

2. 절토사면

(STA.29+700 ~30+200(우))

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. 절토사면(STA.29+700~30+200(우))

2.1 시설물의 개요

절토사면(STA.29+700~30+200(우))은 경기도 파주시 월롱면 능산리(고속국도 17호선 27.400~27.900km, 본선 우측)에 위치하며, 총 연장 500.0m, 높이 30.9m로 2020년 11월 준공된 2중 절토사면이다.

2.1.1 일반사항

【표 2.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2020-0000040		관리번호	-	
시설물명	절토사면(STA.29+700~30+200(우))		시설물구분	절토사면	
위 치	행정구역	경기도 파주시 월롱면 능산리 326-29			
	위치좌표	시점 : 37° 46' 32.0" 126° 46' 45.0"			
		종점 : 37° 49' 43.0" 126° 46' 31.0"			
	관리이정	본선구간 27.400~27.900km(우)			
제 원	연 장	500.0m	높 이	30.9m	
	경사/방향	55/231	노 선	고속국도 17호선	
관리주체	서울문산고속도로(주)		관리주체구분	민간	
주변환경	인공구조물	-			
	주변지형	준산악지형	상부사면경사	24 °	
시공현황	준공년도	2020.11	시 공 자	(주)대우건설	
	설 계 자	(주)신성엔지니어링	감 리 자	(주)신성엔지니어링	
	부대시설	식생공, 낙석방지울타리, 옹벽-L형			
비 고	-				

[illegible]

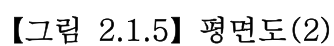
II - 02 - 4

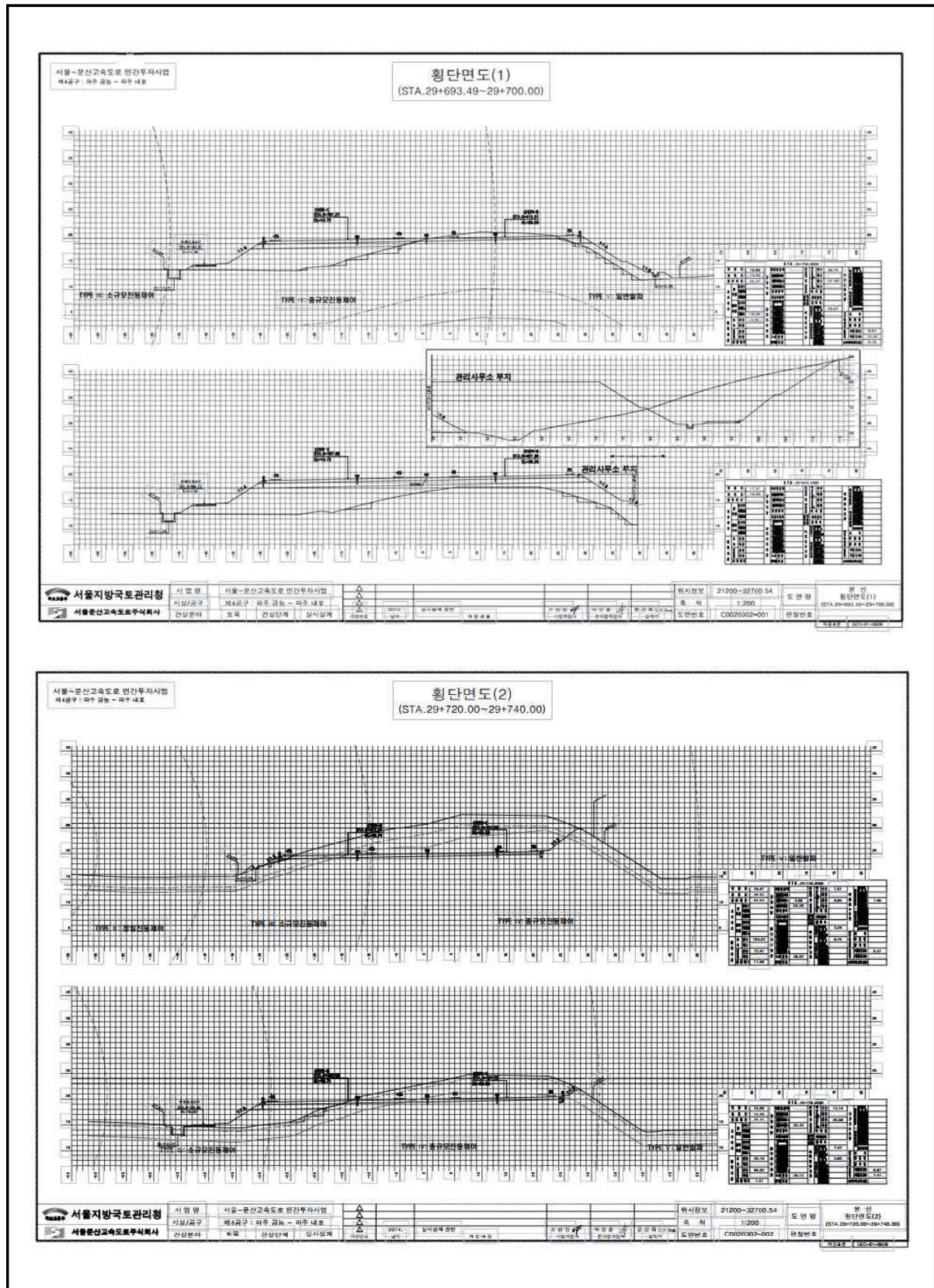
1소단 배수로 전경	하부 전경
산마루측구 전경	상부자연사면 전경
야생동물울타리 전경	낙석방지울타리 전경

【그림 2.1.3】 부재별 현황

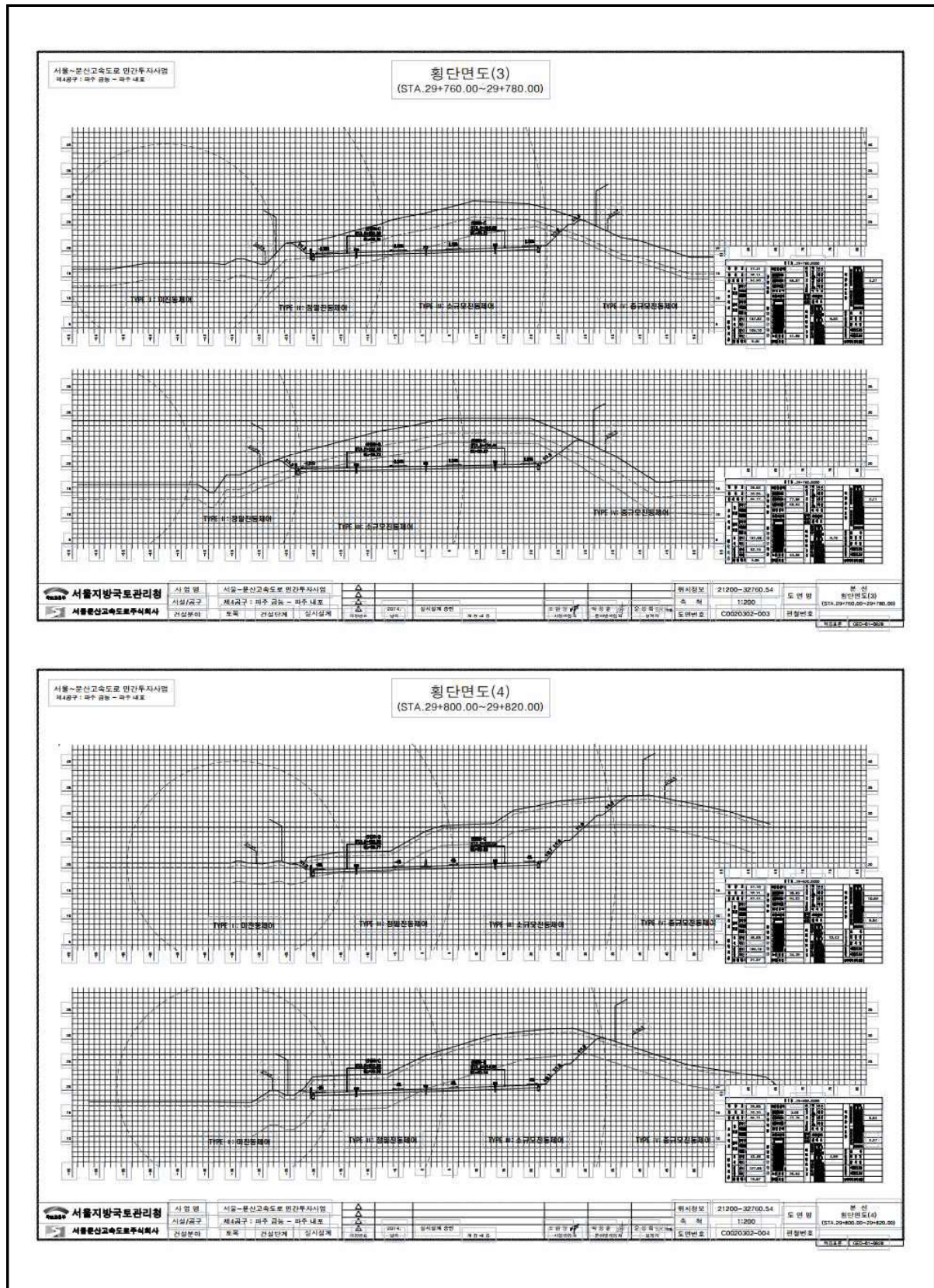
[illegible]

【그림 2.1.4】 평면도(1)

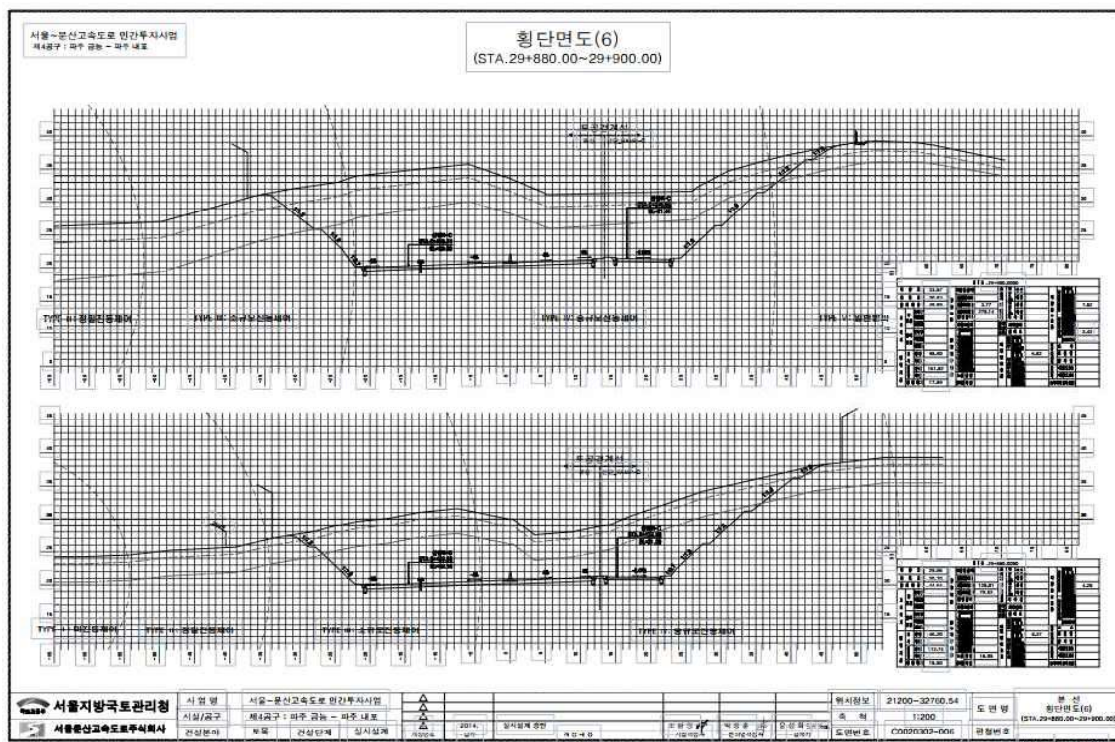




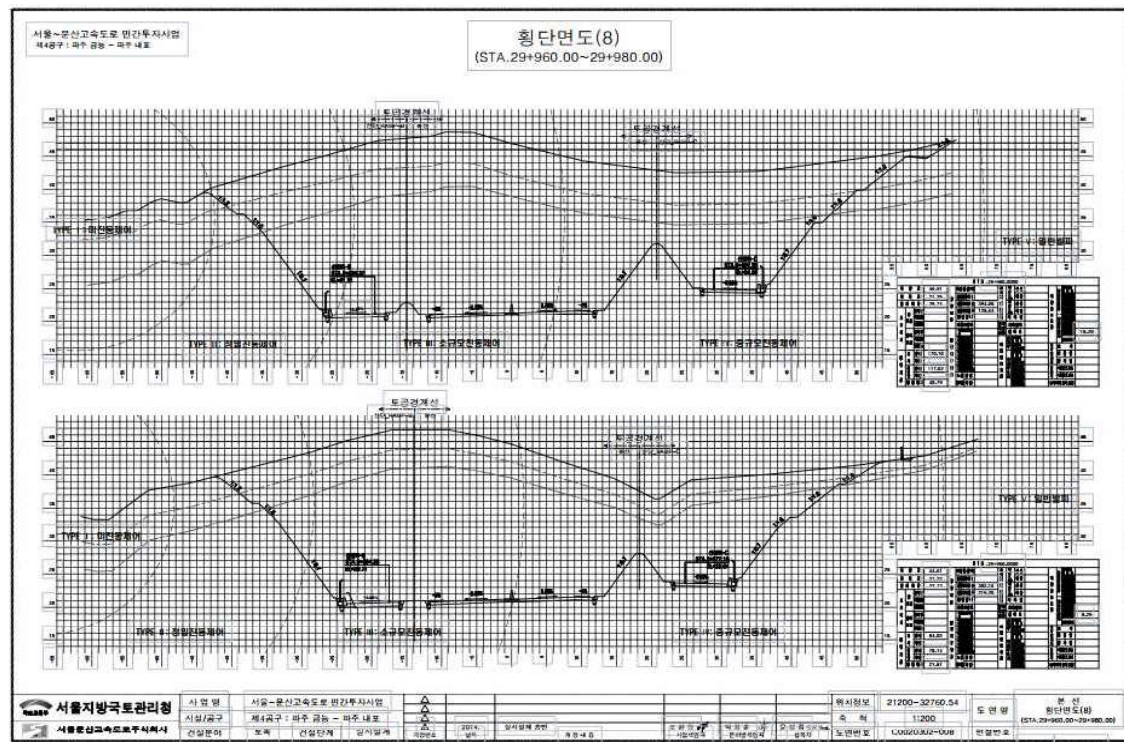
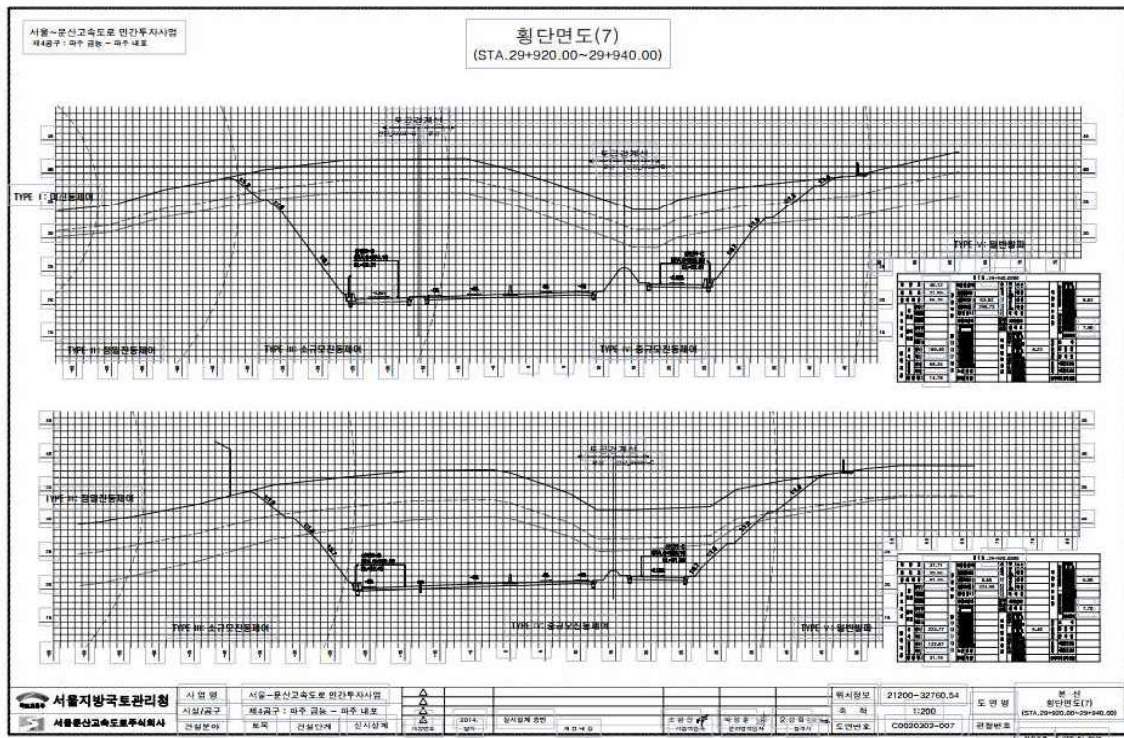
【그림 2.1.5】 횡단면도(1)



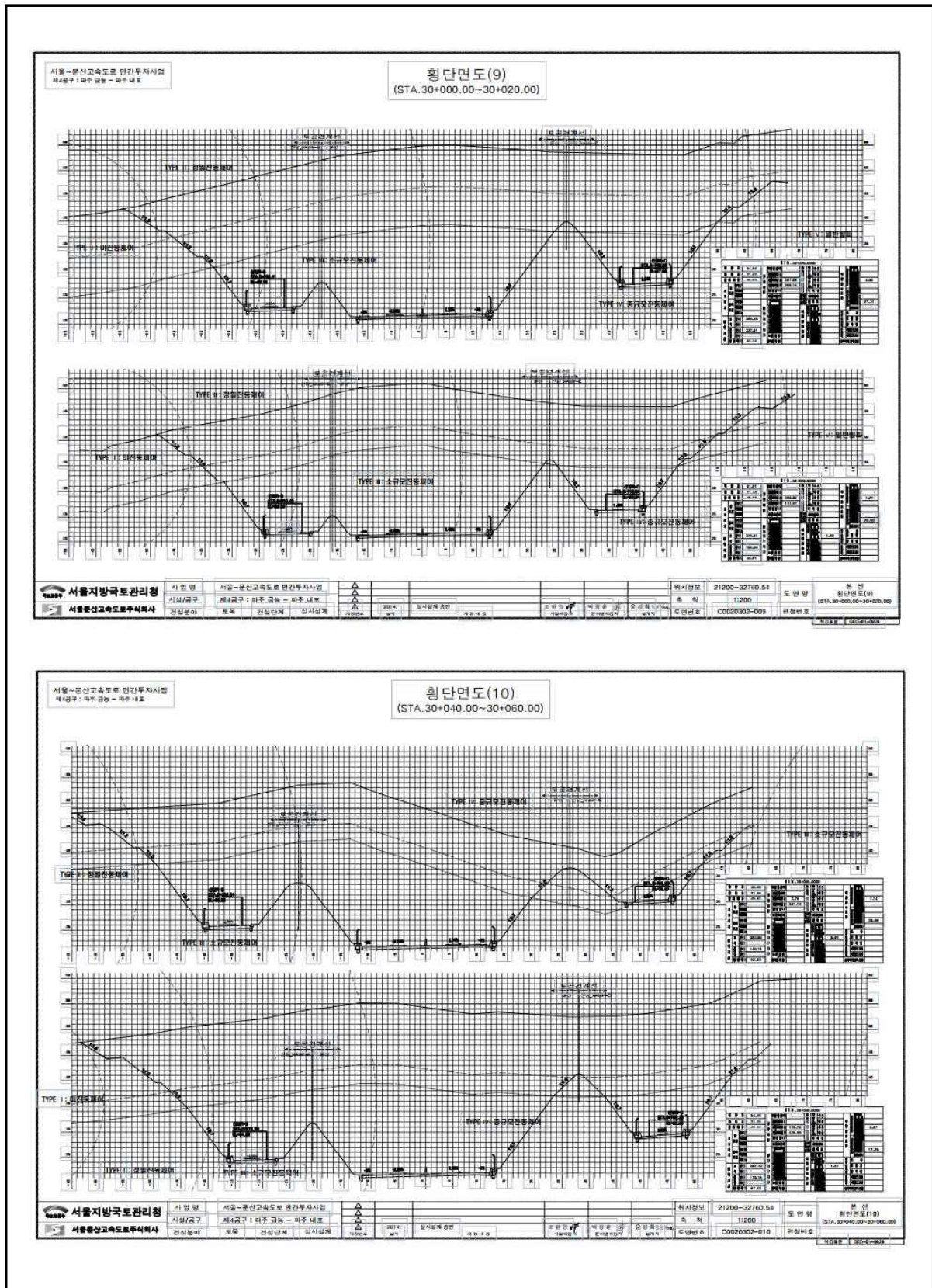
【그림 2.1.6】 횡단면도(2)



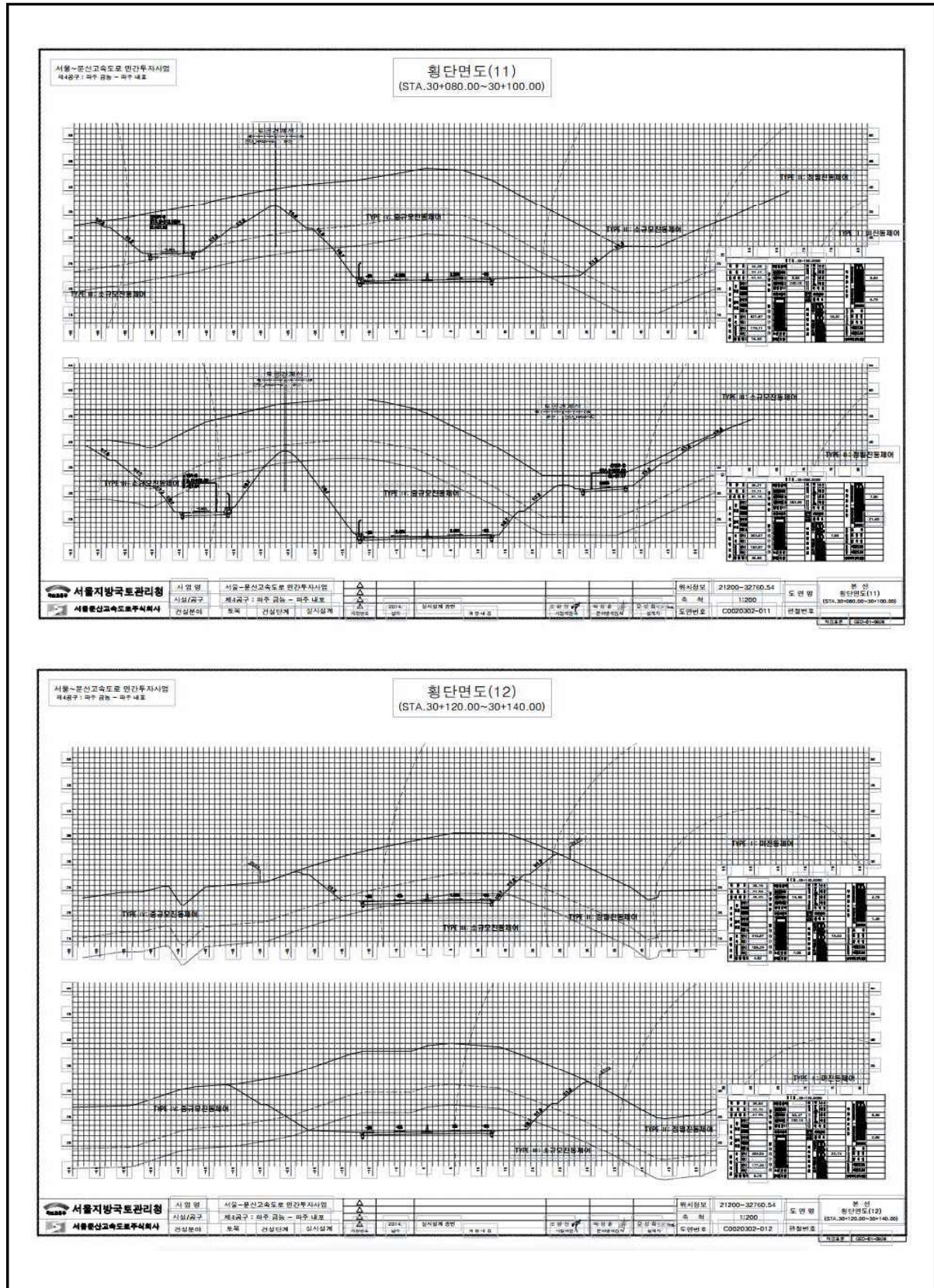
【그림 2.1.7】 횡단면도(3)



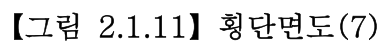
【그림 2.1.8】 횡단면도(4)



【그림 2.1.9】 횡단면도(5)



【그림 2.1.10】 횡단면도(6)



2.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요현황을 파악하기 위해 [서울~문산고속도로 민간투자사업 (제4공구)]의 설계 및 준공도서, 기존점검자료 등을 검토하여 주요현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질특성, 현장조사

2.2 지형 및 지질특성

2.2.1 지형특성



2.2.2 지질특성



2.2.3 지질각본



2.3 현장조사

2.3.1 지질조사

(1) 조사기준

지표지질조사는 도로실계요령에서 제시한 방법으로 수행하였으며 조사기준은 다음과 같다.

(표 1) 지표지질조사

구 분	조 사 항 목	조 사 기 준
비밀면조사	지표지질조사	*노출암을 대상으로 주형, 경사 측정 불연속면 특성 파악

(도로실계요령, 지반조사 및 해수)

(2) 조사내용

작업 접근이 가능한 위치에 대해서 철저 비밀면에 존재하는 노출암(노두)을 대상으로 암반의 불연속면에 대한 지표지질조사를 수행하였다. 주로 절리의 방향(Orientation), 간격(Spacing), 틈새(Joint Aperture), 거칠기(Joint Surface Roughness), 잔존성(Persistence), 풍화상태, 지하수 유출상태 등을 종합적으로 조사하여 평가 분석한 후 각기비밀면 안정성 검토에 이용하였다.

면적 기준사면인 1:50,000 축척의 지형도와 지질도를 통해 지형 및 지질상태를 파악하였다. 현장 조사시에는 절리 및 풍화정도를 조사기준에 따라 차례로 수행하고 지질수의 존재 여부 및 파쇄대(Fracture Zone)를 관찰하였다. 암반 내의 분포하는 불연속면의 주형과 경사를 측정하기 위해서 Clinometer를 사용하였으며, 암각의 크기를 측정하기 위해 줄자를 사용하였다. 암석의 일축압축강도를 파악하기 위해 Geologic Hammer 및 Schmidt Hammer에 의한 강도시험을 실시하였다. 이러한 조사결과를 토대로 지질구조적 분석을 통하여 파괴형태를 추정하고 풍사무위험도를 이용하여 위험암반의 안정성 분석을 수행하였다.

(3) 조사방법

암반조사와 절리조사 및 이와 연계된 비밀면조사 방법은 다음과 같다.

(가) 풍화상태

*물리학적(물리학적(Mechanical) 풍화와 화학적(Chemical) 풍화로 대별되는데, 물리적 풍화는 암석의 화학적 조성이나 광물학적 조성이 변화 없이 작게 파쇄(Degradation)되는 것을 의미한다. 일반적으로 물리적 풍화와 화학적 풍화는 동시에 발생하므로 두 가지 풍화작용의 상호영향을 분리하여 고려하기는 어렵다.

*물리적 풍화의 주요 원인은 산재 하중의 제거에 따른 암석의 건조, 물의 동결, 온도변화, 식물의 작용 등을 들 수 있다. 화학적 풍화는 물과 암석 중의 성분이 작용하여 용해, 산화, 탄산화, 가수분해, 수화, 이온교환 등을 통해 암석이 풍화되는 것을 의미한다.

*암석이 물리적 및 화학적 풍화의 생물의 작용을 받아 작은 입자들로 변하여 대체로 그 자리나 가까운 곳에 위치하여 유출물을 포함한 것을 토층(Soil)이라 한다. 지반의 분지 않은 암석이 고지 고은 부스라기를 모두 토층이라고도 하나, 이 둘 모두(Regolith)라 하여 토양과 구분하고 있다.

*암반의 풍화는 다음과 같은 6단계, 즉 F(Fresh), SW(Slightly Weathered Rock), MM(Moderately Weathered Rock), H(Highly Weathered Rock), CW(Completely Weathered Soil), RS(Residual Soil)로 구분된다.

*일반적으로 CW와 RS는 토층, HW는 암과 토층의 경계질로 풍화암, MW는 연암, SW는 단암, F는 극경암에 해당한다.

*식생물질의 풍화는 하부에서 상부로 올라 갈수록 점진적으로 풍화정도가 심해져 된다. 그러나 곳에 따라서는 지반의 열수-용액에 의한 풍화작용을 받게 되면, 풍화가 하부에서도 상당히 진전되는 경우도 있다. 일반적으로 변성암에서는 단층 및 절리 등의 복잡한 지질구조로 인한 불규칙한 풍화정도를 보인다.

(가) 암석의 구조

*암석의 층상(Bedding Plane), 입리(Foliation), 벽면면(Cleavage)과 같은 어느 일정한 방향성 구조를 보이는데, 이는 암석의 공학적 성질에 영향을 줄 수 있다. 그러므로 구조의 발달상태와 정도를 정량적으로 사출한다.

(나) 암석의 색깔

*암석의 색깔은 암석의 종류, 암중 구부, 풍화정도 구분에 유용하게 사용되는데, 암석색깔은 혼도를 방지하기 위하여 가능한 색도를 사용하여 용어의 선택을 통일한다.

(다) 암사크기

*암사크기는 암석의 공학적 성질에 영향을 주는 중요한 요소이다. 같은 종류의 암사이라도 구성암의 크기에 따라 다르므로 암석의 공학적 성질은 달라진다.

(라) 암석의 강도

*암석의 강도는 가장 기본적으로 사용하는 공학적 성질인데, 정상적인 일축압축강도는 토양을 손으로 누르거나 암석을 칼로 긁거나 망치로 타격하여 추정한다. 정량적인 일축압축강도는 토질에서는 Hand Penetrometer, 암석에서는 Schmidt Hammer 및 Point Load Tester 등으로 판단한다.

(표 2) 강도에 의한 분류(USFM)

용 어	상 태	일축압축강도 (kgf/cm ²)
극히 강함 (extremely strong)	*여러번의 해머타격으로도 잘 깨지지 않음	2,500 이상
매우 강함 (very strong)	*여러번의 해머타격으로 깨어짐	1,000~2,500
강함 (strong)	*1회 이상의 타격으로 깨어짐	500~1,000
보통 강함 (moderately strong)	*해머의 1회 타격으로 깨어지는 정도	250~500
약함 (weak)	*홍운모 칼로 긁히지 않음	
	*해머의 끝으로 타격해 자국이 남는 정도	50~250
매우 약함 (very weak)	*홍운모 칼로 긁히지 않음	
	*해머의 끝으로 타격해 부서지는 정도	10~50
극히 약함 (extremely weak)	*암자손톱으로 자국이 나는 정도	2.5~10

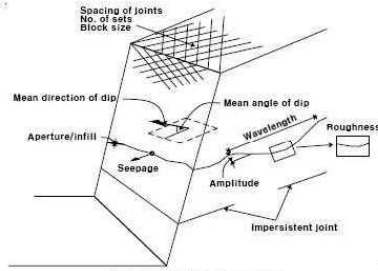
(라) 암석의 종류

*암석의 이름은 상인, 광물조성, 구조 등을 나타내며, 암석종류마다 각기 공학적인 특성은 다르므로 암석의 종류를 언급하는 것은 중요하다. 그러나 자세한 지질학적 용어를 사용하지는 않는 공학적인 견지에서 토목/건설자리에 손쉽게 암석의 종류를 구분하는 것이 바람직하다.

(라) 절리면의 공학적인 특성조사

*절리 및 방법

과업구간 내 존재하는 단열계면형성, 절리면, 연성선, 거칠기, 강도, 틈새, 충전물질, 지하수 유출상태, 절리의 방향, 암각의 크기 등의 특성을 파악하였다. 비밀면에 영향을 미치는 지질구조(단층, 습곡, 연대, 지하수분포 등)를 조사한 후, 비밀면에 관련한 취약부를 확인해 단층파쇄대 정밀조사를 수행하였으며, 선구조분석 등의 기존 조사결과와 비밀면연구의 Face mapping을 비교 분석하여 종합적인 지질특성을 분석하여 비밀면의 안정성 검토에 반영하였다.



(그림 8.) 불연속면의 공학적 조사방법

•절리 방향성(Orientation)

- 불연속면의 기울어진 형태는 주향과 경사로 표시한다. 주향은 불연속면과 수평면의 교선 방향을 의미하며, 북쪽을 기준으로 나타낸다. 경사는 불연속면이 주향선과 직각을 이루며, 수평면과 이루는 각이 최대인 각을 나타낸다. 이 경사가 가리키는 방향을 경사방향이라 한다. 본 보고서에서는 주향/경사가 아닌 경사방향(3자리 숫자)/경사(2자리 숫자)의 형태로 표기하였다(예 035/70, 290/20).
- 주향과 경사를 측정하기 위해서 Clino-Compass를 사용하였으며, 지복에 대해 6°를 보정하여 진폭의 값을 구해 적을시켰다. 불연속면의 표현법은 다음과 같다.

(표 3.) 절리 표시방법

구 분	기 호 및 설 명
주향 / 경사 기 호	↗ : 45°경사와 선형의 주향을 가진 불연속면 ↘ : 선형의 주향을 가진 수직 불연속면
불연속면 종 류	↖ : 절리(Joint), ↗ : 층리(Bedding), ↘ : 열리(Foliation), ↙ : 단층(Fault) — : 연속적인 불연속면(확인 단층) - - - : 연속성이 보이지 않는 불연속면(추정 단층)

•절리 간격(Spacing)

- 일정한 불연속면 간의 직선거리를 나타낸다. 일반적으로 같은 군에 속하는 불연속면의 평균거리를 표시한다. 국지 간격이 좁은 불연속면군들을 가진 암반은 낮은 침투력을 가지며, 특별한 경우에는 암반의 파괴형태가 평면파괴에서 원형 파괴나 토석류(flow)의 형태로 전환되기도 한다. 불연속면 방향에서와 마찬가지로 미끄럼이 일어날 수 있는 충분한 수의 불연속면이나 불연속면군, 낮은 전단강도와 같이 변형에 대해 다른 조건들이 나타날 때에는 불연속면 간격의 중요성이 증가된다. ISRM에 의해 정의된 불연속면 간격의 등급은 다음과 같다.

•불연속면의 개구(Aperture)

- 하나의 불연속면에서 서로 인접한 암석에 분리되어 있는 수직거리를 나타내며, 그 간격의 공간은 물이나 공기 정도 등으로 채워져 있다. 따라서 간격은 충전된 불연속면의 폭과는 구별된다. 큰 간격을 인식할 수 있는 암석이나 거칠기를 갖는 불연속면의 전단변형, 충전물(점토)의 쏠림, 동해 그리고 인장열극 등에 의해 생긴 것이다. 개극의 침식이나 빙하의 후퇴 등의 결과로 인장에 의해 개방된 수직이나 급경사의 불연속면들은 매우 큰 간격을 가질 수 있다. 간격의 변화는 불연속면의 전단응력에 영향을 주어, 더 중요한 것은 암반과 불연속면의 투수성과 물의 전도도에 영향을 주는 것이다. 본 과업에서는 불연속면군에 대한 최소~최대 틈새를 기록하였으며, 불연속면의 방향과 위치도 함께 기록하였다. 간격의 표현방법은 다음과 같다.

(표 7.) 불연속면 간격의 표현방법

간 격	표 현	간 격	표 현
< 0.1mm	Very Tight	1~10cm	Very Wide
0.1~0.25mm	Tight		
0.25~0.5mm	Partly Open	10~100cm	Extremely Wide
0.5~2.5mm	Open	> 1m	Cavernous
2.5~10mm	Moderately Wide		
> 10mm	Wide		

•절리강도 (Wall Strength)

- 불연속면의 벽면을 구성하는 암석의 압축강도는 특히 벽면이 충전되지 않아 직접 암석과의 접촉에 있는 경우 전단강도와 변형도에 매우 중요한 요소이다. 암체는 표면 가까이에서 자주 동화되어지고 또는 열수과정에서 변형되기도 한다. 동화되는 변형은 일반적으로 암체의 내부보다는 불연속면의 벽면에 영향을 준다. 전단강도와 변형도에 영향을 주는 상대적으로 낮은 압축벽면은 간단한 Index시험을 통해 이루어진다. 대표적인 암석압축강도는 Schmidt Hammer시험이나 쿼츠 그리고 Geologic Hammer시험 등으로 추정할 수 있다.
- Schmidt Hammer는 미리 압축된 스프링의 힘을 해방시켜 Hammer가 암반의 표면에 부딪힐 때 반발력을 측정함으로써 암석의 강도를 측정하는 장비이다. 본 과업에서는 Schmidt Hammer의 평균 반발치를 이용해 절리면의 압축강도(JCS:Joint wall Compressive Strength)를 추정하였다.

(표 8.) Manual Index 시험

등 급	설 명	특 징	암석압축강도 (kgf/cm ²)
R0	Extremely Weak	손톱에 의해 파짐	2.5 ~ 10
R1	Very Weak	행머 타격에 의해 부서짐	10 ~ 50
R2	Weak	행머 타격에 의해 움푹 파짐	50 ~ 250
R3	Medium Strong	행머 1회 타격으로 깨짐	250 ~ 500
R4	Strong	행머 1회 이상의 타격에 의해 깨짐	500 ~ 1,000
R5	Very Strong	행머의 다수타격에 의해 깨짐	1,000 ~ 2,500
R6	Extremely Strong	행머타격에 의해 약간 깨짐	> 2,500

(표 4.) 불연속면 간격의 등급 (ISRM,1981)

절리간격의 설명		간 격 (mm)	절리간격의 설명		간 격 (mm)
극도로 좁음	Extremely Close	< 20	넓 음	Wide	600~2,000
매우 좁음	Very Close	20~60	매우 넓은	Very Wide	2,000~6,000
좁 음	Close	60~200			
보 통	Moderate	200~600	극도로 넓은	Extremely Wide	> 6,000

•절리 연장성(Persistence)

- 한 평면내에서의 불연속면 크기나 면적의 정도를 의미한다. 이것은 노두에서 나타나는 불연속면의 길이로 표시된다. 이 요소는 대략적으로 노출된 표면에서 불연속면의 길이를 관찰함으로써 정량화될 수 있다. 이는 암반의 공학적 성질을 결정하는 가장 중요한 요소 중 하나이지만, 현장에서 노두의 크기에 제한을 받기 때문에 가장 결정하기 힘든 요소중의 하나이다. ISRM(1981)에 의해 제안된 연속성은 노두에서 측정된 가장 대표적인 길이를 사용하며, 그 등급은 다음과 같다.

(표 5.) 불연속면 연속성의 등급 (ISRM,1981)

절리 연속성의 설명		간 격	절리 연속성의 설명		간 격	
매우 낮음	Very Low	< 1m	높 음	High	10 ~ 20m	
낮 음	Low	1 ~ 3m				
보 통	Medium	3 ~ 10m		매우 높음	Very High	> 20m

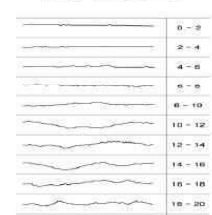
•절리 거칠기 (Roughness)

- 불연속면의 거칠기는 평균 평면에 대한 불연속면에 나타나는 작은 규모의 요철(unevenness)이나 큰 규모의 만곡(waviness)으로 정의된다. 실제로 있어서 만곡은 전단변형의 초기발생에 영향을 주는 반면 요철은 일반적으로 중간 규모의 한장 직접전단강도시험이나 실험실 시험에서 구해질 전단강도에 영향을 준다. 본 과업에서는 Profile Gauge를 이용하여 암반의 상태를 본드 후 종이에 본드 형태를 기록하였으며, 본드 그림과 거칠기 표준등급을 Digitizing한 후 각각의 거칠기를 표준등급과 비교하여 등급을 나누었다. ISRM(1981)에 의한 재인등급과 거칠기 정도를 표현한 거칠기 종단 면도는 다음과 같다.

(표 6.) 불연속면의 거칠기 등급

구 분	설 명	상 태
I	Stepped	Rough 거칠, 계단면
II		Smooth 부드러운, 계단면
III		Sickensided 경면, 계단면
IV		Rough 거칠, 파상면
V	Undulating	Smooth 부드러운, 파상면
VI		Sickensided 경면, 파상면
VII		Rough 거칠, 평면
VIII	Planar	Smooth 부드러운, 평면
IX		Sickensided 경면, 평면

(그림 9.) 거칠기 종단면과 JRC



•충진물(Seepage)

- 한 불연속면에 서로 인접한 암석의 벽면 사이를 충전하고 있는 물질을 말하며, 모암 보다는 일반적으로 강도가 약한 경우가 많다. 일반적으로 충진물침은 모래, 점토, 녹니식, 실트 등이며 충적토, 입상토, 단층단층암 등이나 벽면을 덮게 파쇄하는 광물 등도 포함된다.
- 단단한 광맥방해석, 석영, 황철광 등으로 충전된 경우를 제외하고는 일반적으로 깨끗한 면의 불연속면보다는 전단강도가 낮다. 그리고 충전된 불연속면의 거동은 간극에 대해 달라지며 충전된 불연속면의 폭으로 표시된다.
- 형태 : 폭(Widht), 벽면거칠기(Wall Roughness), 현상소계치
- 충전물 종류 : 광물조질, 입자크기, 용착등급
- 충전물의 공학적 성질은 종류에 따라 다양한 성질을 나타냄

•용수(Seepage)

- 대체적으로 암반이나 불연속면에서의 물의 흐름이나 가시적인 습기를 의미한다. 암반을 통한 투수는 불연속면을 통하여 이루어지지만(2차 투수율), 어떤 퇴적암의 경우는 암석 구성물질의 1차 투수율이 공극을 통해 일어나는 전체 투수에 상당히 중요한 역할을 한다. 투수율은 그 지역의 지하수와 그리고 관련된 방향성의 투수율에 대해 비교한다. 지하수위, 투수의 흐름, 수압 등은 암반의 유효응력을 감소시켜 암반의 안정성을 감소시킬 수 있다.

(표 9.) 용수 표현방법

등 급	벽면에서 용수에 의한 표현
I	• 건조한 벽면과 천한, 용수는 관찰되지 않음
II	• 약간의 용수, 불연속면에서 물이 떨어짐
III	• 중간 정도의 용수, 불연속면에서 계속적인 용수
IV	• 높은 용수, 불연속면에서 강한 용수
V	• 매우 높은 용수

•절리군의 수(Number of Sets)

- 암반에 교차되어 나타나는 불연속면군의 수는 암반의 외관이나 역학적 거동에 상당한 영향을 준다. 매우 조밀한 간격을 갖는 많은 수의 불연속면군이 나타나는 비탈면의 파괴형태는 평면파괴나 전도형 파괴에서 회전파괴나 원형파괴로 변화될 수 있다.

(표 10.) 절리군의 표현방법

구 분	설 명	구 분	설 명
I	• 과상(Massive), 가끔 불규칙한 절리	VI	• 3개의 절리군
II	• 1개의 절리군	VII	• 3개의 절리군에 불규칙한 절리
III	• 1개의 절리군에 불규칙한 절리	VIII	• 3개 이상의 절리군
IV	• 2개의 절리군	IX	• 파쇄암, 토사상태
V	• 2개의 절리군에 불규칙한 절리		

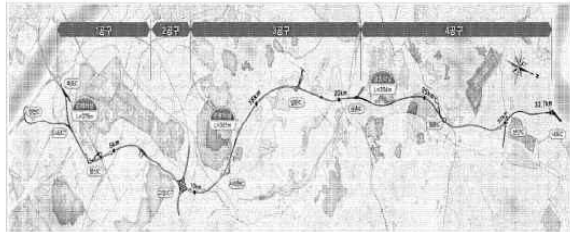
나. 지반조사보고서

1.1 조사목적

사 업 명	• 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시계획
사 업 적	• 사업구간에 대한 지질조사와 시공에 필요한 지반공학 정보 제공 • 타당성 및 지반조사에 대한 안전을 위한 일반등급 선정 • 교량 기초설계와 비탈면 안정해석을 위한 지반자료 제공 • 조사된 자료를 종합·분석하여 경제적이고 효율적인 설계 및 시공을 위한 자료 제공
조사계획 수립	• 기존자료 분석 및 현장 사전조사 • 광역적인 지반 및 지질구조 특성 분석 • 중점고려사항 선정으로 조사방향 설정
예비 및 상세조사	• 구인법, 구조물법 조사 항목 및 수량 선정 • 단계별 조사를 통한 최적의 조사결과 도출 • 지반특성지 선정에 대한 시험 및 평가 수행
최적의 조사 및 분석결과 제공	• 합리적인 설계를 위한 최적의 지반정보 제공 • 지반특성지 고려한 최적공법 선정 및 설계 • 최적설계 및 각종 안전성 검토자료 제공
지질이상대 및 지층 급변구간 정보 제공	
연약(반) 및 기초지반 분포 특성 파악	
지반특성에 따른 공학적 특성 분석	
조사성과 종합분석	실제 반영

1.2 조사위치

사업위치	• 경기도 고양시 덕양구 광매동(덕양구 덕은동) ~ 경기도 파주시 문산읍 내포리		
구 분	구 간(STA.)	연 장	비 고
1공구	0+000~7+280	• 본선 7.3km, 지선 2.0km	• 지선, 현천IC, 북로JCT, 도내JCT
2공구	7+280~9+980	• 본선 2.7km	• 고양JCT
3공구	9+980~21+220	• 본선 11.2km	• 사리현IC, 설문IC, 금촌IC
4공구	21+220~32+760.54	• 본선 11.6km	• 월릉IC, 신단IC, 내포IC
총 연장	-	34.76km	-



1.3 조사기간

구 분	1차	2차	3차	4차
예 비 조 사	2012. 03 ~ 04	2012. 08 ~ 09	-	-
물리탐사	2012. 05	2012. 10 ~ 11	-	-
현 장 조 사 및 시 험	시추조사 2012. 03 ~ 06 현장시험 2012. 03 ~ 07 실내시험 2012. 06 ~ 07	2012. 10 ~ 12 2012. 10 ~ 12 2012. 11 ~ 12	2013. 02 ~ 05 2013. 02 ~ 04 2013. 04 ~ 05	2014. 06 ~ 08 - -
성과분석 및 보고서 작성	2012. 07 ~ 2014. 09			

1.4 조사장비

조 사 항 목	조 사 장 비	물리탐사
지표지질 조사	• Clinocompass, Profile gauge, Schmidt hammer • Landsat-5 TM & DEM • 항공사진	탄성파탐사
물리탐사	전기비저항탐사 • SAS4000(ADEM, 스웨덴)	현장시험
탄성파탐사	• TERRALOCMK6(ADEM, 스웨덴)	공내재하시험
시추조사	• 유압식 시추기 및 부속장비 1식	공내재하시험
SPT표본시험	• Foundation Pile Diagnostic System-5	공내재하시험
현장투수시험	• 출자, Stop Watch	공내재하시험
수입시험	• Single Packer, 유압계, Stop Watch, 부속장비	공내재하시험
공내재하시험	• Goodman Jack/Elastometer-2/LLT	공내재하시험
공내전단시험	• BST(Handy Geotechnical Ins, Co, 미국)	공내재하시험
공내영상촬영	• Geologger-3 OBI System(OYO, 일본)	공내재하시험
하형식반성파탐사	• TERRALOCMK6(ADEM, 스웨덴)	실내시험
S-PS검출	• Suspension PS Logger 3660A(OYO, 일본)	실내시험
밀도검출	• Micro Logger (Robertson, 영국)	실내시험
토질시험	• 시험기 1식	실내시험
암석시험	• 시험기 1식	실내시험

1.1 토질의 분류 및 기재방법

• 흙의 공학적 특성을 파악하여 토질설계의 기초 자료로 활용

○ 개요

종류분류	• 흙의 공학적 분류는 1차 분류 수행 후, 최종적으로 통일분류법(USCS)을 기준으로 분류
기재방법	• 시추추진도의 지층구분은 통일된 기호를 사용하고 나열은 사질토의 상대밀도 및 점성토의 연경도를 추정하는데 사용
기술내용	• 지층상태는 매립층, 전립층, 분적층, 충적층, 풍화토, 풍화암으로 지층 구분 • 함수상태는 건조(Dry), 습윤(Wet), 포화상태(Saturated)로 구분 • 색조는 색, 갈, 흙, 적, 황색 등에 대한 연한과 양(진한)의 정도를 사용

1.1.1 토질의 분류방법

○ 육안관찰에 의한 분류방법(구조물기초 설계기준, 2008)

구 분	토질학적 육안관찰과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓을	수습상태에서 손가락으로 찰때
모 래 (Sand)	• 개개입자의 크기가 판별될 수 있는 입상을 보임 • 건조 상태에서 흘러내림	• 덩어리로 되지 않고 흐트러짐	• 덩어리나 가법계 건조되면 흐트러짐
실트성인 모래 (Silty Sand)	• 입상이나 실트, 점토가 섞여서 약간 점성 있음 • 모래질의 특성 유사함	• 덩어리나 가법계 건조되면 흐트러짐	• 덩어리나 가법계 건조되면 부서지지 않음
모래성인 실트 (Sandy Silt)	• 적당량 실트와 소량의 점토를 함유하고 실트 입자 50% 이상 • 건조되면 덩어리가 쉽게 부서져서 가루가 됨	• 덩어리나 가법계 건조되면 부서지지 않음	• 덩어리나 가법계 건조되면 부서지지 않음
실 트 (Silt)	• 세립사와 점토 함량이 극소량이고 실트 함량이 80% 이상 • 건조되면 덩어리나 쉽게 부서져서 가루로 갈라짐	• 덩어리나 가법계 건조되면 부서지지 않음	• 덩어리나 가법계 건조되면 부서지지 않음
점 토 (Clay)	• 건조되면 아주 딱딱한 덩어리의 상태로 됨 • 건조 상태에서 잘 부서지지 않음	• 덩어리나 가법계 건조되면 부서지지 않음	• 덩어리나 가법계 건조되면 부서지지 않음

○ 통일분류법

주 요 구 분	기 호	대표적인 흙	분 류 기 준
자갈	GW, GP, GM, GC	• 입도분포가 좋은 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음 • 입도분포가 나쁜 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음	• $Cu > 4$ ($Cu=D_{60}/D_{10}$) • $1 < Cg < 3$ ($Cg=D_{30}/(D_{10} \times D_{60})$) • GW의 조건이 만족되지 않을 때 • Aterberg 한계기 A선 밑 또는 • 소성지수가 40이하 • Aterberg 한계기 A선 위에 존재 할 때는 2중 문자로 표시
포립토 (Coarse-Grained Soil)	SW, SP, SM, SC	• 입도분포가 좋은 모래 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음 • 입도분포가 불량한 모래 또는 자갈과 모래의 혼합토	• 200번체 통과율이 5%이하인 경우 • GW, GP, SW, SP • Aterberg 한계기 A선 위 또는 • 소성지수가 70이상 • SW의 조건이 만족되지 않을 때 • Aterberg 한계기 A선 밑에 있거나 • 소성지수가 4 이하 • Aterberg 한계기 A선 위에 존재 할 때는 2중 문자로 표시
미립토 (Fine-Grained Soil)	ML, CL, OL, MH, CH, OH, PI	• 무기질의 실트, 매우 가는 모래, 알갱이 작은 실트와 실트나 점토질의 세립사 • 유기질 실트, 자갈질 실트, 모래질 실트, 실트질 점토 • 실트가 작은 유기질 실트 및 점토 • 무기질 실트, 운모질 또는 구조적 세사 또는 실트질 흙, 탄성이 큰 실트 • 실트가 큰 무기질 실트, 탄성이 큰 실트 • 탄성이 중간일 이상인 유기질 점토 • 이탄 및 그 밖의 유기질을 많이 함유한 흙	• 소성도(Plasticity Chart)는 세립토에 함유된 세립분이 세립토를 분류하기 위해 사용 • 소성도의 뒷편은 2중 표기 • 세립토의 분류를 위한 소성도 • Aterberg 한계기 A선 밑에 있거나 • 소성지수가 7 이상 • Aterberg 한계기 A선 위에 존재 할 때는 2중 문자로 표시

1.2 암반의 분류 및 기재방법

- 일반적으로 연암, 보통암, 강암으로 구분
- 암석의 풍화상태, 불연속면 절리나 파쇄대의 간격, 강도 및 암질 표기 (국제암반역학회, ISRM의 분류방법에 의거 분류)
- 조사과정에서 회수된 시추코어를 암석시험 및 육안으로 관찰하여 American Institute of Professional Geologist에서 제시된 "공학적 목적을 위한 암석시험의 채취방법 및 시추주상도 작성방법"에 의거 시추주상도 작성
- 색, 불연속면(Discontinuity)의 간격과 상태, 풍화상태, 강도, 암석명 등
- 색은 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 청색 및 녹색)에 담(연필), 양(인한)의 명암 및 혼색의 사용용어를 사용
- 강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류

1.2.1 암반의 분류방법

구분	토사 (도저)	토 공 작 업	발 파 암
표준관입시험 (N값)	50/10 미만	50/10 이상	—
불연속면의 발달 정도	8X 크기	TCR=5% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=5~10% 이상이고 RQD=0~5% 이상
	1X 크기	TCR=20% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=20% 이상이고 RQD=10% 이상
암속도	A그룹 암속	700m/sec 미만	700~1,200m/sec 미만
	B그룹 암속	1,000m/sec 미만	1,000~1,800m/sec 미만
			1,800m/sec 이상

○ 토공작업 리퍼빌리티에 따른 암반의 분류(도로설계편람, 2012)

구분	토 사 (도저)	토 공 작 업	발 파 암
표준관입시험 (N값)	50/10 미만	50/10 이상	—
불연속면의 발달 정도	8X 크기	TCR=5% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=5~10% 이상이고 RQD=0~5% 이상
	1X 크기	TCR=20% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=20% 이상이고 RQD=10% 이상
암속도	A그룹 암속	700m/sec 미만	700~1,200m/sec 미만
	B그룹 암속	1,000m/sec 미만	1,000~1,800m/sec 미만
			1,800m/sec 이상

주: A그룹 암속: 편마암, 사질편암, 석회암, 사암, 응회암, 역암, 화강암, 안산암 B그룹 암속: 흑색편암, 녹색편암

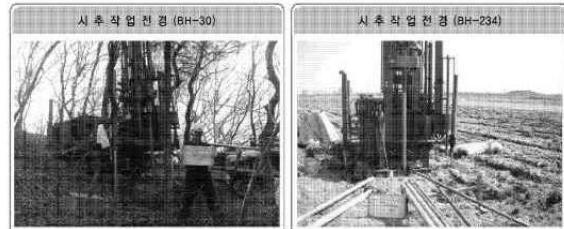
2.3 현장조사

2.3.1 시추조사

구분	토 사 (도저)	토 공 작 업	발 파 암
표준관입시험 (N값)	50/10 미만	50/10 이상	—
불연속면의 발달 정도	8X 크기	TCR=5% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=5~10% 이상이고 RQD=0~5% 이상
	1X 크기	TCR=20% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=20% 이상이고 RQD=10% 이상
암속도	A그룹 암속	700m/sec 미만	700~1,200m/sec 미만
	B그룹 암속	1,000m/sec 미만	1,000~1,800m/sec 미만
			1,800m/sec 이상

○ 방법

- 시추작업과 병행하여 지층의 상태변화와 구성성분을 파악하기 위하여 표준관입시험 병행 실시
- 코어화수율을 높여 정확한 암질상태를 파악하기 위하여 D-3 Core Barrel 및 Diamond Bit 사용
- 채취된 암석 Core는 육안관찰에 의하여 암석 내에 분포된 절리와 절리면의 증진 등을 파악하고, 절리의 분포상태, TCR, RQD 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 조사하여 시추주상도에 기재
- 지하수위의 측정은 지하수계(Ground Water Body) 상면의 위치 또는 시추공에 나타나는 정수면의 위치를 지표면과 일정한 기준면으로부터의 수직거리로 구함(시추종료 24시간 경과 후)



○ 적용현황

- 터널구간은 설계에 필요한 지반상태 파악을 위해 계획하고 0.50까지 시추
- 교량구간은 기초의 침하에 영향을 주지 않는 심도인 풍화암 7.0m, 연암 3.0m, 연암 1.0m 이상 시추
- 깎기구간은 계획하고 2.0m 까지 시추
- 쌓기구간은 침하에 영향을 주지 않는 30/30이상 3회 또는 풍화암 3.0m 시추

구분	토 사 (도저)	토 공 작 업	발 파 암
표준관입시험 (N값)	50/10 미만	50/10 이상	—
불연속면의 발달 정도	8X 크기	TCR=5% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=5~10% 이상이고 RQD=0~5% 이상
	1X 크기	TCR=20% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=20% 이상이고 RQD=10% 이상
암속도	A그룹 암속	700m/sec 미만	700~1,200m/sec 미만
	B그룹 암속	1,000m/sec 미만	1,000~1,800m/sec 미만
			1,800m/sec 이상

- 지층상태 및 지층, 암반, 암반, 현장시험 및 채취된 시료를 이용하여 설계도 및 암석시험 실시
- 주상도 작성으로 암반분류 및 지반상태 설계에 활용
- 단면도 작성으로 비탈면 설계에 활용

1.3 암반의 공학적분류

- 암반분류는 터널이나 비탈면 설계시 지반에 대한 평가를 수행함과 동시에 굴착과 보강 설계에 대한 기준을 제시하는데 이용
- 설계와 수치해석의 입력 물성값 결정을 위한 정량적인 자료와 Guideline 제공

1.3.1 국내의 암반분류 방법

- 각 기관별로 설계에 이용된 암반분류 기준들이 아직까지 일관성과 통일성이 없는 기준들이 제시되고 있으며, 시공시의 맥락을 관찰하여 결정한 암반등급과 보강재판과의 관계를 통계분석으로 도출된 RMR과 Q-System을 이용하여 암반분류 수행

○ 국내의 암반분류 기준

구분	분류목적	분류요소	주요내용	비고
도로설계편람	토 공	• 탄성파속도 (자연암석) • 내압강도 • 암석종류	• 암석의 켤기 난이도를 기준으로 분류 • 암속입력강도에 의한 암반 분류 • 특성치 범위 규정	국토교통부 (2012)
용역협회기준	시추 암석분류	• 탄성파속도 • 암속입력강도	• 시추주상도상의 암석종류 기재시 탄성파속도 및 암속입력강도에 의한 분류	한국엔지니어링 진흥협회 (2004)
서울시	토목공사	• TCR, RQD • 암속입력강도 • 절리면 간격	• TCR, RQD에 의한 암반분류 • 암속입력강도 및 절리면 간격 등을 고려한 분류내용 기재	서울시 지반조사편람 (2006)
서울지하철	터널	• TCR, RQD • 암속입력강도 • 절리면 간격 • RMR과 연계	• 서울지하철 분류기준에 의하여 TCR, RQD에 의한 암반분류 • 암속입력강도 및 절리면 간격 등을 고려한 분류내용 기재	서울지하철 9호선 설계기준(안) (1997)
고속철도	터널	• 암속입력강도 • 탄성파속도 • 변형계수 • 지반강도비 • TCR, RQD • 현장 육안관찰	• RQD 및 암속입력강도 등 개별요소에 의해 암반등급 결정 가능성 제시 • 변형계수 및 지반강도의 범위 제시	고속철도 전문시방서 지반분류 (2006)
한국도로공사	터널	• RQD, TCR • RMR • Q-System • 탄성파속도 • 암속입력강도	• 기존 암반분류 기준으로 적용, RQD 및 암속입력강도 등 개별요소에 의해 암반등급결정 범위 제시	한국도로공사 암반분류기준 (2005)

2.3.2 시험굴조사 및 현장일도시험

○ 시험굴조사

- 비탈면 및 터널 입·출구부의 지층 구성 상태 파악, 쌓기재료의 다짐특성 파악
- 노반재료로서 적합성 여부 판단 및 토공량 산출을 위한 토량 환산계수 산정

시험 방법	시험현황(원지반 상태)
• 시험전 표준시 단위용량을 측정 • 시험점소의 지표면을 정리 후 준비된 굴착도구로 흙을 채취 후 '시험가도' 무게를 측정 시험기를 밑판 위에 밀착시킨 후 밸브를 열어 모래를 자유낙하 시킨 • 모래의 흐름이 멈추면 밸브를 닫고 시험기를 들어내고, 밑판 위의 모래를 끌어올려 시험기에 넣음 • 채취된 슬럼프 무게와 '시험가도' 무게 측정 • 금속 건조기로 만년 흙의 함수비율 측정	

- 현장조사 및 실내시험에 의한 토사층의 물성, 다짐특성, 노상지지력비 산정
- 쌓기재료로서의 적합성 판정 및 경제성을 고려한 쌓기재 및 노반재료로서의 유용가능성 파악
- 자연상태의 현장단위중량을 구하여 비탈면 해석시 적용

○ 현장일도시험

- 토사층을 대상으로 자연상태 및 흐트러진 상태의 단위중량 측정
- 한국공업규격에 의거 현장일도시험(KS F 2311) 실시

■ 시험 방법(모래치환법)

- 시험 점소의 지표면을 수평으로 고름
- 지표면에 밑판을 밀착 후 내측의 흙을 땀
- 마넌 흙의 전체중량을 측정함
- 밑판구멍에 쟁대기를 맞추어 측정기를 세움
- 밸브를 열고 병 속의 표준사 이동이 없는 것을 확인한 후 밸브를 잠금
- 측정기와 남은 모래의 중량을 재고 시험 구멍 및 쟁대기를 채우는데 필요한 모래의 중량을 구함
- 쟁대기를 채우는 데 필요한 모래의 중량을 구하고 시험 구멍의 재질을 구함

○ 적용현황

구분	터널구간	교량구간	깎기구간	쌓기구간	합계
수평(회)	-	-	3	-	3

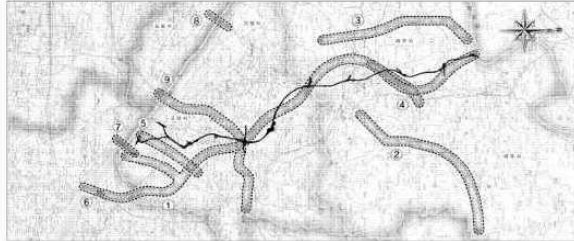
- 다짐특성 파악을 통한 시공단계에서 흙쌓기 다짐관리
- 풍화대의 단위중량 파악
- 토량 환산계수 산정

제 1 장 인근자료 분석

1.1 기존 및 인근지역 자료 분석

기본방향	• 사업구간 및 인근지역의 건설공사 또는 교량 설계시 시행된 지반조사 및 실내시험 결과 반영 • 사업구간 지질 및 지반특성을 파악하여 조사항목 도출 및 설계에 반영
------	--

○ 조사자료 현황도



○ 조사자료 현황

조사구역	조사 이용 자료
①	• 서울~문산 고속도로 민간투자 사업시행 일반조사보고서(2007.8)
②	• 조리~법원 도로건설공사 실시설계보고서(2005.12)
③	• 문발~낙하간 도로 확보정공사 일반보고서(2004.9)
④	• 금촌~월롱간 도로 확보정공사 실시설계 토질조사보고서(2004.2)
⑤	• 강매~원흥간 도로 개설공사 실시설계 종합보고서(1999.5)
⑥	• 서울외곽순환고속도로 건설공사(1, 2공구) 토질조사보고서(1997.12)

1.1.1 기존조사 자료 분석

○ 서울~문산 고속도로 민간투자사업시행 일반조사보고서(2007.8)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 사주조사 113공 (타널 15공, 교량 72공, 꺾기 6공, 절기 12공, 토취장 9공) • 전가비저항 2,000m • 탄성파탐사 6,510m(터널부, 꺾기부, 교량부) • 공내영상촬영 7회 • 공내재하시험 34회 • 정리연전단 6회, 삼축압축 9회, 압축응력 5회	• 토성분류시 대부분 SM으로 나타남(부분적 ML, CL분포) • 하천주변으로 점성토 연약지반 출현(4개 구간) • 층후 : 1.0~3.3m, 토성 : ML, CL • 항등전고 지지층 : 연암 GL(-) 15.0~19.4m에 분포 • 기초형식 : 말뚝기초, 현장타설말뚝 • 타널통과구간 일반등급 • 문발터널 : 2~3등급, 금촌터널 : 2~3등급

2.2 지표지질조사

2.2.1 지질분포특성 분석

기본방향	• 사업구간은 흑운모편마암이 주된 암종으로 분포하며, 일부 구간은 화강암과 층층암이 분포 • 화강암은 사업구간 인근 지역에 관입되어 분포
------	---

○ 지질평면도



○ 분포 암종 및 특성 분석

■ 흑운모편마암

현장노두사진	박편사진	Modal 분석 결과
• 사업구간 대부분 지역에 분포하며, 변성과정에서 생성된 편마기 발달하여 이방성 특성이 있음 → 편마와 평행한 방향으로 강도는 약하고 변형이 크며, 수직인 방향으로 강도는 강하고 변형이 적음 • 흑운모편마암은 풍화에 약함 → 편마를 구성하는 유색광물들은 풍화에 취약한 광물임		

■ 화강암

현장노두사진	박편사진	Modal 분석 결과
• 사업구간 시점 인근 지역에 분포하며, 흑운모편마암을 관입 • 암석의 강도가 크고 입자간의 공극이 비교적 작아 하중이 가해지면 탄성변형에 가까운 변형 특성을 보임		

1.1.2 인근지역 조사 자료 분석

○ 조리~법원 도로건설공사 실시설계보고서(2005.12)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 사주조사 77공(타널 4공, 꺾기 12공, 교량 56공, 절기 2공, 토취장 1공) • 시험굴조사 16개소(꺾기부 15개소, 토취장 1개소) • 연도오기보링 22개소(꺾기부) • 탄성파탐사 1,555m(터널부 550m, 꺾기부 1,005m) • 전가비저항탐사 720m(터널부) • 공내영상촬영 4회(꺾기부) • 공내재하시험 11회(타널부 4회, 교량부 7회) • 공내전단시험 꺾기부 5회 • 토질/암석시험 1식	• 토성분류시 대부분 SM으로 나타남(부분적 ML, CL분포) • 대농1교 지지층심도 : 2.5~16.5m • 기초형식 : 강관말뚝기초(시점 교대부 및 본선구간), 직립기초(본선구간 및 종점 교대부) • 꺾기/절기(10/12개 구간) 비탈면 해석결과 일부 꺾기 4개 구간에서 불안정한 것으로 해석됨 • 꺾기부 일부구간 무한사면 형성 • 타널통과구간 일반등급 • 호형터널 : 3~5등급

○ 문발~낙하간 도로 확보정공사 일반보고서(2004.9)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 사주조사 15공(교량 2공, 절기 13공) • 시험굴조사 5개소 • 토질/암석시험 1식	• 토성분류시 대부분 SM, GW로 나타남(부분적 CL분포) • 지지층심도 : 33.0m 이상

○ 금촌~월롱간 도로 확보정공사 실시설계 토질조사보고서(2004.2)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 사주조사 9공(교량 7공, 꺾기 2공) • 시험굴조사 3개소 • 연도오기보링 4개소 • 토질/암석시험 1식	• 토성분류시 대부분 SM, GW로 나타남(부분적 CL분포) • 덕은3교 지지층심도 : 4.0~8.0m • 기초형식 : 강관말뚝기초, 직립기초 • 꺾기/절기(2/7개 구간) 비탈면 해석결과 모두 안정한 것으로 해석됨

○ 강매~원흥간 도로 개설공사 실시설계 종합보고서(1999.5)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 사주조사 54공 (꺾기 3공, 지하차도 6공, 교량 42공, 절기 3공) • 연도오기보링 7개소 • 시험굴조사 5개소 • 토질/암석시험 1식	• 토성분류시 SM, GP, ML, CL로 나타남 • 강매교 지지층심도 : 22.5~25.0m • 기초형식 : 강관말뚝기초 • 꺾기/절기(2/7개 구간) 비탈면 해석결과 일부 절기 1개 구간 불안정한 것으로 해석됨

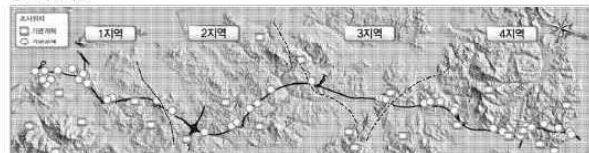
○ 서울외곽순환고속도로 건설공사(1, 2공구) 토질조사보고서(1997.12)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 1공구 — 사주조사 123공(교량 104공, 꺾기 14공, 절기 5공) • 2공구 — 사주조사 94공(교량 83공, 꺾기 11공) — 연도오기보링 14개소 — 시험굴조사 6개소	• 대관촌, 충적층(SC, CL, SM, GM), 풍화대 및 기반암 • 성서2교 지지층심도 : 3.7~9.3m • 기초형식 : 직립기초 • 새말교 지지층심도 : 5.0~9.4m • 기초형식 : 직립기초(교간), 강관말뚝기초(교대) • 백제교 지지층심도 : 2.3~9.7m — 기초형식 : 직립기초

2.2.2 절리특성 분석

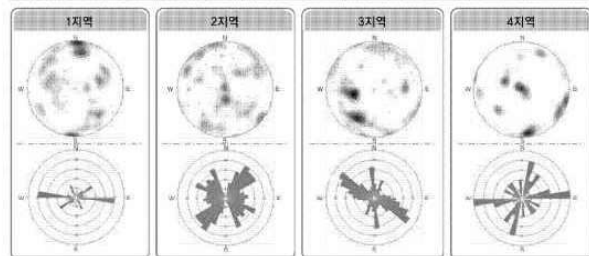
기본방향	• 꺾기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악 • 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 거칠기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리군의 공학적 특성 파악
------	---

○ 조사위치도



○ 결과분석

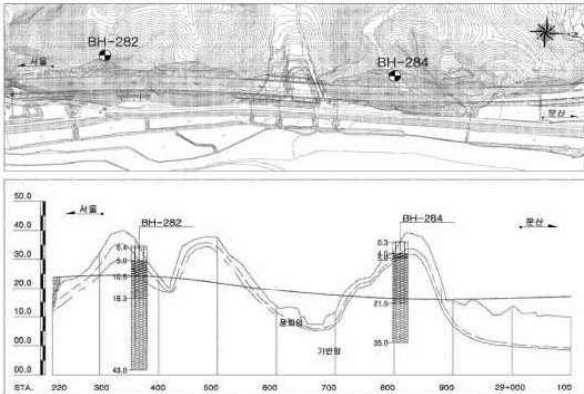
구 분	지형적 특성	지질분포 특성	절리군 특성
1지역 (사립시점~5+600)	• 독립적 산능 발달	• 흑운모편마암 분포	• 고각 및 저각절리 발달
2지역 (5+600~15+500)	• 저산능의 구릉지성산지 발달	• 편마발달, 부분적 안구상구조	• EW주향 절리 발달
3지역 (15+500~27+200)	• 공룡산주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포	• 절리의 방향성 다양
4지역 (27+200~사립시점)	• 독립적 산능 발달	• 편마발달, 부분적 안구상구조	• NE-NW주향 절리 발달
	• 공룡산주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포	• 35~60 저각절리 우세
	• 월롱산 측면부 통과	• 편마발달, 부분적 안구상구조	• NW주향 절리 발달
	• 비교적 높은 산능지대 형성	• 흑운모편마암 분포 및 편마 발달	• 고각절리 우세
		• 주변부 석회암암반 분포	• NEE주향 절리 발달



분석결과	• 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세 • 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포
------	---

○ 본선 구간 4-4구간(STA.29+210~29+080) : BH-282, 284

■ 조사위치 및 지층단면도



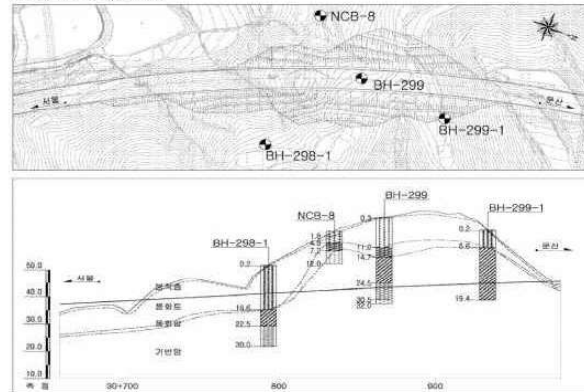
■ 지층상태

구분	출현심도(m)	층 두께(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
표토층	0.0	0.3~0.4	실트질 모래	-
풍화토	0.3~0.4	3.7~4.6	실트질 모래	32/30~50/15
풍화암	4.0~5.0	1.6~5.5	실트질 모래	50/10~50/7
연암	5.6~10.5	7.8~15.9	편마암	50~100/0~37
보통암	18.3~21.5	13.5~24.7	편마암	55~100/10~70

구분	지층 개요
표토층	· 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~0.4m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성
풍화토	· 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.3~0.4m에서 3.7~4.6m 층후로 분포
풍화암	· 갈색의 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 조밀~매우조밀한 상태임
연암	· 지표하 4.0~5.0m에서 1.6~5.5m 층후로 분포하며 굴진시 암면적인 실트질 모래로 분해
연암	· BH-282반공에서 암면상 코어 회수(9.4~10.5m)
연암	· 지표하 5.6~10.5m에서 7.8~15.9m 층후로 분포하며 갈색~암회색의 편마암으로 구성
연암	· RQD=0~37%로 매우불량~보통양호한 암질상태
보통암	· 지표하 18.3~21.5m에서 13.5~24.7m 이상 층후로 분포하며 갈색~암회색의 편마암으로 구성
보통암	· RQD=10~70%로 매우불량~양호한 암질상태

○ 본선 구간 4-6-1구간(STA.30+680~30+960) : BH-298-1, 299, 299-1, 보완설계 : NCB-8

■ 조사위치 및 지층단면도



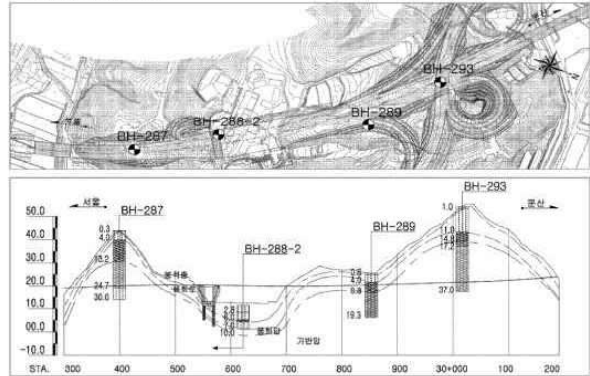
■ 지층상태

구분	출현심도(m)	층 두께(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
표토층	0.0	0.3~4.3	실트질 모래	18/30~27/30
풍화토	0.0~0.3	6.6~16.6	실트질 모래	9/30~50/14
풍화암	4.3~11.0	2.9~3.7	실트질 모래	50/10~50/3
연암	5.6~16.6	5.9~19.4	편마암	40~100/0~39%
보통암	24.5	6.0	편마암	100%/20~75%
경암	7.2~30.5	1.5~7.5	편마암	90~100%/60~87%

구분	지층 개요
표토층	· 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~4.3m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성
풍화토	· 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상태임
풍화암	· 지표하 0.0~0.3m에서 6.6~16.6m 층후로 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상태임
풍화암	· 지표하 4.3~11.0m에서 2.9~3.7m 층후로 굴진시 암면적인 실트질 모래로 분해
연암	· 지표하 5.6~16.6m에서 5.9~19.4m 층후로 분포, RQD=0~39%로 매우불량~불량한 암질상태
보통암	· 지표하 24.5m에서 6.0m 층후로 분포, RQD=20~75%로 매우불량~양호한 암질상태
경암	· 지표하 7.2~30.5m에서 1.5~7.5m 이상 층후로 분포, RQD=60~87%로 보통양호~매우양호한 암질상태

○ 본선 구간 4-5구간(STA.29+300~30+180) : BH-287, 289, 293

■ 조사위치 및 지층단면도



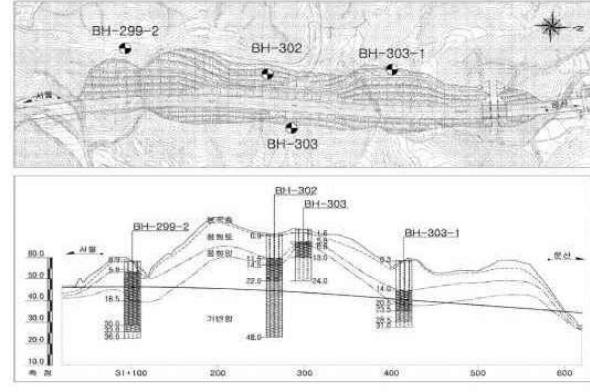
■ 지층상태

구분	출현심도(m)	층 두께(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
표토층/매립층	0.0	0.3~2.8	실트질 모래	4/30~7/30
풍화토	0.3~2.8	1.0~10.0	실트질 모래	15/30~50/12
풍화암	3.8~11.0	3.2~9.2	실트질 모래	50/10~50/1
연암	8.8~14.8	2.4~10.5	편마암	54~100/10~46
보통암	13.2~17.2	11.5~19.6	편마암	49~100%/0~70%
경암	7.0~24.7	3.0~5.3	편마암	100%/63~92%

구분	지층 개요
표토층/매립층	· 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~2.8m 층후로 분포
풍화토	· 단갈색~황갈색의 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 느슨한 상태임
풍화암	· 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.3~2.8m에서 1.0~10.0m 층후로 분포
풍화암	· 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상태임
연암	· 지표하 3.8~11.0m에서 3.2~9.2m 층후로 분포하며 굴진시 암면적인 실트질 모래로 분해
연암	· 지표하 8.8~14.8m에서 2.4~10.5m 층후로 분포하며 편마암으로 구성
연암	· RQD=54~100%로 보통양호~매우양호한 암질상태
보통암	· 지표하 13.2~17.2m에서 11.5~19.6m 층후로 분포하며 편마암으로 구성
보통암	· RQD=0~70%로 매우불량~양호한 암질상태
경암	· 지표하 7.0~24.7m에서 3.0~5.3m 이상 층후로 분포하며, 유백색의 편마암으로 구성
경암	· RQD=63~92%로 양호~매우양호한 암질상태

○ 본선 구간 4-6-2구간(STA.31+040~31+600) : BH-299-2, 302, 303, 303-1

■ 조사위치 및 지층단면도



■ 지층상태

구분	출현심도(m)	층 두께(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
표토층	0.0	0.3~1.6	실트질 모래	6/30
풍화토	0.3~1.6	4.2~13.7	실트질 모래	8/30~50/10
풍화암	5.0~14.0	0.8~13.5	실트질 모래	50/10~50/2
연암	6.6~20.5	3.0~14.6	편 마 암	48~100%/0~46%
보통암	22.0~30.0	3.0~26.0	편 마 암	98~100%/44~76%
경암	13.0~33.0	2.5~11.0	편 마 암	96~100%/68~83%

구분	지층 개요
표토층	· 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~1.6m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성됨
풍화토	· 지표하 0.3~1.6m에서 4.2~13.7m 층후로 분포
풍화암	· 습윤하며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상태에 따라 편차가 크게 나타남
풍화암	· 지표하 5.0~14.0m에서 0.8~13.5m 층후로 분포하며 굴진시 실트질 모래로 분해
연암	· 지표하 6.6~20.5m에서 3.0~14.6m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성
연암	· TCR/RQD는 48~100%/0~46%로 매우불량~보통양호한 암질상태
보통암	· 지표하 22.0~30.0m에서 3.0~26.0m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성
보통암	· TCR/RQD는 98~100%/44~76%로 보통양호~양호한 암질상태
경암	· 지표하 13.0~33.0m에서 2.5~11.0m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성
경암	· TCR/RQD는 96~100%/68~83%로 양호~매우양호한 암질상태

제 1 장 비탈면 설계개요

1.1 설계개요

기본방향	- 주변 환경을 고려하여 합리적, 경제적, 환경친화적 비탈면 설계 - 현장조건을 반영한 여러 분석기법(한계평형, 수치해석, 파괴확률 등)의 비교를 통한 최적 설계 - 비탈면 보호공법 및 유지관리 계획으로 시공 중·후 및 장기적인 비탈면의 안정성 확보
-------------	---

1.1.1 기본방향

지반조사 및 분석	위험구간 선정 및 기준
- 지주조사 및 시험결과와 상세 분석을 통한 합리적인 설계기준 선정 - 지주공정상황, DHT 등 각종 현장시험수행 - 사후물가지역 탄성파탐사 수행	- 최근 입회된 설계기준과 국내외 기준을 비교 검토하여 안전성 설계 적용 - 비탈면 높이 및 지층특성을 고려한 대표단면 선정 - 안전성·경제성을 고려한 보강 공법 선정
- Domain별 지층특성을 고려한 평사투영해석 - 지반특성을 고려한 한계평형해석 - 안전해석을 통한 최적 기법기 선정 - 동적특성을 고려한 유사정적해석 수행	- 낙석해석을 통한 낙석임지벽 설치구간 선정 - 진화경향적인 비탈면 보강, 보호공 선정 - Face Mapping에 의한 비탈면 관리 및 계측을 통한 유지관리 계획 수립
비탈면 안정성 검토	비탈면 안정대책

1.1.2 주요 검토사항

예비 및 상세조사	- 인접 비탈면 설계 조사 분석 - 현장조사, 지표지질조사분석을 통한 설계 자료 활용 - 시추조사, 물리탐사, 각종 실내시험으로 해석에 필요한 기초자료 제공
지반장수 선정	- 지반조사 결과분석 및 상관성 분석에 의한 설계 지반장수 도출 - 연속체, 불연속체 지반장수와 체계적인 분석 및 결정
비탈면 안정성 검토	- 다양한 분석기법의 도입으로 인한 해석결과와 비교, 분석으로 적정성 검증 - 사입구간의 지층특성을 반영한 확률론적 구성 및 불연속체 정밀해석 수행 - 불안정 비탈면에 대하여 여러 공법의 비교분석을 통한 최적의 보강·보호공 선정
비탈면 내진설계	유사정적해석 : 지진파별 지진응답해석을 통해 얻어진 지표면 최대가속도 적용
낙석, 낙반 분석	- 낙석의 운동 역학적 에너지 개념도입으로 인한 낙석·낙반 분석 - 낙석 이동거리 및 충격 에너지검토를 통한 낙석방지물리의 설치여부 검토
비탈면 유지관리계획	계측계획 수립, 시공 중 및 시공 후 유지관리 계획 제시

제 2 장 비탈면 안정성 검토

2.1 설계개요

기본방향	- 쌓기 비탈면 중 쌓기높이 10.0m인 이상인 구간에 대하여 안정성 검토 - 깎기 비탈면 중 토사층이 깊고 지층변화가 심한 구간에 대하여 대표단면 선정 - 비탈면 한계평형해석 검토 후 확률론적 및 수치해석을 수행하여 해석의 신뢰도 검증
-------------	--

2.1.1 토사 및 풍화암 비탈면 안정해석

- 한계평형해석 및 수치해석 그리고 통계기법을 이용한 토사비탈면 안정해석 수행 - 토사비탈면 상세해석을 위한 응력-변형해석 병행 - 해석결과 비교 검토 및 비탈면의 전체적인 안정성 확인

○ 개요

- 일반적으로 적용되는 한계평형해석 및 지하수 모델의 불합리성을 극복하기 위해 한계평형해석과 유한요소해석간의 연계해석을 수행 - 경도감소법을 이용하여 지반내 응력 상태를 재현, 보다 실제에 가까운 파괴 활동 및 지반내 응력변화, 비탈면에서의 전단파괴 영역 및 소성변위를 확인 - 지반의 불확실성을 고려하기 위한 통계적 기법을 이용한 분석
--

○ 한계평형 해석 (Limit Equilibrium Analysis)

■ 이론적 배경

- 비탈면의 안정성 해석시 널리 사용되는 해석방법들은 한계평형 이론을 적용하고 있으며, 산정한 안전율이 허용안전율 이상이 되면 비탈면은 파괴에 대해 안전한 것으로 판단 - 한계평형이론에 의한 비탈면안정 해석방법은 여러 가지가 있으며 그 정확성은 경도정수의 결정과 지반의 파괴형태를 의미하는 파괴모드의 가정방식에 의해 좌우됨 - 파괴모드는 토사비탈면의 경우 지층구조에 의해 원호, 평면 혹은 복합활동파괴 등으로 구분 - 토사비탈면의 파괴모드는 곡면형태의 함수(원호 혹은 대수나선 등)로 가정하여 해석을 수행

가상파괴면	n번째 절면에 작용하는 힘
$F = \frac{1}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \phi_i} \left(\sum_{i=1}^n (c_i + W_i \tan \phi_i - \Delta T \tan \phi_i) \frac{1}{m_{(c_i)}} \right) + \frac{\sum_{i=1}^n W_i \sin \phi_i}{F_c}$	$m_{(c_i)} = \cos \phi_i + \frac{\sin \phi_i \times \sin \alpha_i}{F_c}$
여기서, W_i : n번째 절면에 흙의 중량($\gamma \times b \times \Delta x$) (kN/m) α_i : 경사각 (°) b_i : n번째 절면의 폭(m) ΔT : $T_n - T_{n+1}$	c : 흙의 점착력 (kPa) ϕ : 흙의 내부 마찰각 (°) n : n 절면의 측면에 작용하는 수평력

1.2.2 깎기비탈면 지반특성 및 현황

○ 깎기비탈면 지반특성

- 깎기비탈면 토사층은 사추조사결과 풍화암(SM), 풍화암으로 구성되어 있고, 대체적으로 풍화도가 두텁게 분포하며, 기반암의 압중은 축운모면이 많이 주로 분포함
- 깎고 20m 이상인 구간과 토사층이 깊은 구간에 대하여 대표단면을 선정하여 안정성 검토를 수행함

■ 본선 깎기비탈면 현황

구분		측점 (STA.)		비탈면 유형		최대높이 (m)	대표단면 (STA.)	비고
4 공구	본선	꺾기 1구간	21+600 ~ 22+580	토사	좌측	16.7	21+940	-
				토사	우측	8.7	22+040	-
				토사	우측	19.3	23+760	-
		꺾기 2구간	23+730 ~ 24+440	암반	우측	19.2	23+820	-
				토사	좌측	16.3	23+860	-
				토사	좌측	12.5	24+240	-
		꺾기 3구간	25+160 ~ 25+960	토사	좌측	11.3	25+880	-
					좌측	11.9	25+900	단기 터파기
				토사/암반	좌측	25.4	28+340	-
		꺾기 4구간	26+210 ~ 29+090	토사	좌측	32.1	28+360	-
				암반	좌측	27.8	28+480	-
				암반	좌측	33.9	28+800	-
		꺾기 5구간	29+300 ~ 30+180	토사	좌측	15.3	28+920	-
				암반	좌측	25.0	29+380	-
				토사	좌측	22.9	29+400	-
		꺾기 6구간	30+680 ~ 32+460	토사	우측	21.5	29+980	-
				암반	좌측	23.9	30+020	-
				암반	우측	36.1	30+020	-
		꺾기 7구간	30+680 ~ 32+460	토사	우측	23.2	30+780	-
				암반	우측	26.4	30+840	-
				토사	좌측	22.3	30+880	-
		꺾기 8구간	30+680 ~ 32+460	토사	우측	24.6	30+880	-
				암반	좌측	25.2	30+900	-
				암반	우측	25.2	30+920	-
꺾기 9구간	30+680 ~ 32+460	토사	좌측	35.6	31+180	-		
		토사/암반	좌측	39.2	31+220	-		
		암반	좌측	38.8	31+300	-		
꺾기 10구간	30+680 ~ 32+460	토사	좌측	28.0	31+420	-		
		토사	좌측	14.2	31+860	-		
		토사	우측	11.9	0+360	-		
꺾점(C)	Ramp-A	0+140 ~ 0+400	토사	우측	11.9	0+360	-	
산단(C)	Ramp-A	0+156 ~ 0+388	토사	좌측	15.8	0+220	-	
	Ramp-B	0+741 ~ 1+124	토사/암반	좌측	28.3	0+920	-	

2.1.2 일반 비탈면 안정해석

- 현상조사결과를 반영한 평사투영해석, SMR평가 등을 통하여 일반비탈면 안정성 예비평가
- 잠재적인 파괴가능성을 내포한 비탈면에 대해 한계평형해석 및 수치해석 수행
- 일반 절리특성의 불확실성을 고려한 일반비탈면의 파괴확률 산정

○ 개요

- 현상 지질조사를 통하여 조사된 불연속면의 절리방향과 내부마찰각을 평사투영하여 일반 비탈면 파괴유형별 안정성 평가(DIPS)
- 절리면을 따라 암괴에 미치는 응력분포와 절리면의 전단저항특성, 지하수 조건 등을 고려한 한계평형해석을 적용하여 비탈면 안정해석 수행(SWEDGE, ROCPLANE)

○ 평사투영법 (Stereographic Projection Method)

- 평사투영법은 대원(Great Circle), 북극점의 가능성(예측)과 극점(Pole), 평면 및 전도파괴의 가능성(예측)으로 해석하는 두 가지 방법으로 대별
- 불연속면의 긴 연장선 외에 중선을 접제, 지하수 유동 등 위험요소를 내포한 절리와 단층과 같은 불연속면은 평사투영 해석시 방향성이 우세하게 나타나지 않아도 중요 위험불연속면으로 고려하여 해석

■ 검토 방법

- ① 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 큰 Daylight로서 불안정한 지역
- ② 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 작은 Daylight로서 안정한 지역
- ③ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 작으며, Daylight도 아닌 안정한 지역
- ④ 지역 : Toppling 파괴의 위험성이 잠재된 불안정한 지역
- ⑤ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 크더라도 Daylight나 Toppling Envelope이 아니므로 안정한 지역

○ 한계평형해석 (Limit Equilibrium Analysis)

- 한계평형해석은 암반블록의 자중, 절리면의 마찰각 및 점착력, 암반간극수압 등을 고려하여 암반블록에 대한 비탈면 안정계수(Safety Factor)로 나타내는 방법

■ 평면파괴해석 (Plane Failure)

- 단위부재의 절면으로 생길, 파괴블록과 암반면은 미끄럼 저항이 없는 지류면으로 간주
- 미끄럼 인장균열은 비탈면에 평행비탈면의 주향과 인장균열의 주향이 같음
- 파괴면의 자중, 수압에 의한 압력 및 수압 등은 블록의 중심을 통하여 작용 $k/H = \sqrt{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$
- α : 불연속면의 경사 α : 비탈면의 경사

2.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 2020년 11월 준공이후 기준에 따라 3회(정기안전점검 3회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 2.2.1】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	1,402	절토사면(STA.29+700~30+200(우))사면은 식생공이 시공되어있고, 하부 낙석방지울타리 및 옹벽-L형이 설치되어 있다. 보호·보강공의 상태는 양호한 상태이다. 현재, 지반변형 등의 파괴징후는 1단사면 암괴이완, 소단배수로 균열, 산마루측구 폐기물퇴적, 토사퇴적 등 일부가 조사되었다. 해당 손상에 의한 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 강우시 손상이 진전될 수 있으므로, 보수설시여부 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	정비, 주입보수, 주의관찰
2	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	1,402	절토사면(STA.29+700~30+200(우))사면은 식생공이 시공되어있고, 하부 낙석방지울타리 및 옹벽-L형이 설치되어 있다. 보호·보강공의 상태는 양호한 상태이다. 현재, 지반변형 등의 파괴징후는 1단사면 암괴이완, 소단배수로 균열, 산마루측구 폐기물퇴적, 토사퇴적 등 일부가 조사되었다. 해당 손상에 의한 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 강우시 손상이 진전될 수 있으므로, 보수설시여부 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	정비, 주입보수, 주의관찰
3	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	1,402	- 1단 사면 암괴이완 - 소단배수로 균열(cw=0.3mm이상) - 산마루측구 폐기물퇴적, 토사퇴적
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	정비, 주입보수, 주의관찰 등

2.2.3 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 2.2.2】 수집자료 검토결과 및 점검방향

구 분	내 용	비 고
설계도서	○ 현장조사 시 준공도면과 비교·검토 후 상이할 경우 외관조사망도를 실측치와 동일하게 작성 하고, 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○ 관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 관리대장에 수록함	
시공관련자료	○ 안전, 품질, 공정 및 변경 등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전점검자료	○ 점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존점검 결과를 비교·검토하여 손상 확인, 보수여부 확인 후 대책방안을 검토함	
보수·보강자료	○ 준공이후 조사된 손상에 대해서 보수가 실시되지 않은 상태이며, 하자보수를 위해 주요 부재에 손상발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○ 기존점검 중점유지관리사항을 확인하였으며, 금회 점검시 세심한 점검을 실시함	
시설물 특이사항	○ 중대결함 : 없음 ○ 구조가 변경된 경우 : 없음	
점검주기	○ 점검일 기준 정기점검 총 3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

2.2.4 시설물 보수 이력

2020년 11월에 준공되어 현재 FMS(시설물정보종합관리시스템)에 등록된 보수·보강실적은 없는 것으로 확인되었다.

【표 2.2.3】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	—	—	—	—	—	

2.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

설계도서 및 FMS(시설물정보종합관리시스템) 확인결과, 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

【표 2.2.4】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용	—	—

2.3 현장조사 및 시험

2.3.1 현황 및 특성

대상시설물은 고속국도 17호선(서울문산고속도로) 상에 위치한 절토사면으로, 자료수집 및 현장조사결과를 통해 확인된 일반현황, 사면특성, 구간분할, 외관조사 및 재료시험 결과는 다음과 같다.

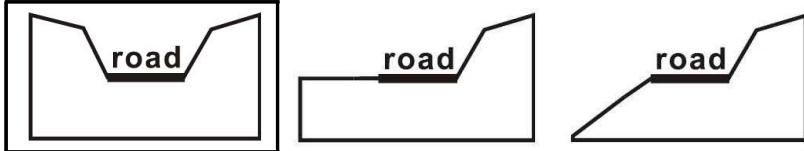
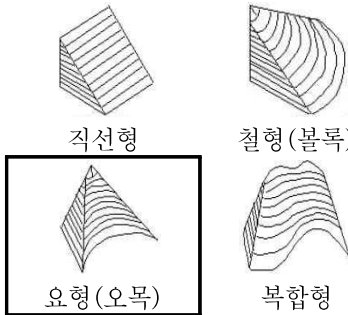
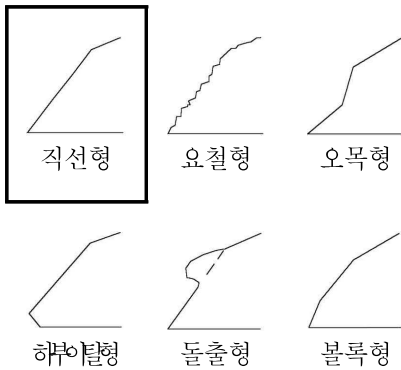
가. 일반현황 조사결과

【표 2.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2022. 10. 21.		조 사 자	정 지 운	
일 기	맑음		준공년도	2020년 11월 06일	
행정구역	경기도 파주시 월롱면 능산리 326-29				
위 치	시점 : 37° 49′ 32.0″ 126° 46′ 45.0″				
	종점 : 37° 49′ 43.0″ 126° 46′ 31.0″				
	본선구간 27.400~28.900km(우)				
절토사면	길 이 : 500.0m		높 이 : 30.9m		
	경 사/경사방향 : 55/231(평균경사 45°)				
	구성물질 : 발파암, 리핑암, 토사		토층심도 : 약 3.9m		
	소 단 : 5개(폭 1.0m소단 4개, 폭 3.0m소단 1개)				
낙석/뜯돌	낙석 존재유무 : 없음		낙석의 양 : -		
	낙석 평균크기 : - 낙석 최대크기 : -				
	뜯돌 존재유무 : 없음		뜯돌의 양 : -		
	뜯돌 평균크기 : - 뜯돌 최대크기 : -				
절토사면 시공현황	종 류		위 치		상 태
	식생현황		27.400~27.900k		양호
	낙석방지울타리		27.700~27.900k		양호
	낙석방지망		27.400~27.900k		양호
	소단배수로		27.590~27.780k		균열, 토사퇴적 등
붕괴이력	유 형		규 모		위 치
기 타	점검로 : ☒ 유 ☐ 무		양호		☐ 보수필요 ☒ 보수불필요

나. 사면특성 조사결과

【표 2.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형	산악지형					
	종단면 형상						
	기타 특징	-					
절토사면의 특성	중 횡 단 면	 직선형 곡형(볼록) 오형(오목) 복합형		중 단 면 특 성	 직선형 요철형 오목형 하부탈형 돌출형 볼록형		
상부 자연비탈면	경 사 도	24°					
	인장균열	무					
	포행흔적	무					
	수목의 기울어짐	무					
	인공구조물	무					
	산마루측구	유					
	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 ()					

다. 사면 구간분할 결과

사면의 구간분할 기준

- 1) 사면의 구성재료(토사, 연약암반, 파쇄암반, 절리암반)가 변화할 경우
- 2) 사면의 경사방향이 40° 이상 변화할 경우
- 3) 동일 구간의 연장이 200m 이상일 경우

현장조사, 재료시험 및 상태평가는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부, 국토안전관리원), 지형특성, 절토사면 시공현황, 사면의 유지관리 및 점검시 외관조사망도 직관성(서울기점 가까운 쪽을 1구간) 등을 종합적으로 고려하여 다음 표와 같이 3개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

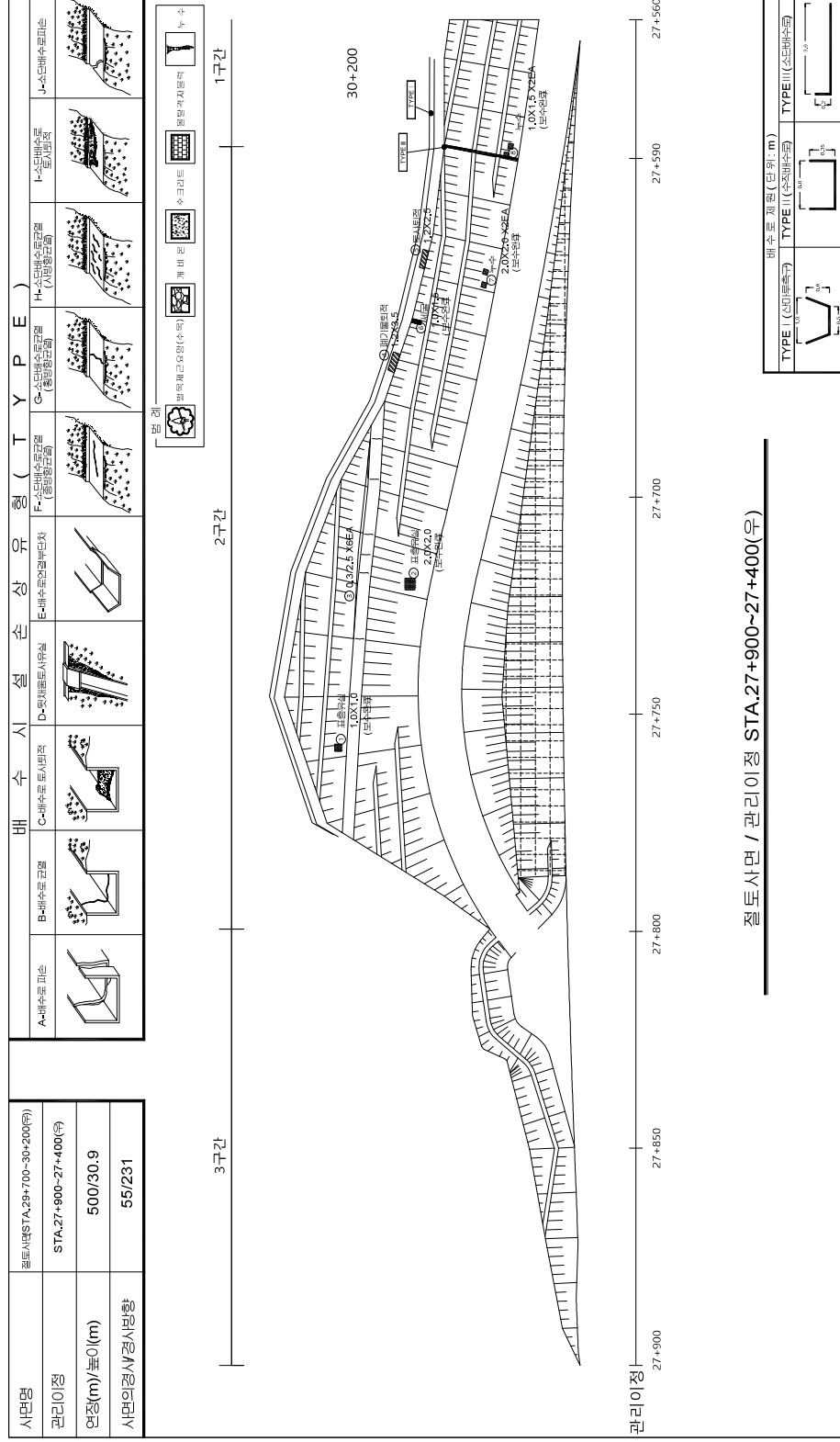
【표 2.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	27.400~27.590	190.0	20.0	절리암반사면	
2구간	27.590~27.800	210.0	30.9	절리암반사면	
3구간	27.800~27.900	100.0	7.5	절리암반사면	

2.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)

절토사면명 : 절토사면(STA.29+700~30+200(우)) / 관리이정 27.400~27.900km

[방향 : 66/217 , 연장 : 500.0m , 높이 : 30.9m]

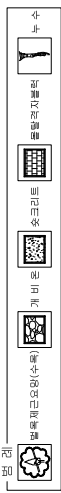


점토사면명 : 점토사면 (STA.29+700~30+200(우)) / 관리이정 27.400~27.900km

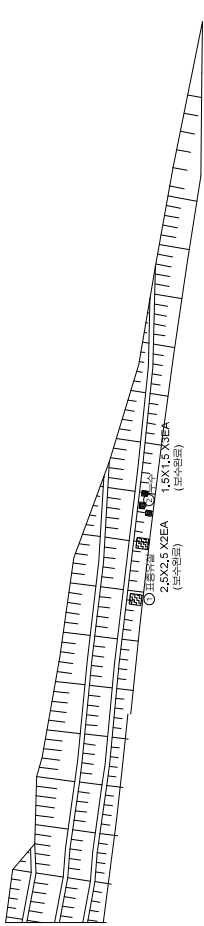
[방향 : 66/217 , 연장 : 500.0m , 높이 : 30.9m]

사면명	점토사면(STA.29+700~30+200(우))
관리이정	STA.27+900~27+400(우)
연장(m)/높이(m)	500/30.9
사면의경사/경사방향	66/217

배 수 시 설 소 유 형 (T Y P E)									
A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-배수로 토사퇴적	E-배수로 연결부단차	F-수단배수로균열 (동면함몰균열)	G-수단배수로균열 (활면함몰균열)	H-수단배수로균열 (사면함몰균열)	I-수단배수로 토사퇴적	J-수단배수로파손



1구간



점토사면 / 관리이정 STA.27+900~27+400(우)

배수로 제형 (단위: m)		
TYPE I (신미류측구)	TYPE II (수단배수로)	TYPE III (수단배수로)

2.3.3 외관조사 결과

가. 1구간(관리이정 27.400~27.590k)

본 절토사면(STA.29+700~30+200(우)) 의 1구간은 관리이정 27.400~27.590k에 위치하며, 연장 190.0m, 높이 19.2m로 구성물질은 암반사면으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

- 상부자연사면은 인장균열 및 이완암괴, 지반의 변형 등의 파괴징후가 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 향후 외부 요인 및 환경적 요인으로 인한 손상 발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하다.

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 식생의 상태는 양호한 것으로 확인되었으며, 향후 외부 요인 및 환경적 요인으로 인한 손상 발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하다.
- 암반구간은 사면보호공법(seed spray) 등으로 인해 노출암의 확인이 어려운 상태이나, 1구간의 일부 오픈구간 및 공사중 사면보고서, 초기점검보고서를 확인한 결과 신선(F)~심한풍화(HW)상태인 것으로 확인되었다.

3) 사면하부

- 사면하부는 과거 이력으로 누수가 있었고 보수를 실시한 것이 확인되었다. 점검당시 누수와 관련된 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설, 이격거리내 시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리, 낙석방지망, 야생동물유도울타리 등이 설치되어 있으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 이격거리는 0.5~1.0m정도의 거리를 유지하고 있다.
- 사면하부의 이격거리내에 낙석 및 토사퇴적은 없는 상태로, 낙석 및 토사유실 발생여부 확인을 위해 주기적인 관찰이 요구된다.

5) 배수시설

- 배수시설은 산마루측구, 수직 도수로가 시공되어 있는 것으로 확인되었다.
- 배수시설은 현재 토사 및 폐기물 적치로 인한 체수 및 배수불량 등의 손상은 관찰되지 않았으나, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

			
현 황	1구간 상부자연사면 전경	현 황	1구간 시점부 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	1구간 하부 전경	현 황	1~2구간 수직도수로 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—

【사진 2.3.1】 외관조사 결과 주요현황(1구간)

【표 2.3.4】 손상내용 총괄표(1구간)

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	지속관찰	
배수시설	상태양호	—	—	—	지속관찰	

나. 2구간(27.590~27.800k)

본 절토사면(STA.29+700~30+200(우)) 의 2구간은 관리이정 27.590~27.800k에 위치하며, 연장 210.0m, 높이 30.9m로 구성물질은 암반사면으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

- 상부자연사면은 인장균열 및 이완암괴, 지반의 변형 등의 파괴징후가 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 향후 외부 요인 및 환경적 요인으로 인한 손상 발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하다.

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 식생의 상태는 양호한 것으로 확인되었으며, 향후 외부 요인 및 환경적 요인으로 인한 손상 발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하다.
- 암반구간은 사면보호공법(seed spray) 등으로 인해 노출암의 확인이 어려운 상태이나, 1구간의 암상태 및 공사중 사면보고서, 초기점검보고서를 확인한 결과 신선(F)~심한풍화(HW) 상태일 것으로 판단된다.

3) 사면하부

- 사면하부는 과거 이력으로 누수가 있었고 보수를 실시한 것이 확인되었다. 점검당시 누수와 관련된 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설, 이격거리내 시설)

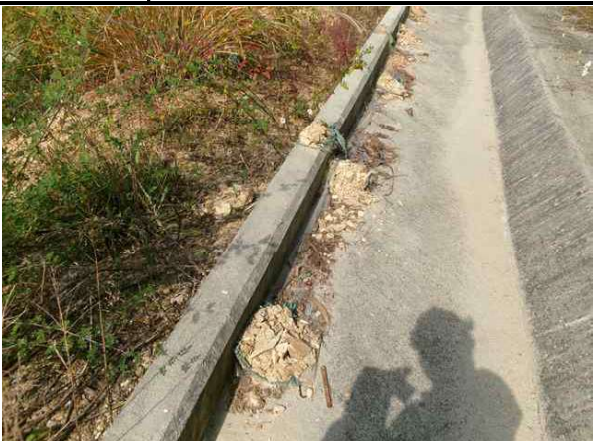
- 부대시설로는 낙석방지울타리, 낙석방지망 등이 설치되어 있으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 이격거리는 0.5~1.0m정도의 거리를 유지하고 있다.
- 사면하부의 이격거리내에 낙석 및 토사퇴적은 없는 상태로, 낙석 및 토사유실 발생여부 확인을 위해 주기적인 관찰이 요구된다.

5) 배수시설

- 배수시설은 산마루측구, 수직 도수로가 시공되어 있는 것으로 확인되었다.
- 소단배수로 및 산마루측구는 배수로 내에 토사 및 폐기물이 적치된 상태이며, 일부 구간에서 균열이 조사되었다. 현재 토사 및 폐기물 적치로 인한 체수 및 배수불량 등의 손상은 관찰되지 않았으나, 우수의 원활한 배수 및 유지관리를 위해 정비가 필요하며, 그 외 손상에 대해서는 손상 진전 방지를 위한 조치가 필요한 것으로 판단된다.

			
현 황	2구간 시점부 전경	현 황	2구간 종점부 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	2구간 상부자연사면 전경	현 황	2구간 상부자연사면 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	2구간 소단배수로 전경	현 황	2구간 도로, 낙석방지울타리 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—

【사진 2.3.2】 외관조사 결과 주요현황(2구간)

			
현 황	2구간 산마루측구 전경	현 황	27.620k 소단배수로 토사퇴적
원 인	상태양호	원 인	강우시 토사유입
대 책	—	대 책	정비
			
현 황	27.660k 폐기물 적치	현 황	27.700k 소단배수로 균열(0.3/2.5)
원 인	폐기물 처리 미흡	원 인	시공초기 건조수축
대 책	정비	대 책	주입보수

【사진 2.3.2】 외관조사 결과 주요현황(2구간)(계속)

【표 2.3.5】 손상내용 총괄표(2구간)

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	지속관찰	
배수시설	폐기물적치	m ²	4.20	1	정비	
	토사퇴적	m ²	3.00	1	정비	
	소단배수로 균열	m	15.00	6	주입보수	

다. 3구간(27.800~27.900k)

본 절토사면(STA.29+700~30+200(우)) 의 3구간은 관리이정 27.800~27.900k에 위치하며, 연장 100.0m, 높이 7.5m로 구성물질은 암반사면으로 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

- 상부자연사면은 인장균열 및 이완암괴, 지반의 변형 등의 파괴징후가 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 향후 외부 요인 및 환경적 요인으로 인한 손상 발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하다.

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 식생의 상태는 양호한 것으로 확인되었으며, 향후 외부 요인 및 환경적 요인으로 인한 손상 발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하다.
- 암반구간은 사면보호공법(seed spray) 등으로 인해 노출암의 확인이 어려운 상태이나, 1구간의 일부 오픈구간 및 공사중 사면보고서, 초기점검보고서를 확인한 결과 신선(F)~심한풍화(HW)상태일 것으로 판단된다.

3) 사면하부

- 사면하부는 야생동물유도울타리 등이 설치되어있으며, 구조물의 변형 및 파손 등의 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태이다.

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설, 이격거리내 시설)

- 부대시설로는 야생동물유도울타리, 낙석방지망 등이 설치되어 있으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 이격거리는 0.5~1.0m정도의 거리를 유지하고 있다.
- 사면하부의 이격거리내에 낙석 및 토사퇴적은 없는 상태로, 낙석 및 토사유실 발생여부 확인을 위해 주기적인 관찰이 요구된다.

5) 배수시설

- 배수시설은 없는 것으로 확인되었다.

			
현 황	3구간 중점부 전경	현 황	3구간 상부자연사면 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—

【사진 2.3.3】 외관조사 결과 주요현황(3구간)

【표 2.3.6】 손상내용 총괄표(3구간)

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	지속관찰	
배수시설	없음	—	—	—	—	

2.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 2.3.7】외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	상태양호	—
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열 토사퇴적, 폐기물 적치	주입보수 정비
부대시설	상태양호	—
결과요약	사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설, 보호시설이 설치되어 있으며, 일부노출암 및 시공시 사면 보고서, 초기점검보고서를 확인한 결과 암상태는 신선(F)~심한풍화(HW)인 상태로 확인되었다. 사면 상단에 관목류가 발달되어 있는 상태이며, 사면부 식생상태가 양호한 상태로 인장균열, 지반변형 등의 파괴징후는 관찰되지 않은 양호한 상태이다. 다만, 소단배수로에 발생한 토사퇴적 및 폐기물 적치 등의 손상은 강우시 원활한 배수를 위하여 조치가 필요한 것으로 판단된다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.	

【표 2.3.8】손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
배수시설	폐기물적치	m ²	4.20	1	정비	
	토사퇴적	m ²	3.00	1	정비	
	소단배수로 균열	m	15.00	6	주입보수	

나. 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

2.3.5 재료시험

절토사면(STA.29+700~30+200(우))은 비탈면 분류결과, 절리암반사면으로 판정되었고, 재료시험 및 불연속면 특성조사 등을 실시하여, 다음에 수록하였다.

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 위치 및 결과

반발경도시험을 통한 암반 판정은 현장조사를 실시한 결과, 사면보호공(Seed Spray, 식생기반 취부공법)으로 인해 일부구간(3구간)에서 국부적인 노출된 암에서 반발경도시험을 실시한 결과, 보통암으로 판정되었다.

그 외의 사면 횡단면도를 확인한 결과, 경사도는 1:0.7~1:1.0로 연암~풍화암으로, 초기점검보고서를 확인한 결과 보통암으로 확인되었다.

【표 2.3.9】 반발경도시험 결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
3구간 27.820km	49.5	100.1	보통암	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 암반강도 측정결과, 보정반발경도는 49.5로 측정되었으며, 추정강도 100.1MPa로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

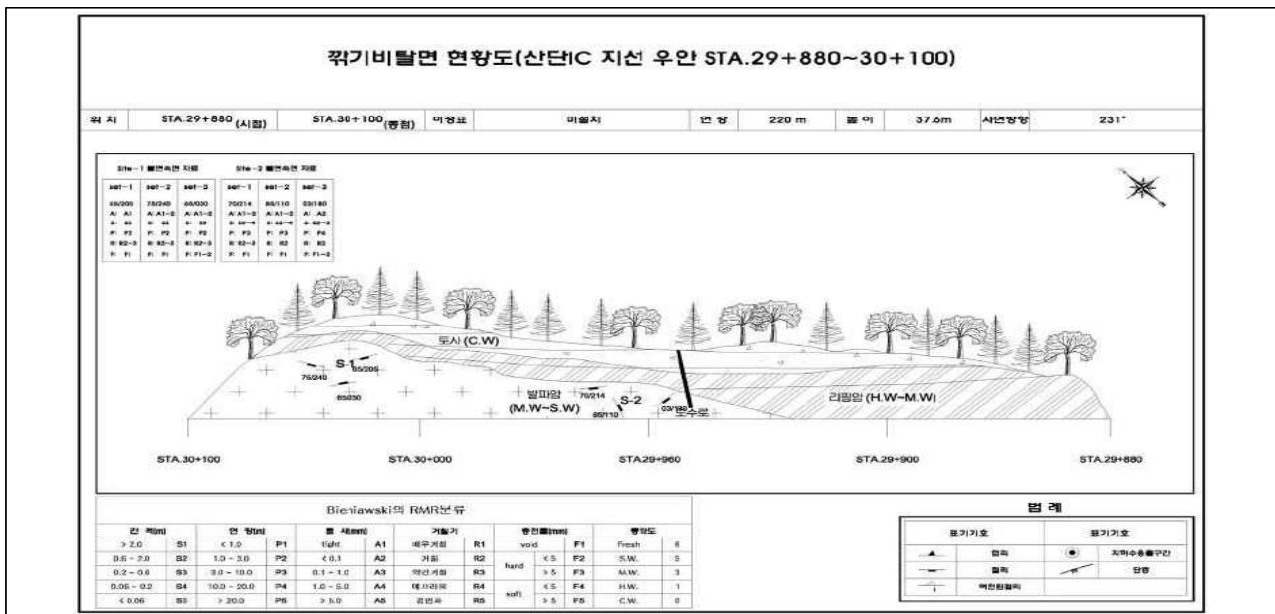
2) 이전 정밀안전점검과의 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

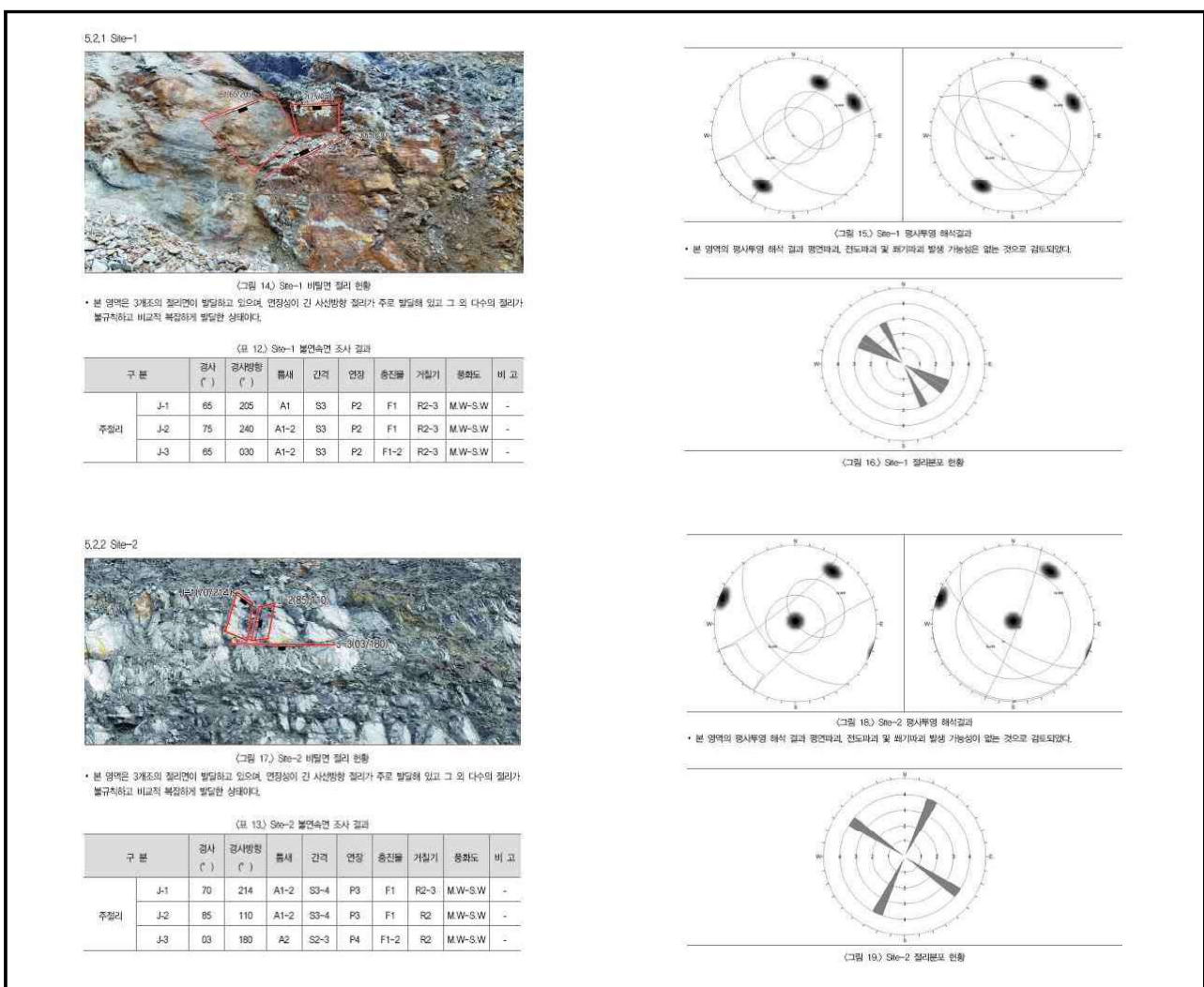
나. 불연속면 조사

불연속면 조사는 현장조사를 실시한 결과, 사면보호공법으로 인해 노출된 암을 확인할 수 없는 상태로 조사되어, 시공 중 실시한 깎기비탈면 현황 사면보고서에서 확인된 불연속면을 수록하였다.

1) 불연속면 조사 위치



2) 불연속면 조사 결과



다. 토양경도시험

토사 비탈면의 지반상태를 평가하기 위하여 토양경도계(산중식 경도계)를 사용하여 구간별로 20m 마다 총 10개소에 대해 각 10회씩 측정하여 평균하고 토양경도지수를 mm 단위로 나타내었다.

대상 비탈면의 토성은 모래질 실트로 확인되었으며, 최소 15.4, 최대 17.8, 평균 16.2로 조사되어 조밀한 상태로 측정되었다.

【표 2.3.10】 1구간 토양경도시험 측정결과

구분	측정위치	측정치(mm)										평균 mm	지반 분류
1	27.420k	14.6	17.5	16.2	16.5	16.6	15.4	15.6	15.8	15.6	14.4	15.8	모래질 실트
2	27.440k	15.5	15.6	15.9	16.7	15.9	17.4	15.6	14	15	16.9	15.9	모래질 실트
3	27.460k	17.9	18.5	18.6	17.4	17.6	18.8	17.6	16.7	18.1	17	17.8	모래질 실트
4	27.480k	17.5	17.6	15.8	17.5	17.1	16.6	16.8	15.6	15.8	17.5	16.8	모래질 실트

【표 2.3.11】 2구간 토양경도시험 측정결과

구분	측정위치	측정치(mm)										평균 mm	지반 분류
1	27.600k	15.9	15.1	15.5	15.6	16.5	16.6	17.5	14.5	16.5	15.6	15.9	모래질 실트
2	27.620k	16.8	16	17.6	17.5	16	15.9	15.1	15.6	15.5	15.5	16.2	모래질 실트
3	27.640k	15.7	15.8	15.6	15.5	15.1	16.5	18.5	15.5	15.3	15.5	15.9	모래질 실트
4	27.660k	15.8	15.6	16.5	16.5	16.6	16.1	16.2	16.5	16.2	16.5	16.3	모래질 실트

【표 2.3.12】 3구간 토양경도시험 측정결과

구분	측정위치	측정치(mm)										평균 mm	지반 분류
1	27.820k	15.1	15.4	13.5	15.5	15.5	15.1	15.6	15.5	16.5	15.9	15.4	모래질 실트
2	27.840k	16.6	15.5	15.1	15.6	15.7	15.6	17.5	16.7	15.5	15.1	15.9	모래질 실트

라. 토층심도 조사

본 사면의 준공도면을 통한 조사결과 토층심도는 약 4.0m 정도인 것으로 확인되었다.

2.4 상태평가

2.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 500m의 사면으로서, 지반특성에 따른 사면분류를 실시하였고 외관조사시 실시한 구간분할과 동일하게 3구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다.

【표 2.4.1】 사면분할 현황

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	27.400~27.590	190.0	20.0	절리암반사면	
2구간	27.590~27.800	210.0	30.9	절리암반사면	
3구간	27.800~27.900	100.0	7.5	절리암반사면	

나. 지반특성에 따른 사면분류

대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-절토사면 (2021.12, 국토안전관리원)”의 기준에 따라 분류한 결과를 다음 [표 2.4.3]에 수록하였다.

토층심도 및 암반 블록크기 비는 준공도서, 초기점검보고서, 현장조사를 종합적으로 고려하여 작성하였다.

【표 2.4.2】 비탈면 분류기준

구 분		토층심도율	압축강도	블록크기비	주요 파괴유형	비고
토사사면		> 0.4	—	—	원호, 표층	
암반 사면	연약암반사면	≤ 0.4	≤10 MPa	—	표면, 원호 평면, 켜기	제3기층 등
	파쇄암반사면		>10 MPa	≤ 0.01	켜기, 평면 원호, 전도	단층파쇄대 등
	절리암반사면			> 0.01	켜기, 평면 전도, 낙석	일반암반사면
— 토층심도율이 0.2 ~ 0.4일 경우, 혼합 사면으로 규정하여 토사 사면과 암반 사면의 특성을 모두 고려할 필요가 있음						

- 토층심도율(SR)

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

여기서, Soil depth(토사층의 두께), Slope height(사면의 연직 최고높이)

- 암반의 블록크기 비(BR)

$$\cdot BR = \frac{\text{Block size index (Ib)}}{\text{Slope height (H)}}, Ib = \frac{\sum_{i=1}^3 Si}{3}$$

여기서, Si(절리군의 간격) : 현장조사시 측정된 절리군의 간격적용

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

- 시공 중 사면보고서 내 암반 블록크기

$$Ib_1 = 0.4, Ib_2 = 0.4, Ib_3 = 0.4$$

$$Ib = \frac{\sum_{i=1}^3}{3} = \frac{Ib_1 + Ib_2 + Ib_3}{3} = 0.400$$

- 초기점검보고서 내 암반 블록크기

$$Ib_1 = 1.27, Ib_2 = 0.666, Ib_3 = 1.106$$

$$Ib = \frac{\sum_{i=1}^3}{3} = \frac{Ib_1 + Ib_2 + Ib_3}{3} = 1.107$$

【표 2.4.3】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류 기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{\text{Soil depth}}{\text{Slope height}} = \frac{3.9}{20.0} = 0.195$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	3구간 평가결과를 활용	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{\text{Block size} \in dex}{\text{Slope height}} = \frac{0.4}{20.0} = 0.02$ 로 0.01초과	절리암반	
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{\text{Soil depth}}{\text{Slope height}} = \frac{3.9}{30.9} = 0.126$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	3구간 평가결과를 활용	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{\text{Block size} \in dex}{\text{Slope height}} = \frac{0.4}{30.9} = 0.012$ 로 0.01초과	절리암반	
3구간	토층심도율	0.4	사면높이 7.5m로 2구간의 평가결과를 활용	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 100.1MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{\text{Block size} \in dex}{\text{Slope height}} = \frac{0.4}{7.5} = 0.053$ 로 0.01초과	절리암반	

※토층심도율이 0.2~0.4일 경우, 혼합사면으로 규정하여 토사사면과 암반사면의 특성을 모두 고려

2.4.2 상태평가 결과

절리암반사면의 상태평가를 위한 절리방향, 절리경사, 절리상태는 시공 중 실시한 깎기비탈면 현황 사면보고서 내 Site-1의 주절리 set-1에 대하여 평가하였다.

가. 상태평가 조사결과표

【표 2.4.4】 1구간 사면 손상상태 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.29+700~30+200(우))		표번호	[표 2.4.4]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	27.400~27.590km	
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	2022. 10. 21		조사자	정 지 운	

【표 2.4.5】 1구간 사면 파괴요인 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.29+700~30+200(우))		표번호	[표 2.4.5]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	27.400~27.590km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	-	-		
1-6		절리경사-사면경사	-	-		
1-7		절리상태	-	-		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	45°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	199mm(과주, 22년6월30일)	4	4	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	매우 좋음	0		
1-11	배수조건		양호	1		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2022. 10. 21		조사자	정 지 운		

【표 2.4.6】 2구간 사면 손상상태 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.29+700~30+200(우))	표번호	[표 2.4.6]		
조사영역번호	2구간	조사영역 위치	27.590~27.800km		
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	2022. 10. 21		조사자	정 지 운	

【표 2.4.7】 2구간 사면 파괴요인 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.29+700~30+200(우))		표번호	【표 2.4.7】		
조사영역 번호	2구간		조사영역 위치	27.590~27.800km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	$205^{\circ} - 231^{\circ} = -26^{\circ}$	3		
1-6		절리경사-사면경사	$65^{\circ} - 55^{\circ} = 10^{\circ}$	0		
1-7		절리상태	유리(절리상태 점수 1.4점)	1		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	45°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	199mm(파주, 22년6월30일)	4	4	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	매우 좋음	0		
1-11	배수조건		양호	1		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2022. 10. 21		조사자	정 지 운		

【표 2.4.8】 3구간 사면 손상상태 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.29+700~30+200(우))	표번호	[표 2.4.8]		
조사영역번호	3구간	조사영역 위치	27.800~27.900km		
1. 파괴 징후					
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. 파괴 현황					
일련번호	파괴유형	상 태		상태 점수	비고
		위치	규모		
1-4	-	-	-	0	
조사일시	2022. 10. 21		조사자	정 지 운	

【표 2.4.9】 3구간 사면 파괴요인 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.29+700~30+200(우))		표번호	[표 2.4.9]		
조사영역 번호	3구간		조사영역 위치	27.800~27.900km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	-	-		
1-6		절리경사-사면경사	-	-		
1-7		절리상태	-	-		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	45°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	199mm(파주, 22년6월30일)	4	4	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	매우 좋음	0		
1-11	배수조건		양호	1		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2022. 10. 21		조사자	정 지 운		

나. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.14로서 평가결과는 “A” 로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량로 해당사항에 대해서는 중점 관리가 필요할 것으로 판단된다.

【표 2.4.10】 1구간 상태평가결과 산정표

시설물명			절토사면 (STA.29+700~30+200(우))				표번호
근거표번호			[표 2.4.4], [표 2.4.5]				[표 2.4.10]
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	7	f2=0.13	a
		⑥ 절리경사—사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	0	a			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	4	e			
	인위요인	⑩ 절취상태	0	a			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계 (Σ)					7	F=0.09	A
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 7 / 52 = 0.13 ○ 상태평가등급(F) : 7 / 76 = 0.09					

【표 2.4.11】 2구간 상태평가결과 산정표

시설물명			절토사면(STA.29+700~30+200(우))				표번호
근거표번호			[표 2.4.6], [표 2.4.7]				[표 2.4.11]
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	3	c	11	f2=0.21	b
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	1	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	4	e			
	인위요인	⑩ 절취상태	0	a			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					11	F=0.14	A
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 11 / 52 = 0.21 ○ 상태평가등급(F) : 11 / 76 = 0.14					

【표 2.4.12】 3구간 상태평가결과 산정표

시설물명			절토사면 (STA.29+700~30+200(우))			표번호	
근거표번호			[표 2.4.8], [표 2.4.9]				[표 2.4.12]
평가요소			결합점수	결함종류별 평가결과	총점	결합지수	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	7	f2=0.13	a
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	0	a			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	4	e			
	인위요인	⑩ 절취상태	0	a			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계 (Σ)					7	F=0.09	A
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 7 / 52 = 0.13 ○ 상태평가등급(F) : 7 / 76 = 0.09					

【표 2.4.13】 상태평가결과

구 분	1구간		2구간		3구간		구간별평가결과(Min)	
	결합지수	등급	결합지수	등급	결합지수	등급	결합지수	등급
절토사면(STA.29+700~30+200(우))	0.09	A	0.14	A	0.09	A	0.14	A

다. 공중이 이용하는 부위

본 사면에는 공중이 이용하는 부위인 [추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개]가 없는 것으로 확인되었다.

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 결과는 다음과 같다.

【표 2.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표				
시설물명	절토사면(STA.29+700~30+200(우))		표 번 호	【표 2.5.1】
평가구분	결함지수	평가결과	비 고	
1구간	0.09	A	근거표번호	【표 2.4.10】
2구간	0.14	A	근거표번호	【표 2.4.11】
3구간	0.09	A	근거표번호	【표 2.4.12】
안전성평가	해당없음			
종합평가	0.14	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	비고
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 위험이 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
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	15.00	22.50	m	－	－	하자
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	－		－		－		
	재경비 (순공사비의 50%)	－		－		－		
	합계	－		－		－		
개략공사비 총계(천원)		－						

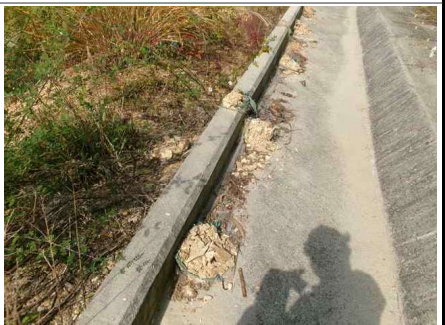
주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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
배수 시설	· 배수로 균열 구간 → 균열부에 대한 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
	· 토사퇴적 및 폐기물 적치 구간 → 강우시 원활한 배수를 위하여 손상부에 대한 정비가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상 발생 방지를 위한 유지관리가 필요	

2.7 종합결론

2.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 대상 시설물은 고속국도 17호선 상에 위치한 2중 절토사면으로서 금회 현장조사를 통한 사면의 상태를 종합적으로 평가한 결과는 다음과 같다.
- 외관조사 결과, 사면 전면에 걸쳐 식생공, 배수시설, 보호시설이 설치되어 있으며, 일부노출암 및 시공시 사면보고서, 초기점검보고서를 확인한 결과 암상태는 신선(F)~심한풍화(HW)인 상태로 확인되었다. 사면 상단에 관목류가 발달되어 있는 상태이며, 사면부 식생상태가 양호한 상태로 인장균열, 지반변형 등의 파괴징후는 관찰되지 않은 양호한 상태이다. 다만, 소단배수로에 발생한 토사퇴적 및 폐기물 적치 등의 손상은 강우시 원활한 배수를 위하여 조치가 필요한 것으로 판단된다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 반발경도시험 결과, 보정반발경도는 49.5로 측정되었으며, 추정강도 100.1MPa로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 토양경도시험 결과, 지반분류는 모래질 실트로 확인되었으며, 최소 15.4, 최대 17.8, 평균 16.2mm로 조사되어 조밀한 상태로 측정되었다.
- 대상 사면은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.14로서 평가결과는 “A등급”으로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 사면 일강우량으로 해당사항에 대해서는 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “A등급”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

- 손상부에 대한 일부 조치 및 주기적인 점검을 통해 손상진전 및 현황관리가 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.