

2. 오창절토05

(STA.3+670~3+990(오창)절토사면)

2.1 시설물 개요

2.2 자료수집 및 분석

2.3 현장조사 및 시험

2.4 상태평가

2.5 종합평가 및 안전등급 지정

2.6 보수·보강 및 유지관리 방안

2.7 종합결론

2. 오창절토05(STA.3+670~3+990(오창) 절토사면)

2.1 시설물의 개요

본 시설물은 충청북도 청주시 청원구 오창읍 화산리 산 7-7(옥산오창고속도로 오창방향 3.670~3.990km)에 위치한 사면으로서 총 연장 320.0m, 높이 32.9m의 절토사면으로 시공되어 있다.

2.1.1 일반사항

【표 2.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2018-0000011		관리번호	-	
시설물명	오창절토05 STA.3+670~3+990(오창) 절토사면		시설물구분	절토사면	
위 치	행정구역	충청북도 청주시 청원구 오창읍 화산리 산 7-7			
	위치좌표	시점 : 36 ° 42 ' 53 " 127 ° 23 ' 29 "			
		종점 : 36 ° 42 ' 57 " 127 ° 23 ' 41 "			
	관리이정	본선구간(오창방향) 3.670~3.990 km			
제 원	연 장	320m	높 이	32.9m	
	경사/방향	34~45/338	노 선	고속국도 32호선	
관리주체	옥산오창고속도로(주)		관리주체구분	민간	
주변환경	인공구조물	-			
	주변지형	준산악지형	상부사면경사	-14°	
시공현황	준공년도	2018년 1월 13일	시 공 자	지에스건설(주)	
	부대시설	식생공, 소일네일, 점검로, 낙석방지울타리			
비 고	-				

2.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 2.1.1】 위치도

2020년 정밀안전점검(금회)



2017년 깎기비탈면 현황도 보고서

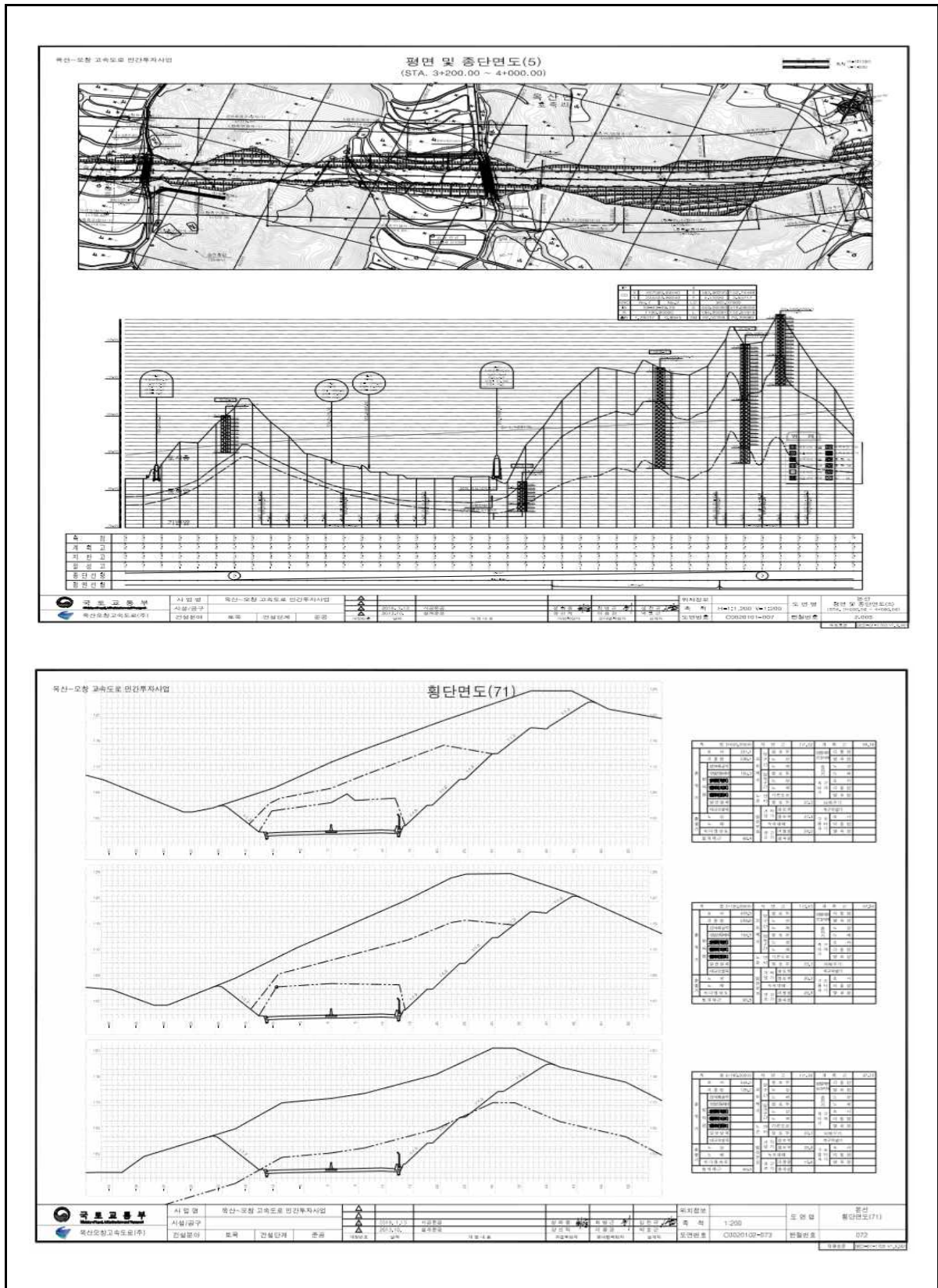


【그림 2.1.2】 전경사진

	
정면 전경	1소단 배수로 전경
	
콘크리트 점검계단 전경	점검사다리 전경
	
야생동물유도울타리 전경	낙석방지울타리 전경

【그림 2.1.3】 부재별 현황

2.1.3 시설물 일반도



【그림 2.1.4】 평면 및 횡단면도

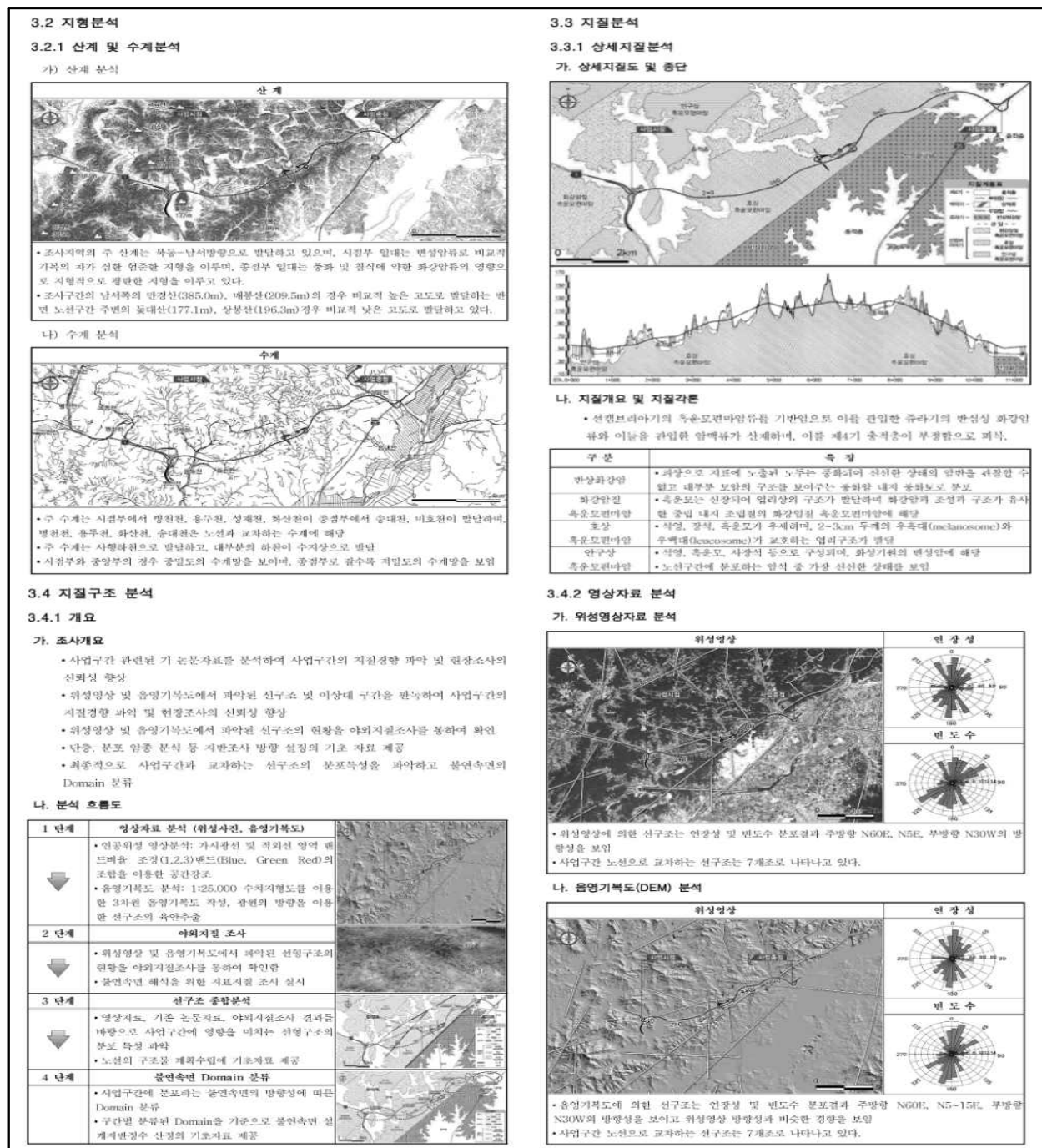


2.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “옥산오창고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서, 지반조사보고서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



나. 비탈면 설계

나. 깎기 비탈면 표준경사

- 일반적인 깎기 비탈면 표준경사는 아래와 같으며, 본 설계에서는 아래 기준을 근거로 현장의 입안상태를 분석하여 설계에 적용하였다.

1) 건설공사 비탈면 설계기준(국토해양부, 2011)

토질조건	비탈면높이(m)	경사	소단기준	비고
모래	1:1.5 이상	1:1.5 이상		SW, SP
사질토	밀실한 것	5 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	H=10m 이상인 비탈면에서 비탈면 중간에 5~20m 높이마다 폭은 1~3m의 소단을 설치
	밀실하지 않고 입도분포가 나쁨	5~10	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하고	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
	입도분포가 좋음	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	
자갈 또는 알려 섞인 사질토	밀실하지 않고 입도분포가 나쁨	10 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	SM, SC
	밀실하고	10~15	1:1.0 ~ 1:1.2	
	입도분포가 나쁨	10~15	1:1.2 ~ 1:1.5	
	입도분포가 나쁨	10~15	1:1.2 ~ 1:1.5	
점성토	0~10	1:0.8 ~ 1:1.2		ML, MH, CL, CH
알려 또는 호박돌 섞인 점성토	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2		GM, GC
	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5		

2) 일반목적에 따른 깎기 비탈면 표준경사(도로설계요령, 2009)

암석종류 (강도)	암반파괴상태 T.C.R	굴착 R.Q.D	경사	소단설치	비고
중화암 또는 연경암으로 파쇄가 극심한 경우	20%이하	10%이하	리평암	1:1.0~ 1:1.2	H=5m마다 1m 폭
강한 중화암으로 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연경암	20~40%	10~25%	발파암	1:0.8~ 1:1.0	H=10m마다 1~2m 폭
	40~60%	25~50%	발파암	1:0.7	
	60%이상	50%이상	발파암	1:0.5	H=20m마다 3m 폭

3) 우리나라 여러 기관의 깎기 비탈면 표준경사

토질조건	깎기높이(m)	비탈면경사	비고
토사	5 이상	1:1.5	1:1.5
	0 ~ 5	1:1.2	1:1.2
	5 이상	1:1.2	1:1.2
리평암 (중화암)	5 이상	1:0.7~1.2	1:1.0
발파암	5 이상		1:1.0~1:1.2
	0 ~ 5		1:1.0
	5 이상	1:0.5~0.7	1:0.5~1:1.0
	0 ~ 5		1:0.5~1:0.8
경암	5 이상		1:0.5~1:0.8
	0 ~ 5		1:0.5

다. 적용 비탈면 안전율

- 비탈면에 대한 기준안전율은 국내의 경우 전기시에는 1.5, 후기시에는 1.2~1.3을 적용하고 있으며, 국외의 경우에는 전기, 후기의 구분보다는 하중조건이나 현장응력상태를 고려하여 안전율을 적용하고 있다.
- 깎기 비탈면이 많은 환경에서는 후기시 비탈면 안전율은 지표면까지 포화된 경우 1.1로 하고 강우 정도를 고려한 경우에는 1.2~1.4를 적용하고 있다.
- 국내의 후기시 비탈면 안전율이 1.2~1.3의 범위로 제시되어 있는 것은 현상 지반의 조건(토질성, 토질, 파쇄대의 존재 유무) 등을 고려하여 합리적으로 결정하도록 한 것으로 사료된다. 그러나 예측 불가능한 국지적 집중호우가 빈번하게 발생하므로 집중호우에 따른 피해방지를 위한 산지부 도로설계기준 검토(설계지-3202, 한국도로공사, 2006)를 기준으로 후기시 비탈면 기준안전율은 1.2를 적용하였다.

< 비탈면안전 검토시 기준안전율 >

구분	적용안전율	비고
쌓기	전기	FS > 1.5
	후기	FS > 1.3
	지진시	FS > 1.1
깎기	전기	FS > 1.5
	후기	FS > 1.2
	지진시	FS > 1.1

7.4 비탈면 지반강도정수

구분	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)
쌓기재	토사층	15.0	30.0
	암반층	20.0	37.0
전단·압입층	18.0	0.0	29.0
분절층	17.0	0.0	27.0
층적층(모래)	18.0	0.0	29.0
층적층(자갈)	19.0	0.0	33.0
중화토	19.0	23.0	30.0
중화암	20.0	30.0	35.0
연암	편마암	24.0	300.0
	화강암	24.0	400.0
경암	편마암	27.0	800.0
	화강암	27.0	800.0

다. 설계적용 비탈면 표준경사 및 소단

- 본 과업에서 깎기 및 쌓기 구간의 비탈면 경사는 국내 여러 기관에서 적용되는 일반적인 표준 경사와 지형 및 지층상태, 비탈면의 특성 등을 고려하여 다음과 같은 기준을 선정하였다.

구분	높이 (m)	경사	비고
쌓기	0 ~ 5	1 : 1.5	쌓기 5m마다 소단 1m 설치
	5 이상	1 : 1.8	
깎기	토사	0 ~ 5	1 : 1.2
		5 이상	1 : 1.5
	리평암		1 : 1.0
			20m마다 3m 소단 설치

- 본 과업구간에 대한 비탈면 경사는 쌓기의 경우 국토해양부 비탈면 설계기준에 의거한 표준경사를 적용하는 것으로 계획하였다. 깎기의 경우 우리나라 여러 기관에서 규정하고 있는 표준경사와 인접구간 비탈면에 대한 비탈면경사 적용사례를 검토하여 계획하였으며, 일반 비탈면의 경우 도로설계요령에서는 일반목적에 따른 표준 비탈면 경사가 제시되어 있으나, 이는 일반적인 경우이며 계획구간의 일반 비탈면에 대한 지표지질조사 및 시추조사 등에 의해 파악된 지질의 발한성 및 발달 상태에 따라 각각의 비탈면에 대하여 안전 해석을 실시하여 적정 비탈면 경사를 선정한다.

7.3.2 설계하중

- 비탈면에 작용하는 하중에는 구조물로 인한 하중, 차량주행에 따른 교통하중으로 구분되며, 쌓기 비탈면인 경우에는 쌓기높이를 고려하여 쌓기층 당면에 상재하중을 고려하였다.

구분	적용값	비고
구조물 하중	실제 설치암	*구조물로 인해 발생하는 하중
교통 하중	13.0 kPa	*차량주행에 따라 적용되는 활하중 (DBS-24 기준)

7.8 비탈면 계측 및 유지관리

7.8.1 비탈면의 계측계획

가. 계측계획의 수립시 고려사항

- 사전에 공사의 전처상황에 대응하는 계측계획을 수립 작성하고, 계측의 목적, 계측방법, 관리기준치에 관한 기본적 사항을 정해 둘 필요가 있음.
- 주어진 모든 조건이나 각종 제약 중에서 문제가 되는 지반의 거동을 정확히 모니터링하여 얻어진 데이터를 종합적으로 해석한 다음에 기준치와의 비교와 설계의 지반 거동과의 해석, 검토 등의 결과 판정을 해야 함.
- 토사비탈면의 변형이나 붕괴형태를 정확히 예상하고, 파악한 다음에 계측의 목적을 명확히 하여 그 목적에 맞는 계측기기의 선정이나 배치, 계측의 방법, 관리기준치 등을 검토하여 실시계획을 작성할 필요가 있음.
- 계측이 장기간에 걸치는 경우나 토사비탈면의 상황이 크게 변화되는 경우에는 계측내용의 재고를 하고 항상 적절한 계측관리가 실시되도록 노력해야 함.

나. 계측계획의 목적

- 현장계측은 토사비탈면의 붕괴에 이르는 초기의 토사 변형현상을 계측기기로 파악하고, 이것들을 바탕으로 적절한 대책을 위해 토사비탈면의 붕괴를 미연에 방지하거나 붕괴에 의한 피해를 최소한으로 억제하는 것을 기본적인 목적으로서 실시.

주요평가사항

- 변형기구나 규모의 조사, 해명
- 비탈면의 안정성의 평가
- 붕괴의 예지예측
- 대책공의 효과 판정
- 안전확보(내피침보 등의 조치를 위해)
- 시공관리(정보와 시공을 포함)

다. 계측대상 범위

- 변형현상이 발생되거나 혹은 예상되는 범위
- 피해가 예상되는 범위
- 2차 붕괴의 파급이 예상되는 범위
- 공사의 시공범위

다. 지반조사보고서

1.1 사업명

- 육산~오창 고속도로 민간투자사업

1.2 지반조사 목적

- 본 조사는 육산~오창 고속도로 민간투자사업의 제1노선에 대한 시추조사, 각종 현장시험 및 실내시험을 실시하여 지층의 분포상태 및 토질을 파악하고 설계 및 시공에 필요한 지반공학의 기초자료를 수집, 분석하여 경제적이고 합리적인 설계가 될 수 있도록 지반공학 설계자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

1.3 사업범위

1.3.1 공간적 범위

구 분	내 용	위 치 도
사 업 위 치	• 시점 : 충청북도 청원군 육산면(경부고속도로) • 종점 : 충청북도 청원군 오창읍(중부고속도로)	
사 업 구 조	• 연 장 : L=12.1km(광복 4차로) • 교 량 공 : 본원교량 14개소, IC 및 JCT교량 8개소 • 유출입시설 : 분기시설 2개소, 출입시설 1개소 • 영 입 시 설 : 본선 영입소 1개소, IC 영입소 1개소	

1.3.2 사업구간 현황



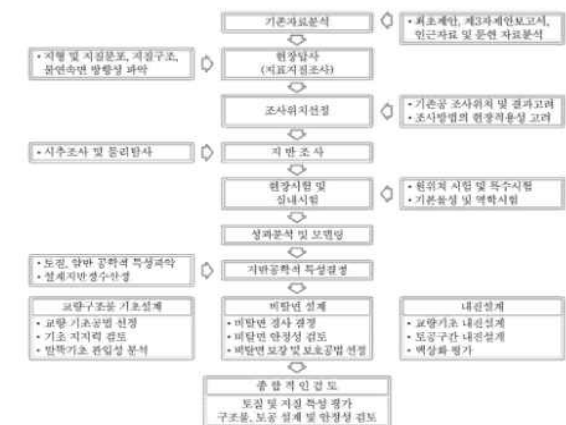
2.1 지반조사 계획 및 현황

2.1.1 지반조사 계획

가. 기본방향

구조물 및 지반특성을 고려한 계획 수립	신뢰성 향상을 위한 지반조사
• 기존지표 분석을 통한 개천사상 검토 • 지형 및 구조물 특성을 고려한 계획 수립	• 지반특성을 고려한 조사항목 및 위치결정 • 지질위험 구간 중점조사 수행 • 주변 민원을 고려한 조사 수행
경제적인 시공을 위한 토질 및 기초 설계	효율적인 설계를 위한 결과분석
• 구조물별 지반특성을 고려한 설계수행 • 구조물 안정성 분석을 위한 설계자료 제공 • 통계분석을 통한 설계입력값 획득	• 시추조사 및 현장시험결과와 상호비교 분석 • 지질이상대구간의 지반특성 및 설계지반정수 산정 • 환경 및 안정성을 고려한 중점구간 설계 분석

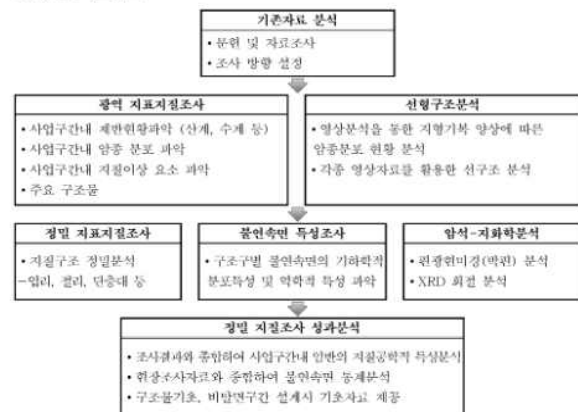
나. 수행흐름



3.1 조사개요

- 사업구간의 평면적인 구성과 구조물계획에 영향을 미치는 토질 및 지질공학적인 자료획득
- 사업구간 구조물에 영향을 미칠 우려가 있는 지질이상대(단층, 파쇄대)의 공학적 특성 조사
- 정밀지표지점조사 수행으로 사업구간 내에서의 물연속면 분포 현황 파악 및 통계적 분석을 통해 암반 구조물 안정성예측에 활용

3.1.1 조사흐름도



3.1.2 결과 활용

구 분	지표지점 조사 결과	결과 활용 방안
교량기초 설계분야	• 노선과 교차하는 선구조 규명 • 기반암의 지질학적, 공학적 특성 파악	• 물리탐사 결과와 비교검토후 시추조사위치 선정 • 구조물계획시 기초자료제공
비탈면 구간	• 노선내의 물연속면 및 파쇄대 규명 • 기반암의 지질학적, 공학적 특성 파악	• 암반비탈면 설계시 물연속면의 방향성, 공학적 특성 제공 및 파쇄대 구간 파악

4.3 현장조사

4.3.1 조사목적

- 계획노선구간 지반의 침도면 지층 분포현황과 지하수위, 기반암의 침도 파악
- 원위지 시험을 수행하기 위한 시추공 형성 및 실내시험을 위한 시료채취

4.3.2 조사내용

구 분	계획시추공	시추조사	마일링	
			민원발생	전일불가
교량구간	87공	82공	3공	2공
활기구간	42공	33공	6공	3공
활기구간	18공	18공	—	—
기타구조공	1공	1공	—	—
토취량	2공	—	2공	—
계	150공	134공	11공	5공

4.3.3 시추조사

가. 조사목적

- 계획 노선구간 지층의 분포현황을 조사하고, 시료의 채취 및 각종 원위지 공내시험을 수행하여 설계에 필요한 제반 자료 제공
- 지반의 수리적 분포상태 확인 및 원위지 시험의 시험공 확보
- 활기, 활기 및 구조물 구간의 안정성 검토시 필요한 강도정수 산정을 위한 원위지 시험과 실내시험을 위한 시료채취
- 화수면 조사상태, Slime 상태, 순환수의 색조 및 누수상태 등을 이용하여 기반암 상태 판단

구 분	조 사 목 적	시추구경	시 추 침 도
교량구간	• 교량기초 형식 결정에 활용 • 교량기초 안정 검토 • 활기 비탈면의 경사결정 및 안정 • 비탈면 설계 반영	NX	• 총하중 7.0m 이상, 연암 3.0m 이상, 경암 1.0m 이상
활기구간	• 암반지반 설계에 반영	NX	• 계획교하 2.0m 이상
활기구간	• 암반지반 설계에 반영	NX	• N값 50/30 이상 3회 확인
기타 구조물	• 구조물 지지층 결정에 활용 • 영입소(관측소) 및 BOX기초 형식 결정에 활용	NX	• 지지층 및 터파기 침도아래 2.0m, 터파기 침도아래 2m까지 기반암이 확인 안된 경우는 일부 조사공에 대해 기반암 2m 확인

2.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 2.2.1】 점검이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2018. 09. 03 ~ 2018. 12. 28	정기안전 점검	현재, 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 균열 및 토사퇴적이 일부 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 강우시 손상이 진전될 수 있으므로, 보수 실시 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.	양호
2	2019. 04. 15 ~ 2019. 06. 28	정기안전 점검	금회 조사시, 배수시설 균열에 대해 보수를 실시한 것이 확인되었다. 현재, 신규손상은 없는 상태이며 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 균열 및 토사퇴적이 일부 조사되었다. 배수시설에 실시한 균열보수는 전반적으로 미흡한 상태로 재손상이 발생하였다. 배수시설에 발생한 균열에 의한 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 강우시 손상이 진전될 수 있으므로, 보수실시여부 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.	양호
3	2019. 10. 14 ~ 2019. 12. 27	정기안전 점검	현재, 신규손상은 없는 상태이며 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 균열 및 토사퇴적이 일부 조사되었다. 배수시설에 실시한 균열보수는 전반적으로 미흡한 상태로 재손상이 발생하였다. 배수시설에 발생한 균열에 의한 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 강우시 손상이 진전될 수 있으므로, 보수실시여부 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.	양호
4	2020. 03. 23 ~ 2020. 06. 25	정기안전 점검	현재, 신규손상은 없는 상태이며 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 균열 및 토사퇴적이, 균열보수는 전반적으로 미흡한 상태로 재손상이 발생하였다. 배수시설에 발생한 균열에 의한 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 강우시 손상이 진전될 수 있으므로, 보수실시여부 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.	양호

2.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

【표 2.2.2】 전차 정밀안전점검 사항

구 분	기간	실 시 결 과	비 고
오창절토05	해당사항 없음	본 시설물은 최초정밀안전점검임	

2.2.4 기존자료

【표 2.2.3】 기존자료

구분	검토결과	비고
시설물관리대장	· 비탈면 높이 : 32.9m, 연장 : 320.0m, 경사: 32~45°	
시공관리자료	· 시공사 : 지에스건설(주) 준공년(2018년 01월 13일) · 설계사 : ㈜삼보기술단	
기존점검	· 최초 정밀안전점검으로 정밀안전점검 자료 없음 · 기존 정기안전점검 4회 실시함	

2.2.5 시설물 보수 이력

【표 2.2.4】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	소단배수로	균열보수	2019년 03월	-	-	

2.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 2.2.5】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용		

2.3 현장조사 및 시험

2.3.1 현황 및 특성

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 통해 확인된 일반현황 및 사면특성, 분류 및 구간분할 결과는 다음과 같다.

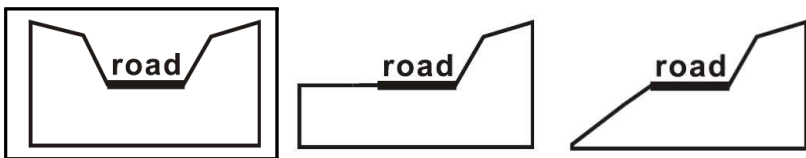
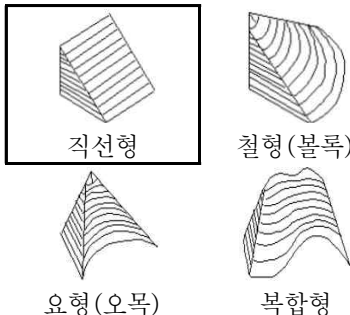
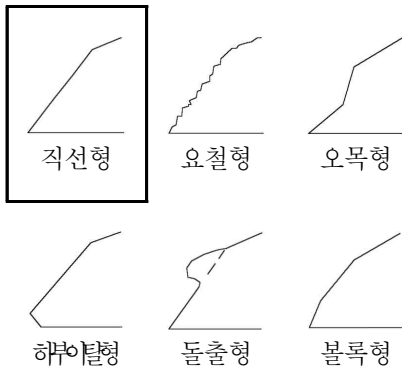
가. 일반현황 조사결과

【표 2.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2020. 10. 14.		조 사 자	장 진 원	
일 기	맑음		준공년도	2018년 01월 13일	
행정구역	충청북도 청주시 청원구 오창읍 화산리 산 7-7				
위 경 도	시점 : 36 ° 42 ' 53 " 127 ° 23 ' 29 "				
	종점 : 36 ° 42 ' 57 " 127 ° 23 ' 41 "				
절토사면	길 이 : 320m		높 이 : 32.9m		
	경 사/경사방향 : 34~45/338				
	구성물질 : 암반		토층심도 : 3.0m 이하		
	소 단 : 6				
낙석/튼돌	낙석 존재유무 : 없음		낙석의 양 : -		
	낙석 평균크기 : - 낙석 최대크기 : -				
	튼돌 존재유무 : 없음		튼돌의 양 : -		
	튼돌 평균크기 : - 튼돌 최대크기 : -				
절토사면 시공현황	종 류		위 치		상 태
	식생현황		3.670~3.990k		양호
	낙석방지울타리		3.750~3.910k		양호
	야생동물유도울타리		3.670~3.750k, 3.910~3.990k		양호
	소단배수로		3.730~3.890k		균열
	점검용 계단		3.670~3.730k, 3.850k		양호
	소일네일링		3.730~3.890k		양호
붕괴이력	유 형		규 모		위 치
기 타	.				

나. 사면특성 조사결과

【표 2.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형	준산악지형				
	종단면 형상					
	기타 특징	-				
절토사면의 특성	중 횡 단 면			중 단 면 특 성		
상부 자연비탈면	경 사 도	-14°				
	인장균열	무				
	포행흔적	무				
	수목의 기울어짐	무				
	인공구조물	무				
	산마루측구	무				
	계곡부	무				
식 생	① 종 류	초 본	관 목	침 엽 수	활 엽 수	
	② 밀 도	하	하	-	-	
	③ 근계특징	천근성 (O), 심근성 ()				

【표 2.3.2】 사면특성 조사결과 - 계속

절토사면 특 성	길이	320.0m	최대높이	32.9m
	경사	34~45°	상부경사	-14°
	이격거리	1.5m	소단	6개소
	종류	☒ 암반 ☐ 혼합 ☐ 토사 ☐ 자연	주변지형	☐ 산악 ☒ 준산악 ☐ 구릉 ☐ 평 지
	지하수	☒ C.dry ☐ damp ☐ wet ☐ dripping ☐ flowing	누수위치	☐ 상 ☐ 중 ☐ 하
				☐ 좌 ☐ 중 ☐ 우
	풍화도	☐ F ☐ S ☒ M ☒ H ☐ C ☐ R	불연속면 방향성	☒ 일치 ☐ 평행 ☒ 후방 ☐ 불가
	사면형상	☒ 직선형 ☐ 절형 ☐ 요형 ☐ 파형	측면형상	☒ 직선형 ☐ 요절형 ☐ 탈락형 ☐ 돌출형
	계곡부	없음	붕괴이력	☐ 유(영향) ☐ 낙석 ☐ 유(미영향) ☒ 무
	튼돌	☐ 대 ☐ 중 ☐ 소 ☒ 무	낙석	☐ 대 ☐ 중 ☐ 소 ☒ 무
	암종	편마암류	토층심도	3.0~4.0m
	암반형태	☐ massive ☐ tabular ☐ columnar ☐ irregular ☒ blocky ☐ crushed	불연속면	☒ 절리 ☒ 층리 ☐ 엽리 ☐ 균열 ☐ 단층 ☐ 전단대 ☐ 암맥 ☐ 무
조사자 소 견	시공현황 (상태)	☒ 식생공(양호) ☐ 낙석방지망 ☐ 옹벽 ☒ 낙석방지울타리(양호) ☐ 격자블럭 ☒ 배수로(양호) ☒ 점검로(양호) ☒ 기타(네일링 - 양호)		
	위험도	☐ 상 ☐ 중 ☒ 하	피해도	☐ 상 ☐ 중 ☒ 하
	붕괴 유형	☐ 심층 ☐ 표층 ☒ 무	위험등급	☒ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E
	위험구간 (붕괴유형)	☐ 상 ☐ 중 ☐ 하 / ☐ 좌 ☐ 중 ☐ 우 () ☐ 상 ☐ 중 ☐ 하 / ☐ 좌 ☐ 중 ☐ 우 () ☐ 상 ☐ 중 ☐ 하 / ☐ 좌 ☐ 중 ☐ 우 ()		
	필요 주공법	-	조치	☐ 응급 ☒ 미응급
	기타			

다. 사면 구간분할 결과

본 사면은 연장이 320m로써, 사면의 구간분할 기준인

- 1) 사면의 구성재료가 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

위 기준에 의해, 2구간으로 분할하여 외관조사 및 상태평가를 실시하였다.

【표 2.3.3】 구간분할 결과

구 분	측 점	비 고
1구간	3.670~3.830km	160m
2구간	3.830~3.990km	160m

[illegible]

2.3.3 외관조사 결과

가. 상부자연사면

1) 현황

상부 자연사면은 사면 -14° 의 경사로 되어 있으며, 풍화토 및 퇴적토가 존재하고, 전체적으로 관목이 분포하고 있다.



【그림 2.3.1】 상부자연사면 전경

2) 조사결과

- 상부자연사면은 노출암 및 인장균열 등의 손상이 없는 상태로, 전반적으로 식생이 양호하다.
- 본 사면의 계곡부는 없는 것으로 조사되었다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	상태양호	—	
2구간	상태양호	—	

나. 사면 및 사면하부

1) 현황

사면에 식생공 및 네일링이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 보통풍화(M.W.)~심한풍화(H.W.) 정도이다.



【그림 2.3.2】 사면 전경

2) 조사결과

- 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 기점검인 20년 상반기 정기안전점검과 비교시 식생이 양호해 진 것으로 조사되었다.
- 현장조사 결과, 식생공 유실 및 상단부 인장균열 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	상태양호	—	
2구간	상태양호	—	

다. 배수시설

1) 현황

대상 사면의 배수시설은 소단배수로가 시공되어 있다. 그 외의 구간은 자연수로 형태이다.



【그림 2.3.3】 배수시설 전경

2) 조사결과

- 배수시설의 배수기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다.
- 배수시설에 대한 점검결과, 소단배수로에 횡방향 균열 및 이격이 일부 조사되었다.
- 균열 및 이격은 전회 정기안전점검과 비교시 진전은 없는 상태이며, 즉각적인 보수보다는 주기적인 주의관찰 실시후 손상의 진전시 보수를 하는 유지관리가 효율적일 것으로 판단된다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	소단배수로 균열 소단배수로 이격	L=10.00m, 4EA A=0.25m*2.50m, 1EA	
2구간	소단배수로 균열	L=12.50m, 5EA	

			
현 황	3.750K 1소단배수로 이격	현 황	3.770~3.870K 1소단배수로 균열
원 인	초기건조수축, 우수유입	원 인	초기건조수축, 우수유입
대 책	주의관찰 후 단면보수	대 책	주의관찰 후 균열보수

라. 사면보호/보강시설

1) 현황

대상 사면 내에는 낙석방지울타리, 야생동물유도울타리, 소일네일링, 점검계단이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.



【그림 2.3.4】 보호/보강시설 전경

2) 조사결과

- 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.
- 소일네일링 설치구간은 주변부 유실에 의한 인장력저하 등의 손상에 대해 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	상태양호	—	
2구간	상태양호	—	

2.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 2.3.4】 외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
사면부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열 소단배수로 이격	주의관찰 후 균열보수 주의관찰 후 단면보수
상부 자연사면	상태양호	—
보강시설	상태양호	—
결과요약	사면에 식생공 및 네일링이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 보통풍화(M.W.)~심한풍화(H.W.) 정도이다. 상부자연사면 및 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 배수기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다. 소단배수로에서 조사된 이전 손상인 소단배수로 균열 및 이격은 진전이 미미하므로 즉각적인 보수보다는 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 효율적일 것으로 판단된다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.	

【표 2.3.5】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
사면부	상태양호	—	—	—	
배수시설	소단배수로 균열	m	22.50	9	
	소단배수로 이격	m ²	0.63	1	
상부자연사면	상태양호	—	—	—	
보강시설	상태양호	—	—	—	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교

본 시설물의 금회 실시하는 점검이 최초 정밀안전점검이다.

【표 2.3.6】 전차대비 손상수량 증감표

구 분	손상 내용	단위	전회	금회	증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	물량		
사면부	상태양호	—	—	—	—	
배수시설	소단배수로 균열	m	—	22.50	▲22.50	
	소단배수로 이격	m ²	—	0.63	▲0.63	
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	
보강시설	상태양호	—	—	—	—	

2.3.5 재료시험 결과

가. 시험결과

본 사면에 대하여 암반용 슈미트해머를 이용한 강도조사를 실시하였으며, 시험결과는 다음과 같다.

【표 2.3.7】 반발경도시험 결과

시험위치	반발경도(Ro)	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
3.790km	57.6	145.5	경암	
3.860km	52.9	116.9	보통암	
—	—	—	—	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 52.9~57.6로 측정되었으며, 추정강도 116.9~145.5MPa로 경암~보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

나. 이전 정밀점검과의 비교

본 시설물의 금회 실시하는 점검이 최초 정밀안전점검이다. 초기점검은 미실시한 것으로 확인되었다.

【표 2.3.8】 이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	위 치	반발경도(Ro)	추정강도(MPa)	암 판정 결과
초기점검	—	—	—	—
금회	3.790km	57.6	145.5	경암
	3.860km	52.9	116.9	보통암

2.3.6 불연속면 조사 결과

가. 측정현황

금회 구간분할 및 조사위치 선정에 따라 구간별 불연속면에 대해 조사를 실시하였으며, 조사결과는 다음과 같다. 식생공으로 인한 조사불가구간은 17년 깎기비탈면 현황도 보고서를 참고하여 추가 작성하였다.



【그림 2.3.5】 불연속면 측정 현황

나. 측정결과

【표 2.3.9】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분	1구간		
	Set 1(현장조사)	Set 2(현황도 보고서 참고)	Set 3(현황도 보고서 참고)
방향성	64/050	74/080	62/270
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6
연장성(m)	10~20	10~20	10~20
틈새(mm)	0.1~1.0mm	0.1~1.0mm	0.1~1.0mm
거칠기	약간거침	약간거침	약간거침
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	MW	MW	MW

【표 2.3.10】 2구간 불연속면조사 결과표

구 분	2구간		
	Set 4(현장조사)	Set 5(현황도 보고서 참고)	Set 6(현황도 보고서 참고)
방향성	74/216	72/072	74/216
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6
연장성(m)	10~20	10~20	10~20
틈새(mm)	0.1~1.0mm	0.1~1.0mm	0.1~1.0mm
거칠기	약간거침	약간거침	약간거침
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm이상
풍화도	MW	MW	MW

2.4 상태평가

2.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 320m의 사면으로서, 외관조사시 실시한 구간분할과 동일하게 2구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다. 사면분류를 위해 특성조사를 실시한 위치는 외관조사결과현황도(Face Map)에 Set1~6으로 표기하였다.

【표 2.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	연장	사면상태	비고
1구간	3.670~3.830km	160m	암반사면	Set1, Set2, Set3
2구간	3.830~3.990km	160m	암반사면	Set4, Set5, Set6

나. 지반특성에 따른 사면분류

대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-절토사면 (2019.09, 한국시설안전공단)”의 기준에 따라 분류한 결과를 다음 [표 2.4.2]에 수록하였다.

토층심도 깊이측정을 위한 자료는 준공도서 및 깎기비탈면 현황도 보고서를 참고하여 작성하였고, 블록크기 측정을 위한 절리간격은 불연속면 조사시 절리군의 평균 간격을 측정하였다.

【표 2.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{3.0}{32.9} = 0.091$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 116.9~145.5MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in\ dex}{Slope\ height} = \frac{0.6}{32.9} = 0.018$ 로 0.01초과	절리암반	
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{3.0}{32.9} = 0.091$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 116.9~145.5MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in\ dex}{Slope\ height} = \frac{0.6}{32.9} = 0.018$ 로 0.01초과	절리암반	

2.4.2 상태평가 결과

가. 1구간 상태평가 조사결과표

【표 2.4.3】 사면 손상상태 조사결과표 (1구간)

시설물명	오창절토05		표번호	[표 2.4.3]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	3.670~3.830km	
1. 파괴징후					
일련번호	징후종류	상 태		상태 점수	비고
		위치	상태 및 규모		
1-1	인장균열	－	없음	0	
1-2	지반변형	－	없음	0	
1-3	구조물변형	－	없음	0	
2. 파괴현황					
일련번호	파괴유형	상 태		상태 점수	비고
		위치	규모		
1-4	－	－	－	0	
조사일시	2020. 10. 14		조사자	장 진 원	

【표 2.4.4】 사면 파괴요인 조사결과표 (1구간)

시설물명	오창절토05		표번호	[표 2.4.4]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	3.670~3.830km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	$050^{\circ} - 338^{\circ} = -288^{\circ}$	0		
1-6		절리경사-사면경사	$64^{\circ} - 45^{\circ} = 19^{\circ}$	0		
1-7		절리상태	보통	3		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	45°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	79.3mm(청주, 07월 13일)	3	3	
		지하수위	—	—		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	좋음	1		
1-11	배수조건		양호	1		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2020. 10. 14		조사자	장 진 원		

나. 2구간 상태평가 조사결과표

【표 2.4.5】 사면 손상상태 조사결과표 (2구간)

시설물명	오창절토05		표번호	[표 2.4.5]	
조사영역번호	2구간		조사영역 위치	3.830~3.990km	
1. 파괴징후					
일련번호	징후종류	상 태		상태 점수	비고
		위치	상태 및 규모		
1-1	인장균열	—	없음	0	
1-2	지반변형	—	없음	0	
1-3	구조물변형	—	없음	0	
2. 파괴현황					
일련번호	파괴유형	상 태		상태 점수	비고
		위치	규모		
1-4	—	—	—	0	
조사일시	2020. 10. 14		조사자	장 진 원	

【표 2.4.6】 사면 파괴요인 조사결과표 (2구간)

시설물명	오창절토05		표번호	[표 2.4.6]		
조사영역 번호	2구간		조사영역 위치	3.830~3.990km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	216° - 338° = -122°	0		
1-6		절리경사-사면경사	74° - 45° = 29°	0		
1-7		절리상태	보통	3		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	45°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	79.3mm(청주, 07월 13일)	3	3	
		지하수위	-	-		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	좋음	1		
1-11	배수조건		양호	1		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2020. 10. 14		조사자	장 진 원		

다. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1, 2구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.12로서 평가결과는 “A”로 산정되었다.

평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 절리상태로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.

【표 2.4.7】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			오창절토05				표번호
근거표번호			[표 2.4.3], [표 2.4.4]				[표 2.4.7]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	9	f2=0.17	b
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	3	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	3	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					9	F=0.12	A
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 9 / 52 = 0.17 ○상태평가등급(F) : 9 / 76 = 0.12					

【표 2.4.8】 상태평가결과 산정표(2구간)

시설물명			오창절토05				표번호
근거표번호			[표 2.4.5], [표 2.4.6]				[표 2.4.8]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	9	f2=0.17	b
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	3	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	3	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					9	F=0.12	A
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 9 / 52 = 0.17 ○ 상태평가등급(F) : 9 / 76 = 0.12					

【표 2.4.9】 상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		2구간		구간별평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급
오창절토05	0.12	A	0.12	A	0.12	A

라. 이전 정밀안전점검과의 비교

본 시설물의 금회 실시하는 점검이 최초 정밀안전점검이며 초기점검은 미 실시 한 것으로 확인되었다.

【표 2.4.10】 이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	결함지수	등급	비 교
초기점검	—	—	
금회	0.12	A	

2.5 종합평가 및 안전등급 지정

2.5.1 종합평가 결과

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 같음하였으며, 그 다음과 같다.

【표 2.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		오창절토05		표 번 호	【표 2.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.12	A	근거표번호	【표 2.4.7】
	2구간	0.12	A		【표 2.4.8】
	－	－	－	－	－
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.12	A	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : A			

2.5.2 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 절토사면의 안전등급은 『문제점이 없는 최상의 상태』인 “A등급”으로 지정하였다.

【표 2.5.2】 안전등급 기준

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	· 문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	· 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태
C (보통)	· 보통의 손상, 결함이 발생하였으나 안전성에 지장이 없으며, 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	· 손상, 결함이 진전되고, 파괴 잠재성이 존재하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	· 심각한 손상, 결함 및 파괴 잠재성에 의하여 시설물의 안전에 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

2.6 보수·보강 및 유지관리방안

2.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 2.6.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
사면부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	22.50	33.75	m	19	641	3
	소단배수로 이격	단면보수	0.63	0.95	m²	185	176	3
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
보강시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	0		0		817		
	재경비 (순공사비의 50%)	0		0		409		
	합계	0		0		1,226		
개략공사비 총계(천원)		1,226						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

2.6.2 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 사면의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 2.6.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사 면 부	• 소일네일 설치부 → 현재 양호한 상태이나, 설치주변부 유실이 발생시 정착력 저하등의 손상이 발생할 수 있으므로 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 필요	
배수 시설	• 배수로 균열 구간 → 균열부에 대한 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
보호 시설	• 점검계단 식생 → 현재 양호한 상태이나, 원활한 점검 및 유지관리를 위해 식생에 대한 주기적인 정비 필요	

2.7 종합결론

2.7.1 정밀점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 식생공 및 네일링이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 보통풍화(M.W.)~심한풍화(H.W.) 정도이다. 상부자연사면 및 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 배수기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다. 소단배수로에서 조사된 이전 손상인 소단배수로 균열 및 이격은 진전이 미미하므로 즉각적인 보수보다는 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 효율적일 것으로 판단된다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 52.9~57.6로 측정되었으며, 추정강도 116.9~145.5MPa로 경암~보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1, 2구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.12로서 평가결과는 “A”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 절리상태로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “A등급 : 문제점이 없는 최상의 상태”으로 지정하였다.

2.7.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

2.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 주기적인 점검을 통해 손상의 발생규모 및 현황관리 실시가 필요하다.
- 점검계단 식생에 대해서는 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다.

2.7.4 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.