

b. 사면 파괴요인 지수(f2)

항목 \ 결함등급			a	b	c	d	e
지반상태	⑤지반강도 특성	구분	–	–	약간 연약	연약	매우 연약
		점수	0	1	2	3	4
	⑥면구조 경사 –사면경사	구분	10° 이상	0° 초과 10° 미만	0°	–10° 이상 0° 미만	–10° 미만
		점수	0	1	2	3	4
	⑦풍화상태	구분	신선	약간 풍화	보통 풍화	심한 풍화	완전 풍화
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
사면형상	⑧사면경사	구분	1:1.5미만	1:1.2 이상 1:1.5 미만	1:1 이상 1:1.2 미만	1:0.7 이상 1:1 미만	1:0.7 이상
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
자연요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0mm	0mm 이상 50mm미만	50mm 이상 100mm미만	100mm이상 150mm미만	150mm 이상
		지하 수위	완전 건조	사면높이의 1/3	사면높이의 1/2	사면높이의 2/3	완전 포화
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
인위요인	⑩절취상태	구분	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
		점수	0	1	2	3	4
	⑪배수조건	구분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑫보호/보강 상태	구분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점수	0~2		3~5		6~8
사면 파괴요인 지수 (f2) = ∑(⑤~⑫)/52							

c. 사면 상태평가 지수(F)

결함지수 (F) = ∑(①~⑫) / 76

③ 파쇄암반 사면

a. 사면 손상상태 지수(f1)

항목 \ 결함등급			a	b	c	d	e
파괴징후	①인장균열	구분	없음	1mm 미만	1mm 이상 5mm 미만	5mm 이상 5cm 미만	5cm 이상
		점수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	②지반변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
	③구조물변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
파괴현황	④발생규모	구분	0	1m3미만	1m3이상 8m3미만	8m3이상 64m3미만	64m3이상
		점수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수 (f1) = ∑(①~④)/24							

b. 사면 파괴요인 지수(f2)

항목 \ 결함등급			a	b	c	d	e
지반상태	⑤절리간격	구분	2m 이상	60cm 이상 2m 미만	20cm 이상 60cm 미만	6cm 이상 20cm 미만	6cm 미만
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑥저면경사	구분	0° 미만	0° 이상 10° 미만	10° 이상 20° 미만	20° 이상 30° 미만	30° 이상
		점수	0	1	2	3	4
	⑦절리상태	구분	매우 유리	유리	보통	불리	매우 불리
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
사면형상	⑧사면경사	구분	1:1.2미만	1:1.2 이상 1:1 미만	1:1 이상 1:0.7 미만	1:0.7 이상 1:0.5 미만	1:0.5 이상
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
자연요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0mm	0mm 이상 50mm미만	50mm 이상 100mm미만	100mm이상 150mm미만	150mm 이상
		지하 수위	완전 건조	사면높이의 1/3	사면높이의 1/2	사면높이의 2/3	완전 포화
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
인위요인	⑩절취상태	구분	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
		점수	0	1	2	3	4
	⑪배수조건	구분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑫보호/보강 상태	구분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점수	0~2		3~5		6~8
사면 파괴요인 지수 (f2) = ∑(⑤~⑫)/52							

c. 사면 상태평가 지수(F)

결함지수 (F) = ∑(①~⑫) / 76

④ 절리암반 사면

a. 사면 손상상태 지수(f1)

항목 \ 결함등급			a	b	c	d	e
파괴징후	①인장균열	구분	없음	1mm 미만	1mm 이상 5mm 미만	5mm 이상 5cm 미만	5cm 이상
		점수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	②지반변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
	③구조물변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
파괴현황	④발생규모	구분	0	1m3미만	1m3이상 8m3미만	8m3이상 64m3미만	64m3이상
		점수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수 (f1) = ∑(①~④)/24							

b. 사면 파괴요인 지수(f2)

항목 \ 결함등급			a	b	c	d	e
지반상태	⑤절리주향 (사면과의차이)	구분	사면주향과 45° 이상	사면주향과 30° ~45°	사면주향과 20° ~30°	사면주향과 10° ~20°	사면주향과 10° 미만
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑥절리경사 - 사면경사	구분	10° 이상	0° 초과 10° 미만	0°	−10° 이상 0° 미만	−10° 미만
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑦절리상태	구분	매우 유리	유리	보통	불리	매우 불리
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
사면형상	⑧사면경사	구분	1:1.0미만	1:1.0 이상 1:0.7 미만	1:0.7 이상 1:0.5 미만	1:0.5 이상 1:0.3 미만	1:0.3 이상
		점수	0	1	2	3	4
자연요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0mm	0mm 이상 50mm미만	50mm 이상 100mm미만	100mm이상 150mm미만	150mm 이상
		지하 수위	완전 건조	사면높이의 1/3	사면높이의 1/2	사면높이의 2/3	완전 포화
		점수	0	1	2	3	4
인위요인	⑩절취상태	구분	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑪배수조건	구분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점수	0	1	2	3	4
	⑫보호/보강 상태	구분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점수	0~2		3~5		6~8
사면 파괴요인 지수 (f2) = ∑(⑤~⑫)/52							

c. 사면 상태평가 지수(F)

결함지수 (F) = ∑(①~⑫) / 76

나. 절토사면의 상태평가 기준

절토사면 상태평가등급은 세부 평가 항목별 평가에 의해 산출된 결함지수(F)에 따라 A, B, C, D, E의 5등급으로 구분한다(<표 4.2.4> 참조). 사면 손상상태 지수(f1)와 사면 파괴요인 지수(f2)는 상태평가 등급 결정과정에서는 사용되지 않지만 평가 대상 절토사면을 보다 객관적이고 구체적으로 판단할 수 있는 유용한 지표가 될 수 있다.

【표 4.2.4】 절토사면의 파괴요인 평가항목

상태 등급	결함 지수 (F)	상 태
A	0≤F<0.15	문제점이 없는 최상의 상태
B	0.15≤F<0.30	경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태
C	0.30≤F<0.55	보통의 손상, 결함이 발생하였으나 안전성에 지장은 없으며, 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 간단한 보강이 필요한 상태
D	0.55≤F<0.75	손상, 결함이 진전되고, 파괴 잠재성이 존재하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정하여야 하는상태
E	0.75≤F	심각한 손상, 결함 및 파괴 잠재성에 의하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

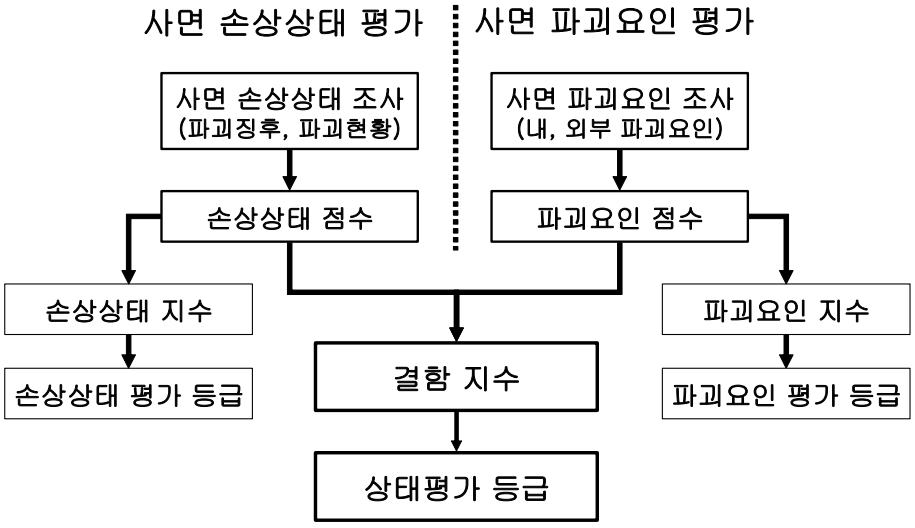
※ 인장균열, 지반변형, 구조물변형 등이 진행성으로 확인되는 경우 상태평가등급을 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.

※ 보호/보강공법이 적용됨에 따라 사면의 안전성이 크게 향상되었다고 판단되었을 경우 상태평가등급을 상향할 수 있다.

4.3 상태평가등급 산정절차

절토사면 상태평가등급 산정 과정은 전술한 상태평가 기준에 의해 각 항목에 대한 결함점수를 부여하여 단위 사면의 사면 손상상태 지수와 사면 파괴요인 지수를 산정한 후 사면 손상상태 등급과 사면 파괴요인 등급을 결정한다.

상태평가등급은 사면 손상상태 항목과 사면 파괴요인 항목의 결함점수를 통해 산정된 결합지수로 결정하며 일련의 평가 과정은 <그림 4.3.1>과 같다. 사면의 분류시 2개 이상의 사면 범주로 간주하여 복수로 평가할 필요가 있을 경우, 가장 불리한 평가 결과에 의해 등급을 결정한다.



【그림 4.3.1】 상태평가등급 산정 과정

제5장 옹벽 상태평가 기준 및 절차

5.1 상태평가 개요

5.2 상태평가 기준

5.3 상태평가등급 산정절차

제 5 장 옹벽 상태평가 기준 및 절차

5.1 상태평가 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (옹벽편,2019.01,국토교통부,한국시설안전공단)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

5.2 상태평가 기준

5.2.1 상태평가 항목 및 기준

가. 상태평가 항목별 세부기준

평가항목은 기존의 국내기준과 같이 5단계로 세분하였고, 평가항목별 단계는 옹벽 상태평가 결과와 구분하기 위하여 a, b, c, d, e로 표기하도록 하였다. 또한, 별도의 시험으로 구해야만 하는 정량적 수치를 지양하였으며, 외관조사를 통하여 얻을 수 있고 쉽게 판단할 수 있는 평가방법을 정하였다.

세부기준은 기존 국내기준 및 국외기준을 참고하여 결정하였으며, 실무자들의 의견과 기 시행된 안전진단 자료를 반영하고 현실적인 여건을 고려하여 정하였다. 또한, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하도록 하며, 여러 개소에서 나타날 경우에는 단계를 하향조정하도록 하였다. 또 진행여부를 판별하는 항목은 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용해 결함의 진행여부를 판단하도록 하였다.

나. 콘크리트 옹벽

【표 5.2.1】 침하의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	2cm미만	- 침하가 발생되지 않은 상태
b	1	5cm이상 ~8cm미만	2cm이상 ~5cm미만	- 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8cm이상 ~12cm미만	5cm이상 ~8cm미만	- 침하의 정도가 보통 정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12cm이상 ~16cm미만	8cm이상 ~12cm미만	- 침하의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	16cm이상	12cm이상	- 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

【표 5.2.2】 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	최대 기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	2%미만	1%미만	- 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	1	2%이상 ~3%미만	1%이상 ~2%미만	- 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	3%이상 ~4%미만	2%이상 ~3%미만	- 경사/전도의 정도가 보통 정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	4%이상 ~6%미만	3%이상 ~4%미만	- 경사/전도의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	6%이상	4%이상	- 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

【표 5.2.3】 활동의 상태평가 기준(공통적용)

평가기준	결함점수	최대 활동의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	2cm미만	- 활동이 발생되지 않은 상태
b	1	5cm이상 ~8cm미만	2cm이상 ~5cm미만	- 부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8cm이상 ~12cm미만	5cm이상 ~8cm미만	- 활동의 정도가 보통 정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12cm이상 ~16cm미만	8cm이상 ~12cm미만	- 활동의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	16cm이상	12cm이상	- 활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

【표 5.2.4】 파손 및 손상, 재료분리의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	깊 이	면적율 10%미만	면적율 10%이상
a	0	없음	a	a
b	1	0㎜~5㎜ 미만	b	c
c	2	5㎜~10㎜ 미만	c	d
d	3	10㎜~20㎜ 미만	d	e
e	4	20㎜ 이상	e	e

【표 5.2.5】 기초부 세굴 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	세굴이 전혀 발생하지 않은 상태
b	4	세굴이 지표면에서 헌치하부/2 부분까지 발생한 상태
c	8	세굴이 저판의 헌치하부까지 발생한 상태
d	12	세굴이 저판의 최대두께/2 부분까지 발생한 상태
e	16	세굴이 기초저면까지 발생한 상태

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우에는 본 항목을 고려하지 않는다.

【표 5.2.6】 마모/침식의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 마모/침식된 부위가 없는 양호한 상태
b	0	- 마모/침식에 의해 골재가 노출된 상태
c	1	- 상, 하부와 비교해서 단면(철근덮개0이 감소되기 시작한 상태
d	1	- 철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태
e	2	- 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태

【표 5.2.7】 박락 및 층분리의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적율 20%미만	면적율 20%이상
a	0	없음	a	a
b	1	15㎜ 미만	b	c
c	2	15㎜~20㎜ 미만	c	d
d	3	20㎜~25㎜ 미만	d	e
e	4	25㎜ 이상	e	e

※ 박락 및 층분리는 콘크리트 벽체의 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다.

【표 5.2.8】 박리의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적율 20%미만	면적율 20%이상
a	0	없음	a	a
b	0	0.5㎜ 미만	b	c
c	1	0.5㎜~1.0㎜ 미만	c	d
d	1	1.0㎜~25㎜ 미만	d	e
e	2	25㎜ 이상, 조골재 손실	e	e

※ 박리는 콘크리트 벽체의 박리된 깊이를 기준으로 평가한다.

【표 5.2.9】 균열의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	최대균열폭	면적율 20%미만	면적율 20%이상 또는 구조적 균열
a	0	0.1㎜ 미만	a	a
b	2	0.1㎜~0.2㎜ 미만	b	c
c	4	0.2㎜~0.3㎜ 미만	c	d
d	6	0.3㎜~0.5㎜ 미만	d	e
e	8	0.5㎜ 이상	e	e

【표 5.2.10】 백태의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 없음
b	0	- 국부적으로 발결
c	1	- 여러곳에서 발견
d	1	- 심한상태
e	1	- 매우 심하고 범위가 넓은 상태

【표 5.2.11】 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	•30㎜ 이상	- 탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	•10㎜~30㎜ 미만	- 향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
c	•0㎜~10㎜ 미만	- 경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
d	•0㎜ 미만	- 철근부식 발생
e	-	-

【표 5.2.12】 전염화물 이온량의 상태평가 기준

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	•염화물 ≤ 0.3kg/㎥	- 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	•0.3kg/㎥<염화물<1.2kg/㎥	- 콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음
c	•1.2kg/㎥≤염화물<2.5kg/㎥	- 향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음
d	•염화물 ≥ 0.3kg/㎥	- 철근부식 발생
e	-	-

【표 5.2.13】 철근노출의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	철근부식의 가능성
a	0	0%
b	1	0~1%미만
c	2	1~3%미만
d	3	3~5%미만
e	4	5%이상

【표 5.2.14】 배수공 상태의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태
b	1	- 배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
c	2	- 배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
d	3	- 배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고, 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태
e	4	- 배수공을 전혀 설치하지 않은 경우

다. 보강토 옹벽

【표 5.2.15】 침하의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	3cm미만	- 침하가 발생되지 않은 상태
b	0	5cm이상 ~10cm미만	3cm이상 ~8cm미만	- 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	1	10cm이상 ~20cm미만	8cm이상 ~16cm미만	- 침하의 정도가 보통 정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	20cm이상 ~30cm미만	16cm이상 ~25cm미만	
e	2	30cm이상	25cm이상	- 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

【표 5.2.16】 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	최대 기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	2%미만	1%미만	- 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	0	2%이상 ~3%미만	1%이상 ~2%미만	- 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	1	3%이상 ~4%미만	2%이상 ~3%미만	- 경사/전도의 정도가 보통 정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	4%이상 ~6%미만	3%이상 ~4%미만	
e	2	6%이상	4%이상	- 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

【표 5.2.17】 파손 및 손상, 재료분리의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 건전한 비진행성 상태
b	2	- 경미하게 발생한 비진행성 상태
c	4	- 경미하게 발생한 진행성 상태
d	6	- 심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태
e	8	- 매우 심하게 발생하여 경사가 발생하고 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

【표 5.2.18】 파손 및 손상, 균열의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 부재에 파손이 발생하지 않은 건전한 상태
b	1	- 파손이 경미하고 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 양호한 상태
c	2	- 파손이 경미하지만, 다른 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	3	- 시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 제체의 안전성이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 심각한 상태
e	4	- 시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

【표 5.2.19】 이격의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 건전한 상태
b	1	- 평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태
c	2	- 평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태
d	3	- 평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태
e	4	- 평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

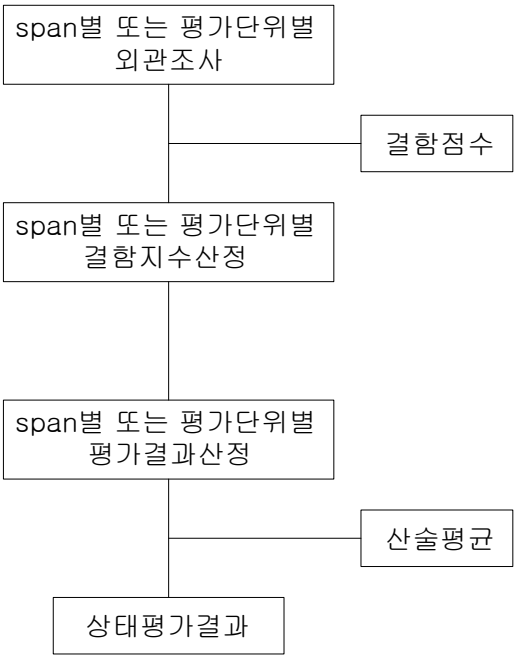
【표 5.2.5】 유실 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 건전한 상태
b	2	- 평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태
c	4	- 평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태
d	6	- 평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태
e	8	- 평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

5.3 상태평가등급 산정절차

콘크리트 옹벽의 상태평가 과정은 신축이음부를 경계로 평가단위로 나누어 주며, 그 밖에 옹벽의 상태평가 과정은 평가단위(20m를 원칙으로 하나 현장상황에 따라 책임기술자가 조정가능)별 여러 결함에 대해 시설물 외관조사 평가항목별 세부기준에 합당하는 결함점수를 부여한 후 평가단위별 결함지수를 산정하여 평가단위별 단계를 각 평가단위에서 산정된 결함지수를 산술평균하여 상태평가 결과를 결정한다.

평가과정은 [그림 5.3.1]과 같다.



【그림 5.3.1】 상태평가등급 산정 과정

5.3.1 결함점수 및 결함지수 산정 기준

가. 콘크리트 옹벽

평가기준		a	b	c	d	e
		0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f < 0.30	0.30 ≤ f <0 .55	0.55 ≤ f <0 .75	0.75 ≤ f
침 하		0	1	2	3	4
활 동		0	1	2	3	4
배수공상태		0	3	6	9	12
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4
파손 및 손상(재료분리)		0	1	2	3	4
균 열		0	2	4	6	8
마모/침식		0	0	1	1	1
재료 열화	박 리	0	0	1	1	2
	박락 및 층분리	0	1	2	3	4
	백태	0	0	1	1	1
	탄산화	0	1	2	3	4
	염화물	0	1	1	2	4
	철근노출	0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1

철근콘크리트 옹벽 결함지수 (F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{76}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{60}$
중력식 옹벽 결함지수(F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{64}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{48}$

※ 철근이 포함되지 않은 구조물은 철근노출, 염화물, 탄산화 항목 제외
※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용.
※ 콘크리트 옹벽의 누수에 대한 평가는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시하며, 평가단위당 균열폭 최대점을 기준으로 균열깊이 측정을 실시하여 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우에 결함점수를 한 단계 하향 조정한다.
※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.
※ 수중옹벽의 경우, 평가항목 중 배수공상태 항목은 설계도서를 검토하여 불필요시 결함지수에서 제외하며, 평가식의 분모에서 그 점수만큼 감산하여 계산한다.

나. 보강토 옹벽

평가기준		a	b	c	d	e
		0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f <0 .55	0.55 ≤ f <0 .75	0.75 ≤ f
침 하		0	0	1	1	2
계획선형오차 (전도/경사)		0	0	1	1	2
활 동		0	1	2	3	4
전면부 진행성 배부름		0	2	4	6	8
파손, 손상 및 균열		0	1	2	3	4
유 실		0	2	4	6	8
이 격		0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1

보강토 옹벽 결함지수(F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{36}$

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용
※ 전면판에 발생한 균열은 파손으로 처리함.
※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.

5.3.2 옹벽시설물의 상태평가 기준

상태평가기준	시설물의 상태평가 내용	비고
A	0.00 ≤ F < 0.15	F = 옹벽결함지수
B	0.15 ≤ F < 0.30	
C	0.30 ≤ F < 0.55	
D	0.55 ≤ F < 0.75	
E	0.75 ≤ F	

제6장 보수공법 및 유지관리방안

6.1 보수·보강공법 개요
6.2 절토사면 보수·보강공법
6.3 옹벽 보수·보강공법
6.4 유지관리 방안

제 6 장 보수공법 및 유지관리방안

6.1 보수·보강공법 개요

6.1.1 일 반

구조물에 대한 보수·보강은 손상 구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 방법 및 수준을 정한다.

보수는 시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 유지관리 대책을 말하며, 보강이란 부재나 구조물의 내하력과 강성 등의 역학적인 성능을 회복, 혹은 향상시키는 것을 목적으로 한 대책을 말한다.

보수를 위해서는 상태평가 결과 등을, 보강을 위해서는 상태평가 및 안전성평가 결과 등을 상세히 검토하고, 발생된 결함의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수·보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

6.1.2 보수·보강 우선순위의 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

○ 보수보다 보강을, 주요부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.

○ 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

또한 단계별 평가에서 시설물에 대한 종합평가는 부재 및 시설물에 발생한 결함 및 손상의 심각성과 부재 및 시설물의 중요도가 반영되어 있다. 따라서 보수·보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가등급이 낮고, 중요도가 큰 부재 및 시설물 순서로 우선순위를 결정할 수 있다.

6.2 절토사면 보수·보강공법

6.2.1 보수·보강의 필요성 판단

보수의 필요성은 발생된 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 본 세부지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.

6.2.2 보수·보강의 수준 결정

보수·보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 결정한다.

○ 현상유지(진행억제)

○ 실용상 지장이 없는 성능까지 회복

○ 초기 수준이상으로 개선

○ 개축

6.2.3 보수·보강공법의 선정

붕괴가능성이 인지되는 절토사면의 보수·보강은 보수·보강재료와 공법의 내하력, 내구성, 기능 및 미관 등을 검토하여 결정한다. 이 때 중요한 것은 절토사면의 결함 및 손상 발생 원인에 대한 정확한 판단이며, 이를 통해 적절한 공법을 산정할 수 있고, 또한, 적절한 보수·보강재료를 선택할 수 있다.

따라서 절토사면 관련 제반자료와, 진단 시 수행한 각종 상태평가 및 안전성평가 결과를 기초로 하여 결함 발생 원인에 대한 정확한 추정 후, 보수·보강공법을 선택한다.

[표 6.2.1]은 절토사면에서 사용되는 보수·보강공법의 개요이다.

【표 6.2.1】 절토사면 대책공법의 종류 및 적용

구분	종 류	공 법 개 요	적 용
보강공법	절취공법 (경사완화)	사면의 경사를 완화시켜 사면의 안전성을 증대시키는 공법	토사사면 암반사면
	록볼트 (rock bolt)	강봉을 이용하여 암체들 서로를 연결시켜 암반의 전단강도를 증가시키는 방법	암반사면
	앵커 (anchor)	앵커의 인장력으로 암반블록이나 토체를 안정된 지반에 고정하여 안정화 시키는 공법	토사사면 암반사면
	소일네일링 (soil nailing)	지중에 보강재를 좁은 간격으로 삽입하여 사면의 전단강도를 증가시키는 공법	토사사면 연약/파쇄암반사면
	억지말뚝	절토사면의 하중을 말뚝의 수평저항으로 받아 활동을 억지시키는 공법	토사사면
	다우월 (dowel)	소규모의 국부적인 탈락이 예상되는 암블록에 직경 25mm, 길이 1~3m 정도의 강재를 설치하여 암블록의 탈락을 방지시키는 공법	암반사면
	콘크리트 버팀벽 (buttress)	사면의 암 탈락에 의해 지지력이 상실된 구간에 버팀벽을 설치하여 보강하는 공법	토사사면 암반사면
	옹벽	옹벽구조물을 설치하여 옹벽이 배면토압을 부담하도록 하여 사면을 안정화시키는 공법	토사사면
	마이크로파일 (micro pile)	지중에 천공 후 강관을 삽입하고 시멘트밀크를 주입하여 소구경 파일을 형성하는 공법	토사사면
	보강토 공법	흙 사면내에 보강재를 배치하여 보강재와 흙의 마찰력을 이용하여 파괴나 변형에 저항하는 공법 (그라우팅 공법 등)	토사사면
	조합 공법	여러 보강공법을 조합하여 시공하는 공법	토사사면 암반사면

【표 6.2.1】 절토사면 대책공법의 종류 및 적용 (계속)

구분	종 류	공 법 개 요	적 용
보호공법	식생공	절토사면 표면에 식생을 하여 우수에 의한 침식을 방지하고 풍화작용을 억제시키는 공법	흙 사면 암반사면
	돌쌓기, 블록쌓기	경사도가 1:1이상(45° 이상)인 절토사면에 사용하며 돌이나 블록 등으로 사면을 덮어 풍화 및 침식을 방지하는 공법	흙 사면
	돌붙임, 블록붙임	경사도가 1:1이하(45° 이하)인 절토사면에 사용하며 옹벽으로서의 역할과 함께 풍화 및 침식을 방지하는 공법	흙 사면
	콘크리트격자	콘크리트 격자를 사면에 덮어 절토사면의 표면붕락을 방지하는 공법	흙 사면
	숏크리트 (shotcrete)	표면 정리 후 철망을 앵커핀으로 고정시킨 후 시멘트 모르터를 뿜칠하여 표명을 보호하는 공법	암반사면
	개비온(돌망태) (gabion)	철망상자속에 돌채움을 한 돌망태를 벽돌 쌓는 방법으로 쌓아 올려 벽체를 형성하는 공법	흙 사면 암반사면
	조합 공법	여러 보호공법을 조합하여 시공하는 공법	토사사면 암반사면
낙석방지공법	뜬돌제거	절토사면상의 뜬돌, 전석이 박리 또는 낙하되지 않도록 제거하는 공법	암반사면 토사사면
	와이어로프 걸이	뜬돌이나 전석이 움직이지 않도록 격자모양의 와이어로프나 여러개의 로프를 이용하여 절토사면상에 고정시키는 공법	암반사면
	낙석방지망	방지망의 장력 및 자중을 이용하여 이완된 암석을 포획하거나 암석의 운동에너지를 억제하는 공법	암반사면
	낙석방지울타리	지주, 와이어로프, 철망, 유연성 재료 등으로 구성된 울타리로 낙석에너지를 흡수하는 공법	암반사면
	피암터널	강재, 철근콘크리트 및 PC 콘크리트 등으로 도로위에 처마를 설치하여 낙석을 받아 막거나 계곡으로 낙하시켜 낙석에 의한 피해를 방지하는 공법	암반사면
	낙석방지 옹벽	토사나 전석이 도로에 유입되는 것을 방지하기 위해 절토사면 앞에 옹벽을 설치하는 공법	암반사면 토사사면
	낙석흡수도랑 (ditch)	절토사면의 하단부에 도랑을 설치하여 낙석을 방지하는 공법	암반사면
	조합 공법	여러 낙석방지공법을 조합하여 시공하는 공법	토사사면 암반사면

6.2.4 보수·보강공법의 종류

절토사면의 보수·보강은 다음의 4 종류로 구분된다.

가. 경사완화 및 구조물에 의한 보강공법

나. 표면보호공법

다. 낙석방지공법

라. 배수공법

가. 경사완화 및 구조물에 의한 보강공법

1) 경사완화(절취공법)

경사완화공법(또는 절취공법)은 활동하려는 토괴 또는 암괴를 제거하여 활동하중을 경감시킴으로써 절토사면의 안정을 도모하는 방법이다.

절토사면의 경사를 완호하여 활동암괴를 제거하므로 확실한 안정공법으로 여겨지나 절취를 실시하였음에도 불구하고 파괴가 발생하는 경우가 있다. 특히 절토사면 내에 연약대층이 함유되어 있는 경우에는 절취 후 파괴가 계속될 수 있다. 그러므로 공사 중간에 절토사면의 잠재적인 내적 취약점을 명확히 조사하여 사면의 안정성을 재검토하고, 필요하다면 앵커공과 같은 다른 보강공법과 병행하여 시공해야 한다.

절토사면 상부의 자연 사면의 경사도가 큰 경우에는 굴착량이 막대하고, 경제성, 시공성의 면에서 어려운 점이 많으므로 다른 보강공법을 고려하는 것이 바람직하다.

절취경사의 결정은 표준경사도를 기초로 하며 지반의 특성 및 지형적 조건과 같은 현장 여건 그리고 시공성을 종합적으로 고려하여 판단하여야 하며 붕괴요인을 가진 지반의 경우 주의하여야 한다. 특히 암반사면의 경우는 지표지질조사 및 시추조사에 의해 파악된 절리의 방향성 및 발달 상태에 따라 각각의 절토사면에 대하여 안정해석을 실시하여 사면 경사를 결정하는 것을 우선으로 한다.

2) 록볼트(rock bolt)

록볼트는 이완암반과 모암의 일체화를 목적으로 혹은 불연속면을 경계로 한 여러 층을 일체화하기 위한 목적으로 사용한다.

록볼트의 작용효과는 부재의 전단강도나 원지반과의 인발저항에 의한 직접적인 원지반의 보강뿐만 아니라 간접적으로 원지반의 물성을 강화하는 효과가 있다. 록볼트를 사용하는 경우에는 절토사면 표면의 얕은 위치에 견고한 암반이 존재하여야 한다.

록볼트의 정착력을 정확히 추정하는 것은 곤란한 경우가 많이 때문에 사전에 인발시험을 실시하여 정착범위를 확인하여 두는 것이 중요하다.

3) 앵커(anchor)

앵커는 흙, 또는 암반의 절토사면 이완된 지반이나 불연속면 등이 존재하고 붕괴할 염려가 있는 경우나 불안정한 절토사면의 안정을 꾀할 경우에 사용한다.

앵커는 단독으로 사용하는 경우와 현장타설 콘크리트 격자, 옹벽, 억지말뚝과 병용시키는 경우가 있으며 지지력을 구하는 방법, 안전성, 신뢰성, 내구력의 문제 등 설계 및 시공측면에서 미해결된 면이 있기 때문에 충분한 검토가 필요하다. 앵커의 종류는 앵커와 지반의 정착방식에 따라 마찰형, 지압형, 복합형이 있다.

4) 소일네일링(soil nailing)

소일네일링 공법은 네일(nail)이라고 불리 우는 보강재를 프리스트레싱 없이 좁은 간격으로 지반에 삽입하여 절토사면의 전체적인 전단강도를 증가시킨다. 또한 숏크리트 등으로 굴착면을 보호하는 표면보호공을 조합하여 시공하는 경우가 많다.

소일네일링 공법의 장점은 가격이 비교적 저렴하고, 장비가 단순하며 접근이 어려운 장소와 협소한 공간에서도 작업이 용이하다는 점이며, 단점은 지하수위가 없는 지반 또는 지하수위의 저하에 의해 안정화된 지반에 제한적으로 사용된다는 점이다.

5) 억지말뚝

억지말뚝 공법은 절토사면의 활동하중을 말뚝의 수평저항으로 받아 활동을 억지시키는 공법이다.

억지말뚝의 설계 시에는 말뚝에 발생하는 휨모멘트와 전단력을 고려하여, 말뚝의 단면, 종류, 간격 등을 결정한다. 휨모멘트가 큰 경우에는 말뚝머리에 앵커를 설치할 수도 있다. 말뚝의 타설 위치는 지반활동 시 압축상태에 놓이게 되는 절토사면의 말단부 근처가 유리하다.

억지말뚝 공법은 기초부 암반이 토압으로 인해 활동현상이 발생한 지역, 토층사이의 경계면에서 평면파괴가 발생하거나 풍화층의 유실과 침식으로 표면 붕괴의 우려가 있는 지역, 급경사의 토사사면으로 경사완화가 불가능하거나 단층파쇄대 구간으로서 지하수위가 낮고 침투수 영향이 적은 구간에 적용된다.

6) 다우월(dowel)

다우월 공법은 암반에서의 소규모 단독 분리암괴에 의해 암괴의 탈락이 예상될 때 암괴를 절토사면에 고정하기 위하여 적용하는 공법이다. 즉, 직경 25mm, 길이 1~3m 정도의 철봉을 보링공내에 삽입하여 그라우트 주입을 실시함으로서 절리면의 전단강도를 증가시키는 수동보강형 공법이다.

7) 콘크리트 버팀벽(buttress)

절토사면에서 암탈락이 발생하거나 사면 절취 시 과다발파에 의하여 사면상에 빈공간이 생기게 되면 절토사면 하부의 지지력을 상실하게 되어 또 다른 암탈락이 발생할 위험이 커진다. 이러한 경우, 하부의 빈 공간에 콘크리트 버팀벽을 설치하여 경제적으로 절토사면의 안정성을 높일 수 있다.

8) 옹벽

옹벽은 벽의 자중과 저판상부의 토사 중량 등으로 토압에 저항하여 절토사면을 지탱하고 안정을 도모하기 위한 목적으로 설치하는 벽체 구조물이다.

옹벽의 설계 시 안정성 확보를 위하여 전도에 대한 안정성, 미끄러짐에 대한 안정성, 지반의 지지력 등에 대하여 검토를 수행해야 한다. 미끄러짐에 대한 안정성만이 부족한 경우에는 옹벽 바닥면에 활동방지용 턱(shear key)을 설치할 수도 있다.

9) 마이크로 파일(micro pile)

마이크로 파일은 토사사면에 적용하는 공법으로 지중에 천공 후 지름 162.5mm의 강관을 삽입하고 시멘트 밀크를 중비하여 소구경 파일을 형성하는 공법으로 암반이 견고할 때 별도의 장비가 필요하나 시공성과 품질 확보가 우수하다.

10) 보강토 공법

보강토 공법은 흙쌓기나 흙깎기 사면 내에 강재나 망 등의 보강재를 배치하여 보강재와 흙의 마찰력을 이용하여 파고나 변형에 저항하는 공법이다.

보강토 공법은 지형 등의 제약을 받아서 흙쌓기나 흙깎기의 적정경사를 확보할 수 없는 경우나 절토사면을 보강할 필요가 있는 장소 또는 도시부에서 용지보상비가 과다한 장소 등에 사용한다.

주된 공법으로서 흙쌓기에서는 보강토벽공법, 망에 의한 보강공법 등이, 흙깎기에서는 철근 삽입, 각종 그라우팅, 강화섬유 주입 등의 보강공법이 있다.

나. 표면보호공법

1) 식생공

식생공은 절토사면에 대하여 식생을 실시하는 공법으로 우수에 의한 침식 방지, 지표면 온도변화의 완화, 뿌리로 표토를 묶어 동상붕락의 억제 및 완화, 미적효과 등을 목적으로 한다.

그러나 식생공의 억지효과에 대한 평가가 어렵기 때문에 사면의 안정성 계산에는 이러한 식생공을 포함시키지 않는다. 따라서 식생공은 사면이 안정되어 있는 곳이나 억지효과가 있는 구조부

재와 병행하여 이용한다.

국내에서 사면 보호공법으로 사용되는 식생공은 떼심기. 씨앗뿌리기공법, 씨앗 부착거적덮기, 코이어넷(coir net), 코매트(co-met), 녹생토 등 여러 종류가 있다.

2) 돌쌓기, 블록쌓기

돌쌓기나 블록쌓기 공법은 1:1이상 (45° 이상)의 급경사 절토사면에 사용되며 절토사면의 풍화 및 침식등을 방지하고 옹벽으로서 토압에도 충분히 견딜 수 잇는 구조이어야 한다.

돌쌓기 공법은 흙막이용, 절토사면 보호용으로 옛날부터 사용되어 왔으나 최근에는 블록쌓기 공법이 많이 사용되고 있다.

3) 돌붙임, 블록붙임

돌붙임이나 블록붙임 공법은 절토사면의 풍화 및 침식 등의 방지를 주목적으로 하여 1:1이하 (45° 이하)의 완경사 절토사면에, 특히 점착력이 없는 토사 및 허물어지기 쉬운 절토사면에 사용한다.

돌붙임 및 블록붙임 공법은 표면 보호공으로서 사용되는 이외에 소규모의 절토사면 붕괴의 되메움 보호 등에서도 사용된다.

4) 콘크리트 격자

① 콘크리트 격자 블록

용수가 있는 흙깍기 절토사면, 장대 절토사면이나 표준경사보다 급한 흙쌓기 사면에서 상황에 따라 식생이 적합하지 않은 곳 혹은 식생을 실시하더라도 표면이 붕낙할 염려가 있는 경우에 사용된다. 경사가 1:0.8(55°)보다 완만한 절토사면에 사용하는 것이 좋다.

일반적으로 격자는 프리캐스트 제품으로 격자의 교점부분에는 활동방지 말뚝 혹은 철근 등을 설치한다. 격자 내에는 비옥토를 되메우고 식생을 해서 보호하는 것이 좋으나 사면경사가 1:1.2(40°)보다 급한 경우, 많은 용수가 있는 경우 혹은 비옥토가 얻기 힘든 경우, 기타 식생만으로는 유출될 염려가 있는 경우 등에는 잡석을 넣어서 보호한다.

미관을 중요시 할 경우에는 돌붙임 사이에 씨앗 비옥토를 채우거나 씨앗뿜어 붙이기공을 병용하거나 식생망태를 사용하여 녹화할 수도 있다. 용수가 특히 많은 경우에는 절토사면에 도수를 설치할 필요가 있다.

② 현장타설 콘크리트 격자

용수가 있는 풍화암이나 장대절토사면 등에서 절토사면의 장기적인 안정이 염려되는 곳, 혹은 콘크리트 블록 격자공으로는 붕낙할 염려가 있는 곳에 사용된다.

격자는 철근콘크리트의 현장타설로 용수처리를 충분히 실시하고, 격자 내에는 상황에 따라 찰쌓기식 돌붙임, 블록붙임, 콘크리트 붙임, 식생 등으로 보호한다.

암반 중에 균열이 많고 물이 침투해서 풍화를 촉진하던가 붕낙을 일으킬 염려가 있는 경우에는 모르터 뿜어붙이기 혹은 시멘트 밀크의 주입 등도 병용된다.

상화에 따라 격자의 교점부분에 활동방지 말뚝이나 앵커를 설치한다. 격자는 절토사면에 박히도록 하는 방법과 사면위에 설치하는 방법이 있다. 연약한 지반에 설치할 경우에는 콘크리트 기초가 필요하다.

5) 모르터 및 콘크리트 뿜어붙이기(숏크리트)

절토사면에 용수가 없고 당장 붕괴의 위험성은 없으나 풍화되기 쉬운 암석 또는 풍화로 인해 박리될 염려가 있는 암석이나 호박돌이 섞인 토사 등 식생이 적당하지 않은 곳에 사용된다.

모르터 뿜어붙이기공은 비교적 엷게 뿜어 붙일 경우에, 콘크리트 뿜어붙이기공은 비교적 두껍게 뿜어 붙일 경우에 사용된다. 뿜어 붙일 면에 다소의 용수가 있는 경우에는 물구멍을 만들어 적절한 배수처리를 하여야 하며 또한 장래 붕괴의 원인이 될 수 있는 노출된 곳을 남기지 않아야 한다.

6) 개비온(gabion)

개비온(gabion)은 일정규격의 직사각형 아연도금 철망상자 속에 돌채움을 한 돌망태를 벽돌 쌓는 방법으로 쌓아 올려 벽체를 형성하는 공법으로서 콘크리트 옹벽 대체공법으로 사용한다.

본 공법의 특징은 배수성이 양호하기 때문에 설계 시에 수압의 작용을 고려할 필요가 없다. 그러나 차도에 가깝고 경사가 급한 곳에 사용할 경우는 장기적으로 철선의 부식으로 인해 돌이 떨어져서 낙하할 수 있기 때문에 시공 시 충분한 주의가 필요하다.

다. 낙석방지공법

낙석방지공법은 절토사면에서 풍화의 진행, 지진, 호우 등에 의해 낙석의 위험이 있는 것으로 판단되는 곳에 실시한다.

낙석방지공법의 선정은 절토사면의 상황, 즉 절토사면의 지형, 지질 및 식생상황등과 같은 조사결과에 근거하여야 하며 낙석발생시 예상되는 피해 정도에 따라 이러한 방법들을 조합시키거나 선택하여 선정한다.

1) 뜬돌제거

뜬돌제거는 사면상의 뜬돌이나 이완암블록이 낙하하지 않도록 직접 낙석을 억지하거나 제거 또는 정리하는 것이다.

2) 록볼트 및 앵커

록볼트 및 앵커 공법은 낙석방지 공법의 일환으로 사용되기도 하며 앞에 언급된 경사완화 및 구조물에 의한 공법 중 록볼트공 및 앵커공을 참조하여 고려할 수 있다.

3) 와이어로프 걸이

뜬돌이나 전석이 구르거나 미끄러지지 않도록 격자모양으로 짠 와이어로프나 수개의 로프 등을 사용하여 그 기초를 덮거나 걸어서 사면상에 고정시키는 경우에 사용한다.

뜬돌이나 전석이 거대한 경우나 토지의 제약 조건 등으로 사면에 고정시켜야 할 때에 자주 사용되지만 이 공법은 영구적인 구조물이 아닌 가설 구조물로 취급한다.

와이어로프의 앵커는 뜬돌이나 전석의 무게에 충분히 견디도록 기초부까지 충분히 넣고 또 돌이 로프에서 빠져나가지 않도록 한다.

4) 낙석방지망

낙석방지망은 강우나 풍화, 나무뿌리의 작용 등으로 인해 낙석발생 가능성이 있는 부분을 망으로 덮어 낙석을 예방하는 공법으로 망의 장력 및 자중과 이완된 암석의 포획효과에 의해 암석의 운동에너지를 억제하는 공법이다.

낙석방지망공은 구조물에 의한 절토사면 보호공을 시공하지 않은 암반 또는 자갈 혼입 토사 절토사면에 낙석이 예상되는 경우에 사용한다.

낙석방지망공은 낙석의 발생을 미연에 방지하고, 만일 낙석이 발생한 경우에 돌이 튀지 않도록 사면끝으로 유도하는 것을 목적으로 하고 있다. 종류로는 포켓(주머니)식, 비포켓식이 있다.

5) 낙석방지울타리

낙석방지울타리는 지주, 와이어로프, 철망, 유연성 재료 등을 이용하여 낙석에너지를 흡수하는 것으로써 일반적으로 50kJ 이하의 소규모 낙석대책으로 주로 사용되나 유연성 등을 이용하여 50kJ 이상의 큰 낙석에너지를 흡수할 수 있는 기능성낙석방지울타리도 다양하게 개발되어 있다.

낙석방지울타리는 장대 절토사면 등에서 지진 또는 집중호우 등으로 낙석이 발생하는 경우에 낙석방지망만으로는 낙석을 효과적으로 제어하기 힘들 것으로 판단되는 위치에 사용한다. 특히, 경암, 연암, 및 자갈 혼입 토사 등으로 구성된 절토사면에서 낙석방지망만으로는 낙석의 위험을

효과적으로 대처하기 힘든 경우에는 낙석방지울타리를 설치하는 것이 바람직하다.

토사가 혼합되어 낙하하는 경우는 콘크리트 옹벽을 설치하고 그 상부에 낙서방지울타리를 설치한다.

8) 피암터널

피암터널은 강재, 철근콘크리트 및 PC 콘크리트 등으로 도로위에 처마를 설치하여 낙석을 받아 막거나 계곡으로 낙하시켜 낙석에 의한 피해를 방지하는 공법이다.

피암터널은 급한 장대사면이 연이어져 있는 경우나 낙석의 규모가 커서 낙석방지울타리만으로는 방지할 수 없는 경우 또는 낙석의 지름이 큰 경우에 사용한다. 피암터널의 상부에는 완충재(토사 등)를 두어 낙석의 충격을 완화하여야 하며 상단부 표면은 경사지게 하여 발생된 낙석을 다른 방향으로 유도하여 충격에너지를 감소한다.

9) 낙석방지 옹벽

낙석방지 옹벽은 토사나 낙석이 도로에 떨어지는 것을 방지하기 위해 설치하는 구조물이다.

낙석방지 옹벽은 그 배후에 주머니부를 설치하여 어느 정도의 낙석이나 붕토를 퇴적시킬 수 있는 구조로 하는 것이 바람직하기 때문에 배면 지형은 사면경사가 완만한 경우와 도로의 측방에 여우가 있는 장소가 조건으로 된다.

낙석방지 옹벽공을 설계할 경우 예상되는 낙석의 중량, 속도, 최대 도약고, 지형, 지질 등을 고려하여 옹벽의 안정(연직지지, 수평지지, 전도) 및 구체 단면의 강도에 대하여 검토하여야 한다.

10) 낙석 방지 제방 및 도랑(ditch)

절토사면의 하단부에 설치하는 낙석 방지 도랑은 도랑을 설치할 공간이 확보되어 있다면 낙석을 방지하는데 효과적이고 경제적인 방법으로 지형, 지질 등의 현장조건을 이용하여 낙석 에너지의 흡수 및 낙석의 유도를 도모하는 것이다.

흙제방 및 도랑을 설치하는 경우에는 배수공을 병설하여 배수대책도 충분히 배려할 필요가 있다.

라. 배수공법

1) 산마루측구

절토사면의 상부자연사면에 콘크리트 U형 수로 등의 배수로를 설치함으로써, 강우나 강설에 의해 지표수가 절토사면내로 침투하는 것을 방지하여 절토사면 내 간극수압의 상승을 차단하거나 지표수의 흐름을 차단시켜 절토사면의 침식을 방지하는 공법이다.

산마루측구 시공 시 측구와 지표가 밀착되지 않는 경우, 측구와 지표 틈새로 강우가 침투하여 배수효과가 거의 없을 뿐 아니라 토층이 유실되어 지반침하가 발생하는 경우가 많으므로 측구와 지표를 반드시 밀착시켜야 한다. 또한 품질관리를 위하여 가능한 현장타설 콘크리트 배수로를 설치하는 것이 바람직하다.

2) 소단배수로

소단배수로는 절토사면에 흐르는 빗물이나 용수에 의한 침식을 방지하기 위하여 폭이 3m 이상인 넓은 소단에 설치한다.

종단경사에 따라 배수처리를 실시하며 20m이상 절토 구간이 끝나는 곳에서는 산마루측구와 연결 또는 방류하여 절토사면이 유실되지 않도록 설치한다. 단, 비탈면 침식의 위험성이 적다고 판단될 때는 설치하지 않을 수 있다.

3) 도수로

도수로는 집수된 물을 수로 또는 도로외부로 유출시키는 기능을 수행한다. 원칙적으로 현장타설 콘크리트로 설치하며 도수로의 주변은 콘크리트로 보호하고 세굴이나 풀등의 유입에 의한 통수기능 저하를 방지한다.

4) 수평배수공

절토사면 내에 비교적 깊은 지반 내에 지하수를 배제하는 경우나 지하배수공(암거공) 등에 의해 지하수위 저하를 기대할 수 없는 경우에 횡방향공을 굴착하고 유공관등을 삽입하여 배수한다.

수평배수공의 길이는 2m 이상이 바람직하다.

규모가 큰 지반활동지대에서는 배수터널이나 여러 본의 보정공을 조합하여 처리한다.

5)집수정

집수정은 물빼기 보링공으로는 보링 길이가 길게 되는 경우나 기반 부근에 집중적으로 지하수를 집수하는 경우에 사용한다.

절토사면의 보수·보강공법은 사면의 구성재료와 공법의 원리에 따라 [표 4.2.2]및 [표 4.2.3]으로 구분하여 적용하여야 한다.

【표 6.2.2】 토사사면의 원리별 대책공법 종류

원 리	공 법
경사도완화	절취
흙막이 (토류공)	앵커(anchor)
	소일네일링(soil nailing)
	억지말뚝
	마이크로 파일(micro pile)
	옹벽
	개비온(gabion)
배수	산마루측구
	수평배수공
	소단배수로
	도수로
표면보호	식생공
	격자블록
	돌쌓기, 돌붙임

【표 6.2.3】 암반 사면의 원리별 대책공법 종류

원 리	공 법
경사도완화	절취
암반보강	록볼트(rock bolt)
	앵커(anchor)
	다우월(dowel)
	콘크리트 버팀벽(buttress)
	숏크리트(shotcrete)
간극수압감소	수평배수공
	측구배수공
표면보호	식생공
낙석제어	낙석방지망
	낙석방지울타리
	뜬돌제거(면정리)
	낙석흡수 도랑(ditch)
	피암터널

6.3 옹벽 보수·보강공법

옹벽 시설물의 주요 보수·보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

【표 6.3.1】 옹벽에 영향을 미치는 현상과 요인

역학적 거동과 원인			자연적 요인				인위적 요인			
역학적 거동		원 인	특수지형	특수지질	저온	기타	설계불량	배수불량	시공불량	기타
하중 증가	토압증대	편토압, 사면활동 등	○	○						
		배면지반 하중증가						○		○
	수압증대	지표수 유입				○		○	○	
		배수불량, 지하수 차단		○			○	○		
		인접시설(상·하수도)누수					○	○	○	
	기타	재하(載荷), 제하(除荷), 근접시공								○
		지진				○	○			
기초지반 지내력 저하	침하, 활동	근접시공(굴착)					○			○
		지진				○				
		지하수위 상승	○				○			
옹벽의 지내력 저하	구조노후화	균열, 박리, 단면변형				○	○		○	
	재료노후화	탄산화				○				
		저온, 습윤			○		○	○		
		배합불량							○	
	기타	지진			○					
		화재, 충격(차량 및 낙석충돌 등)								○

6.3.1 철근부식에 대한 보수 공법

철근이 부식되어 있는 부분이 노출되도록 콘크리트를 파취하고, 철근이 부식된 부분의 녹을 제거하여 철근에 방청처리를 한 후, 콘크리트에 프라이머 도포를 행한 후에 폴리머시멘트 모르터(PCM)등의 재료로 충전 보수한다.

6.3.2 누수에 대한 보수 공법

콘크리트의 누수는 구조물의 기능장해와 노후화의 원인이 되므로, 누수방지 및 방수대책의 수립이 필요하다.

6.3.3 콘크리트 탄산화 부위 보수 공법

탄산화가 20~30㎜정도 진행된 경우에는 탄산화된 콘크리트를 제거한 후 단면복구용 모르터로 보수하는 것이 원칙이나, 이러한 경우 공사비용이 과다하기 때문에 현실적으로 불가능하다는 지적이 있다.

따라서 구조체의 경우 탄산화를 방지할 수 있는 콘크리트 탄산화 방지용 밀폐형 기밀 도료칠을 한다.

6.3.4 침하에 대한 보수·보강 공법

1) 고압분사 교반공법

물과 공기를 혼합한 초고압 분류체가 갖고 있는 운동에너지를 이용하여 지반의 조직구성을 파쇄하고, 파괴된 토립자와 경화재를 혼합 교반하여 초대형의 원주상 고결체를 조성하는 공법이다.

2) 압력주입 그라우팅 공법

비유동성(고결체에 가까움)주입재를 지반에 압입하여 균일한 고결체를 형성함과 동시에 주변지반을 압축 강화시키는 공법으로 주입재가 흙의 공극속으로 침투되는 것이 아니라 동공을 메우거나 주입재를 압입하여 지중의 소요 보강부위에 적합하고 다양한 형상의 기초를 시공하는 공법이다.

3) 앵커공법

특수조직으로 구성된 앵커를 지반에 삽입한 후, 모르터 또는 시멘트 밀크를 압입주입하고 구근을 형성하여 발생되는 지반지압에 의한 인장력으로 구조체의 안정을 도모하는 공법이다.

4) 성토하중 경감공법

배면 에프론부를 소정의 심도까지 굴착하고 콘크리트 슬래브를 설치하거나 중공구조물을 설치함으로서 상부로부터 전달되는 성토하중을 감소시켜 전면 구조물의 안정(전도, 활동, 지지력)을 도모하는 공법이다.

5) 경량재료치환공법

벽체배면의 뒷채움을 고분자 계통의 경량제품인 E.P.S(expand polystyrene form)로 치환하거나 이 이외에도 환경오염의 염려가 없는 한 성토체보다 가볍고 내구성 등의 성토 목적을 충족시킬 수 있다면 다른 유사 재료를 치환함으로서 벽체에 작용하는 토압을 경감시켜 구조물의 안정을 도모하는 공법이다.

6.3.5 경사 및 전도에 대한 보수·보강공법

전면부의 수동토압의 감소현상이나 배면 주동토압의 증가로 발생되는 손상 형태에 대한 보수·보강기법으로 다음과 같은 공법들을 제안한다.

1) 저항모멘트 감소에 대한 보수·보강

- 전면 기초지반 세굴부위의 보강
- 지반의 고압분사교반공법
- 압력주입그라우팅 공법에 의한 강도증진
- 앵커공법에 의한 저항모멘트 증가

2) 전도모멘트 증가에 대한 보수·보강

- 주동토압계수 감소기법
  - 압력주입그라우팅 공법 : 천공된 구멍을 통하여 지반의 간극에 액상물질을 주입시킴으로서 지반을 경화시키는 공법
  - 고압분사교반공법 : 비트를 회전시킴으로서 지반을 교란시키며 액성시멘트 혼합물을 주입하여 흙과 교반되도록 하여 지반을 개량하는 공법
- 배면 성토하중을 경감시키는 공법

6.3.6 구조물의 활동에 대한 보수·보강공법

압력주입 그라우팅공법이나 고압분사 교반공법에 의한 지반강화 또는 앵커공법을 적용한다.

6.3.7 구조물 뒷채움부 침하 및 공동에 대한 보수·보강공법

뒷채움부의 침하형태는 지반의 압밀침하 및 전단파괴를 동반하여 나타나는 광역침하와 뒷채움흙의 특정부위가 침하하는 국부침하로 나눌 수 있으며, 보강방법으로는 윗항의 공법과 유사한 공법들이 적용된다.

6.3.8 벽체의 파손에 대한 보수·보강공법

일반적으로 결손 단면이 큰 경우에는 프리팩트 콘크리트 공법을 사용하게 되는데 단면구조체에 형틀을 설치하고 보수 부분에 조골채 충진, 주입재 충진, 양생 탈형의 공정으로 이루어진다.

6.3.9 동해에 대한 보수·보강 공법

배면토 내부의 수분이 추위로 인하여 서서히 동결하여 그 팽창압력에 의해 옹벽 구조재료에 손상을 입히는 경우로 보강토 옹벽 보강재 등은 특히 고려해 볼만하다.

동상의 발생에는 온도와 물, 토질의 세 가지 요소가 필요한데 이중 대책이 용이한 것은 토질이며, 배면토의 치환공법 등을 적용할 수 있다.

6.4 유지관리 방안

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리 하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.