

관 리 번 호

사 본 번 호

고속국도 제17호선

서울 ~ 문 산 고 속 도 로 민 간 투 자 사 업

[제4공구]

사 면 보 고 서

[준 공]

2020. 11



서울문산고속도로주식회사

서울~문산 고속도로 민간투자사업 제4공구
시설물 명칭 변경 현황

실시계획	확정
월릉육교	월릉1육교
월릉지하차도	월릉2육교
월릉교	신월릉교

서울~문산 고속도로 민간투자사업(4공구)

꺽기비탈면 현황도 작성 보고서

능산1교 전 (좌안) (STA.28+710~28+880)

2020. 02.



목차

제1장 과업의 개요	1
1.1 과업 목적	1
1.2 과업 범위 및 내용	1
1.3 과업수행 기간	1
제2장 현장 개요	2
2.1 과업위치	2
2.2 지형 및 지질특성	3
2.2.1 지형특성	3
2.2.2 지질특성	3
2.2.3 지질각론	4
2.3 현장조사	5
2.3.1 지표지질조사	5
제3장 깎기비탈면 현황	11
3.1 깎기비탈면 기본현황	11
3.2 조사영역 및 현황사진	11
제4장 깎기비탈면 현황도	12
4.1 깎기비탈면 전경	12
4.2 현황도 작성	13
제5장 세부 설명	14
5.1 개요	14
5.2 세부설명	14
제6장 총평	21

부 록

1. 깎기비탈면 체크리스트
2. 깎기비탈면 전경
3. 깎기비탈면 세부사진
4. 깎기비탈면 현황도
5. 깎기비탈면 횡단면도

제1장 과업의 개요

1.1 과업 목적

- 본 과업은 (주)대우건설에서 용역 발주한 “서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)” 중 「능산1교 전 (좌안) STA.28+710~28+880」 비탈면과 관련하여 깎기비탈면에 대한 현황도(Face Map)를 작성 하는데 그 목적이 있다.
- 국내의 경우 전국토의 2/3 이상이 산악지로 구성되어 있어 각종 토목공사에 따른 깎기비탈면의 발생은 필연적이다. 또한 기상특성상 장마기의 집중강우와 사계절반복에 의한 동결융해 작용으로 토층 이동현상과 암 블록 이완현상에 의한 깎기비탈면의 붕괴가 많이 발생하고 있는 실정이다. 최근에는 지역적 집중강우에 의해 깎기비탈면 붕괴가 더욱 빈번하게 발생하고 있으며, 인명 및 재산피해를 초래하고 있다. 따라서, 산업 발전과 더불어 산지를 이용하는 국가기간 도로망의 개설 또는 확장 등의 개발에 있어 깎기비탈면 안정성 확보의 중요성이 증대되고 있으며, 이러한 깎기비탈면의 안정성은 도로 시설의 운영 및 이용의 안전성과도 연관된다.
- 현재 국토교통부는 전국 일반국도에 분포하고 있는 모든 깎기비탈면의 현황자료를 데이터베이스로 구축하여 유지관리 에 적극 활용하고 있다. 최근 도로의 선형을 직선화하는 개량사업이 활발히 추진됨에 따라 새로운 깎기비탈면이 지속적으로 생겨나고 있으며, 새로운 비탈면에 대한 데이터 수집이 요구된다. 그러나 최근 조성되는 깎기비탈면은 친환경적 차원의 방안으로 표면부 녹화공법의 적용 빈도가 매우 높다. 따라서 비탈면 녹화 등의 원인으로 도로공사 준공 후 조사가 불가능한 원지반 및 지질 특성에 대한 자료를 시공 단계에서 수집하는 것이 바람직하며, 본 과업의 목적 또한 여기에 있다. 수집된 자료는 데이터베이스에 전산화 되어 관리됨으로써 향후 유지관리 및 보수, 보강시 안정성 평가의 기초 자료로 활용될 것이다.

1.2 과업 범위 및 내용

- 본 과업은 「서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)」 시공현장 내에 조성되고 있는 깎기비탈면을 대상으로 한다. 조사자가 직접 현장을 방문하여 육안 관찰을 통한 정밀조사를 실시하여 비탈면 안정성에 영향을 미치는 주변지형 및 지질특성을 파악한다. 국토교통부 도로운영과에서 제시하고 있는 깎기비탈면 현황도 작성 요령을 숙지하고 정해진 형식에 따라 조사대상 깎기비탈면의 현황도를 작성한다.
- 작성된 현황도는 불연속면 발달 양상이 다른 구간을 기준으로 영역을 구분하고 각 영역별로 암질, 풍화도, 불연속면 특성, 위험인자 등을 기입하였으며, 현황도 및 사진자료를 첨부하여 세부 설명을 기재하였다.
- 공사명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)
- 과업구간 : 능산1교 전 (좌안) STA.28+710~28+880
- 과업내용 : 주변지형 및 지질특성 파악, 현황도 작성, 불연속면 자료 수집, 사진자료 수집

1.3 과업수행 기간

- 과업기간 : 2020. 01. 16. ~ 2020. 01. 30.

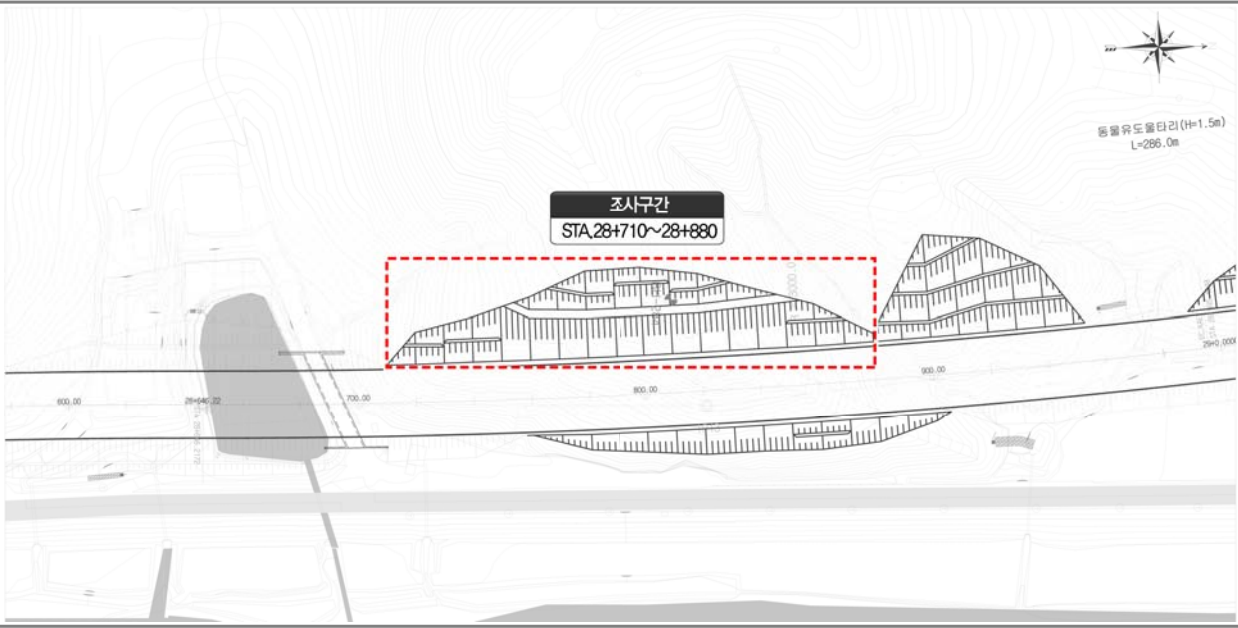
제2장 현장 개요

2.1 과업위치

- 과업 위치 : 경기도 파주시 금능동 일원



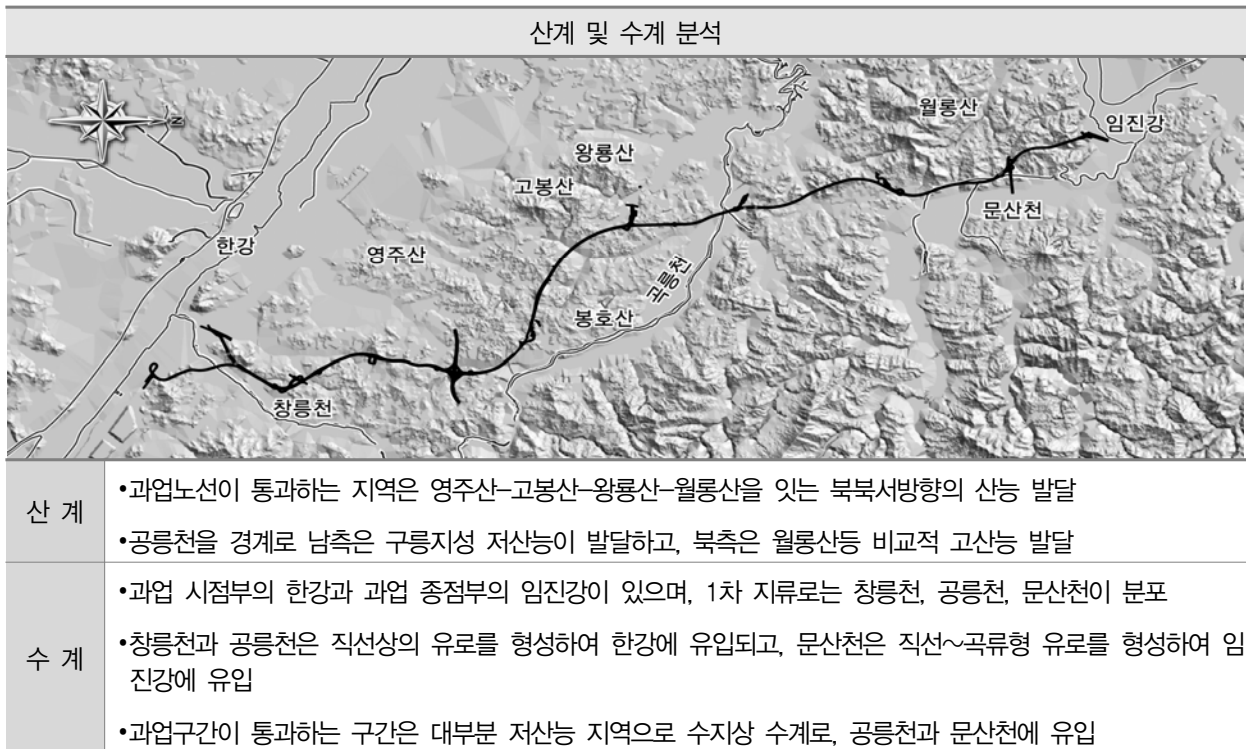
〈그림 1.〉 조사대상 깎기비탈면 위치도



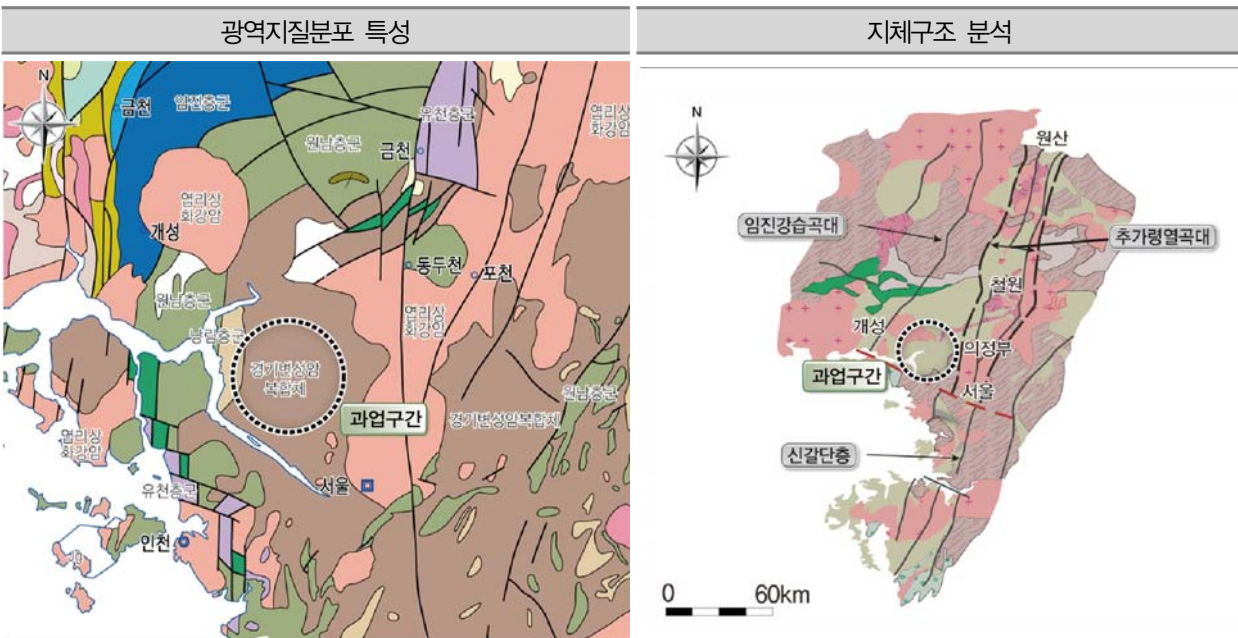
〈그림 2.〉 조사대상 깎기비탈면 평면도

2.2 지형 및 지질특성

2.2.1 지형특성



2.2.2 지질특성



- 과업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 강화도 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
- 과업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하며, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되어 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향은 적음

2.2.3 지질각론



- 과업구간은 선캄브리아기 흑운모편마암, 석회질편마암이 분포하며 이를 신생대 제 4기 충적층이 부정합으로 분포한다.
- 흑운모 편마암은 조사지역의 최하부 지층으로 지역적으로 모암의 성분 차이에 의하여 사질/이질 편암, 석영편암, 석영-운모편암, 운모편암과 석회질 편마암, 대리암, 석회규산염암 등이 교호, 혹은 협재한다.
- 암회색 내지 담회색을 띠는 흑운모 편마암은 흑운모의 함량에 따라 암상이 다소 불균질하게 나타나며, 대부분은 우백대와 우흑대가 1cm이하의 폭으로 호상구조를 이루고 있다.
- 흑운모는 주로 흑운모, 정장석, 사장석, 석영, 백운모 등으로 관찰된다.
- 과업구간에 있는 노두의 암상은 석회질 편마암이며 암상은 담회색~암회색, 입자크기는 중립~조립질로 관찰된다.
- 과업구간에 소규모로 규암이 분포하며, 조사지역의 동쪽으로는 남북방향의 단층이 분포한다.

2.3 현장조사

2.3.1 지표지질 조사

(1) 조사기준

지표지질조사는 도로설계요령에서 제시한 방법으로 수행하였으며 조사기준은 다음과 같다.

〈표 1.〉 지표지질조사

구 분	조 사 항 목	조 사 기 준
비탈면조사	지표지질조사	•노출암을 대상으로 주향, 경사 측정 불연속면 특성 파악

(도로설계요령, 제2권 토공 및 배수)

(2) 조사내용

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

먼저 기존자료인 1:50,000 축척의 지형도와 지질도를 통해 지형 및 지질상태를 파악하였다. 현장 조사시에는 절리 및 풍화정도를 조사기준에 따라 차례로 수행하고 지하수의 존재 여부 및 파쇄대(Fracture Zone)를 관찰하였다. 암반 내에 분포하는 불연속면의 주향과 경사를 측정하기 위해서 Clino-Compass를 사용하였으며, 암괴의 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 평사투영법을 이용하여 위험암반의 안정성 분석을 수행하였다.

(3) 조사방법

암반조사와 절리조사 및 이와 연계된 비탈면상태 조사방법은 다음과 같다.

① 풍화정도

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

•물리적 풍화의 주요 원인은 상재 하중의 제거에 따른 압력의 감소, 물의 동결, 온도변화, 식물의 작용 등을 들 수 있다. 화학적 풍화는 물과 암석 중의 광물이 작용하여 용해, 산화, 탄산화, 가수분해, 수화, 이온교환 등을 통해 암석이 풍화되는 것을 의미한다.

•암석이 물리적 및 화학적 풍화와 생물의 작용을 받아 작은 입자들로 변하여 대체로 그 자리나 가까운 곳에 위치하여 유기물을 포함한 것을 토층(Soil)이라 한다. 지표의 굳지 않은 암석의 크고 작은 부스러기를 모두 토층이라고도 하나, 이를 표토(Regolith)라 하여 토양과 구분하고 있다.

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

•일반적으로 CW와 RS는 토층, HW는 암과 토층의 경계물질로 풍화암, MW는 연암, SW는 경암, F는 극경암에 해당한다.

•지반물질의 풍화는 하부에서 상부로 올라 갈수록 점진적으로 풍화정도가 심하게 된다. 그러나 곳에 따라서는 지하의 열수용액에 의한 풍화작용을 받게 되면, 풍화가 하부에서도 상당히 진전되는 경우도 많다. 일반적으로 변성암에서는 단층 및 절리 등의 복잡한 지질구조로 인한 불규칙한 풍화양상을 보인다.

② 암석의 구조

• 암석은 층리(Bedding Plane), 엽리(Foliation), 벽개면(Cleavage)과 같은 어느 일정한 방향성 구조를 보이는데, 이는 암석의 공학적 성질에 영향을 줄 수 있다. 그러므로 구조의 발달상태와 정도를 정략적으로 서술한다.

③ 암석의 색깔

• 암석의 색깔은 암석의 층리 구분, 암종 구분, 풍화정도 구분에 유용하게 사용되는데, 암석색깔은 혼돈을 방지하기 위하여 가능한 색도표를 사용하여 용어의 선택을 통일한다.

④ 입자크기

• 입자의 크기는 암석의 공학적 성질에 영향을 주는 중요한 요소이다. 같은 종류의 암석이라도 구성입자 크기의 차이만으로도 암석의 공학적 성질은 달라진다.

⑤ 암석의 강도

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

〈표 2.〉 강도에 의한 분류(ISRM)

용 어	상 태	일축압축강도 (kgf/cm ²)
극히 강함 (extremely strong)	•여러번의 해머타격으로도 잘 깨어지지 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 •휴대용 칼로 긁어지지 않음	250~500
약함 (weak)	•해머의 끝으로 타격해 자국이 남는 정도 •휴대용 칼로 약간 긁어짐	50~250
매우 약함 (very weak)	•해머의 끝으로 타격해 부서지는 정도 •휴대용 칼로 쉽게 긁어짐	10~50
극히 약함 (extremely weak)	•엄지손톱으로 자국이 나는 정도	2.5~10

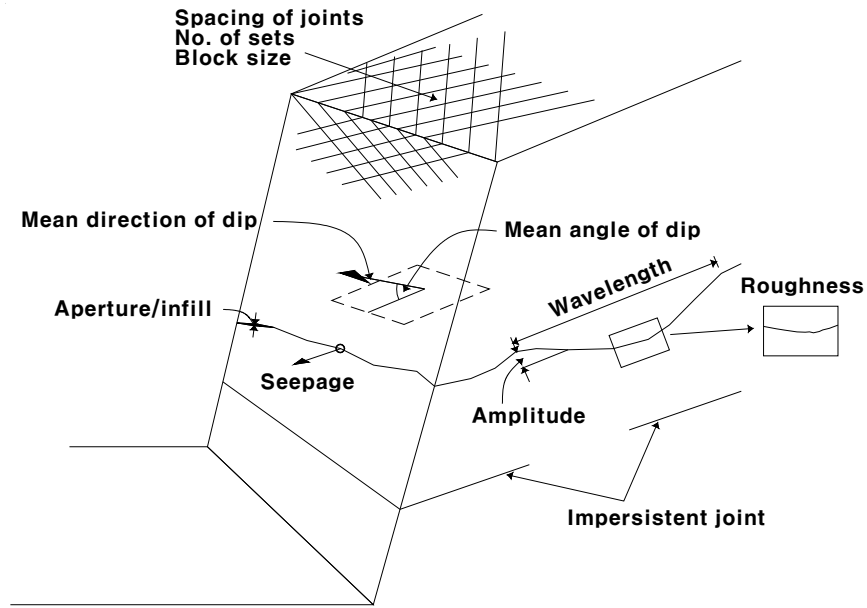
⑥ 암석의 종류

• 암석의 이름은 성인, 광물조성, 구조 등을 나타내며, 암석들마다 각기 공학적인 특성은 다르므로 암석의 종류를 언급하는 것은 중요하다. 그러나 자세한 지질학적 용어를 사용하기보다는 공학적인 견지에서 토목기술자들이 손쉽게 암석의 종류를 구분하는 것이 바람직하다.

⑦ 절리면의 공학적인 특성조사

• 원리 및 방법

– 과업지역 내에 존재하는 단열계(방향성, 절리간격, 연장성, 거칠기, 강도, 틈새, 충전물질, 지하수 용출상태, 절리의 방향수, 암괴의 크기)의 특성을 파악하였다. 비탈면에 영향을 미치는 지질구조(단층, 습곡, 연약대, 지하수분포 등)를 조사한 후, 비탈면에 관련한 취약부를 확인해 단층파쇄대 정밀조사를 수행하였으며, 선구조분석 등의 기존 조사결과와 비탈면구간의 Face mapping을 비교 분석하여 종합적인 지질특성을 분석하여 비탈면의 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, 자북에 대해 6° 를 보정하여 진북의 값을 구해 적용시켰다. 불연속면의 표현법은 다음과 같다.

〈표 3.〉 절리 표시방법

구 분	기 호 및 설 명
주향 / 경사 기 호	•↘ : 45°경사와 선방향의 주향을 가진 불연속면 •■ : 선방향의 주향을 가진 수직 불연속면
불연속면 종 류	•↘ : 절리(Joint), ↘ : 층리(Bedding), ↘ : 엽리(Foliation) ↘ : 단층(Fault) •———— : 연속적인 불연속면(확인 단층) •———— : 연속성이 보이지 않는 불연속면(추정 단층)

•절리 간격(Spacing)

- 인접한 불연속면 간의 직선거리를 나타낸다. 일반적으로 같은 군에 속하는 불연속면의 평균거리로 표시된다. 극히 간격이 좁은 불연속면군들을 가진 암반은 낮은 점착력을 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.

〈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 넓음	Very Wide	2,000~6,000
좁 음	Close	60~200	극도로 넓음	Extremely Wide	> 6,000
보 통	Moderate	200~600			

•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	매우 높음	Very High	> 20m
보 통	Medium	3 ~ 10m			

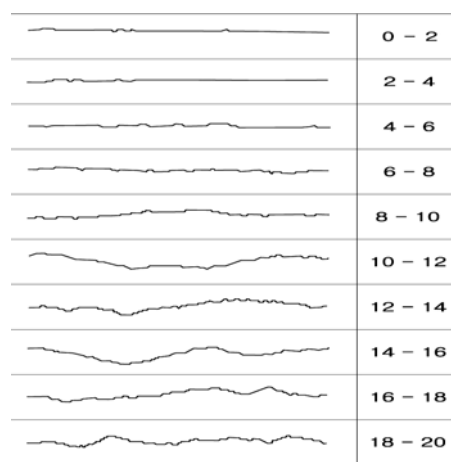
•절리 거칠기 (Roughness)

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

〈표 6.〉 불연속면의 거칠기 등급

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

〈그림 9.〉 거칠기 종단면과 JRC



•불연속면의 간극(Aperture)

– 하나의 불연속면에 서로 인접한 암석간에 분리되어 있는 수직거리를 나타내며, 그 간극의 공간은 물이나 공기, 점토 등으로 채워져 있다. 따라서 간극은 충전된 불연속면의 폭과는 구분된다. 큰 간극은 인지할 수 있는 만곡이나 거칠기를 갖는 불연속면의 전단변형, 충전물(점토)의 쏟아짐, 융해 그리고 인장열극 등에 의해 생긴 것이다. 계곡의 침식이나 빙하의 후퇴 등의 결과로 인장에 의해 개방된 수직이나 급경사의 불연속면들은 매우 큰 간극을 가질 수 있다. 간극의 변화는 불연속면의 전단응력에 영향을 주며, 더 중요한 것은 암반과 불연속면의 투수성과 물의 전도율에 영향을 주는 것이다. 본 과업에서는 불연속면군에 대한 최소~최대 틈새를 기록하였으며, 불연속면의 방향과 위치도 함께 기록하였다. 간극의 표현방법은 다음과 같다.

〈표 7.〉 불연속면 간극의 표현방법

간 극	표 현		간 극	표 현	
< 0.1mm	Very Tight	Closed	1~10cm	Very Wide	Open Features (개방형)
0.1~0.25mm	Tight	Features			
0.25~0.5mm	Partly Open	(폐쇄형)	10~100cm	Extremely Wide	
0.5~2.5mm	Open	Gapped			
2.5~10mm	Moderately Wide	Features			
> 10mm	Wide	(틈새형)	> 1m	Cavernous	

•절리강도 (Wall Strength)

– 불연속면의 벽면을 구성하는 암석의 압축강도는 특히 벽면이 충전되지 않아 직접 암석끼리 접촉해 있는 경우 전단강도와 변형도에 매우 중요한 요소이다. 암체는 표면 가까이에서 자주 풍화되어지고 또는 열수과정에서 변형되기도 한다. 풍화(또는 변형)가 일반적으로 암체의 내부보다는 불연속면의 벽면에 영향을 준다. 전단강도와 변형도에 영향을 주는 상대적으로 얇은 암석벽면은 간단한 Index시험을 통해 이루어진다. 대략적인 일축압축강도는 Schmidt Hammer시험이나 굵기 그리고 Geologic Hammer시험 등으로 추정될 수 있다.

– Schmidt Hammer는 미리 압축된 스프링의 힘을 해방시켜 Hammer가 암반의 표면에 부딪힐 때 반발력을 측정함으로써 암석의 강도를 추정하는 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	일축압축강도 (kgf/cm ²)
R0	Extremely Weak	손톱에 의해 파짐	2.5 ~ 10
R1	Very Weak	햄머 타격에 의해 부스러짐	10 ~ 50
R2	Weak	햄머 타격에 의해 움푹 파짐	50 ~ 250
R3	Medium Strong	햄머 1회 타격으로 깨짐	250 ~ 500
R4	Strong	햄머 1회 이상의 타격에 의해 깨짐	500 ~ 1,000
R5	Very Strong	햄머의 다수타격에 의해 깨짐	1,000 ~ 2,500
R6	Extremely Strong	햄머타격에 의해 약간 깨짐	> 2,500

•충전물질(Filling)

- 한 불연속면에 서로 인접한 암석의 벽면 사이를 충전하고 있는 물질을 말하며, 모암 보다는 일반적으로 강도가 약한 경우가 많다. 일반적으로 충전물질은 모래, 점토, 녹니석, 실트 등이며 충적토, 압쇄암, 단층각력암 등이나 벽면을 얇게 피복하는 광물 등도 포함된다.
- 단단한 광맥(방해석, 석영, 황철광 등)으로 충전된 경우를 제외하고는 일반적으로 깨끗한 면의 불연속면보다는 전단강도가 낮다. 그리고 충전된 불연속면의 거동은 간극에 대립하여 충전된 불연속면의 폭으로 표시한다.
- 형태 : 폭(Width), 벽면거칠기(Wall Roughness), 현장스케치
- 충전물 종류 : 광물조직, 입자크기, 풍화등급
- 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 지하수위 그리고 관련된 방향성의 투수율에 대략 비례한다. 지하수위, 투수의 통로, 수압 등은 암반의 유효응력을 감소시켜 암반의 안정성을 감소시킬 수 있다.

〈표 9.〉 용수 표현방법

등 급	벽면에서 용수에 의한 표현
I	• 건조한 벽면과 천반, 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 평면형이나 전도형 파괴에서 회전형이나 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		

제3장 깎기비탈면 현황

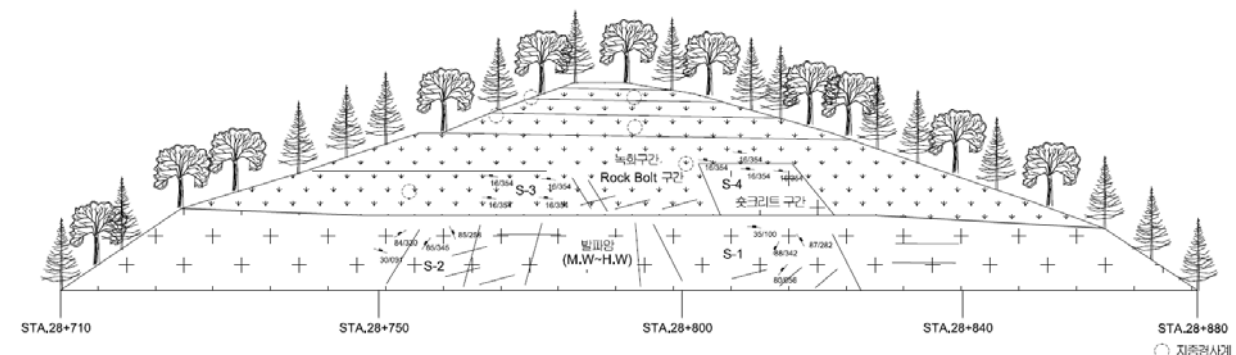
3.1 깎기비탈면 기본현황

- 본 비탈면은 「서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)」 내에 조성되고 있는 깎기비탈면이다.
- 과업구간의 깎기비탈면은 “서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)” 의 「능산1교 전 (좌안) STA.28+710~28+880」 배면 좌측비탈면으로 총연장 170m, 최대높이 33.5m로 조성된 깎기비탈면이다.
- 비탈면의 경사도는 토사구간 1:1.0~1:1.5, 암반구간 1:0.7 시공되었으며, 폭 1m의 소단 4개소, 폭 3m의 소단 1개소가 형성되어있다. 토사층은 약 5.6m 내외의 범위로 분포하고, 비탈면 내 암질의 풍화정도는 심한풍화~보통풍화 정도를 보인다.
- 절리 특성 및 풍화정도를 조사하였으며, 기타 자세한 사항은 현황도에 도시화 하여 나타내었다.

〈표 11.〉 구간별 깎기비탈면 기본 현황

구 분	소 단	구 간	구 배	풍화도	암 종	비 고
능산1교 전 (좌안)	-	STA.28+710~28+880	1:0.7~1:1.5	M.W~C.W	편마암	-

3.2 조사영역 및 현황사진



〈그림 10.〉 깎기비탈면 조사 영역



(a) 시점부

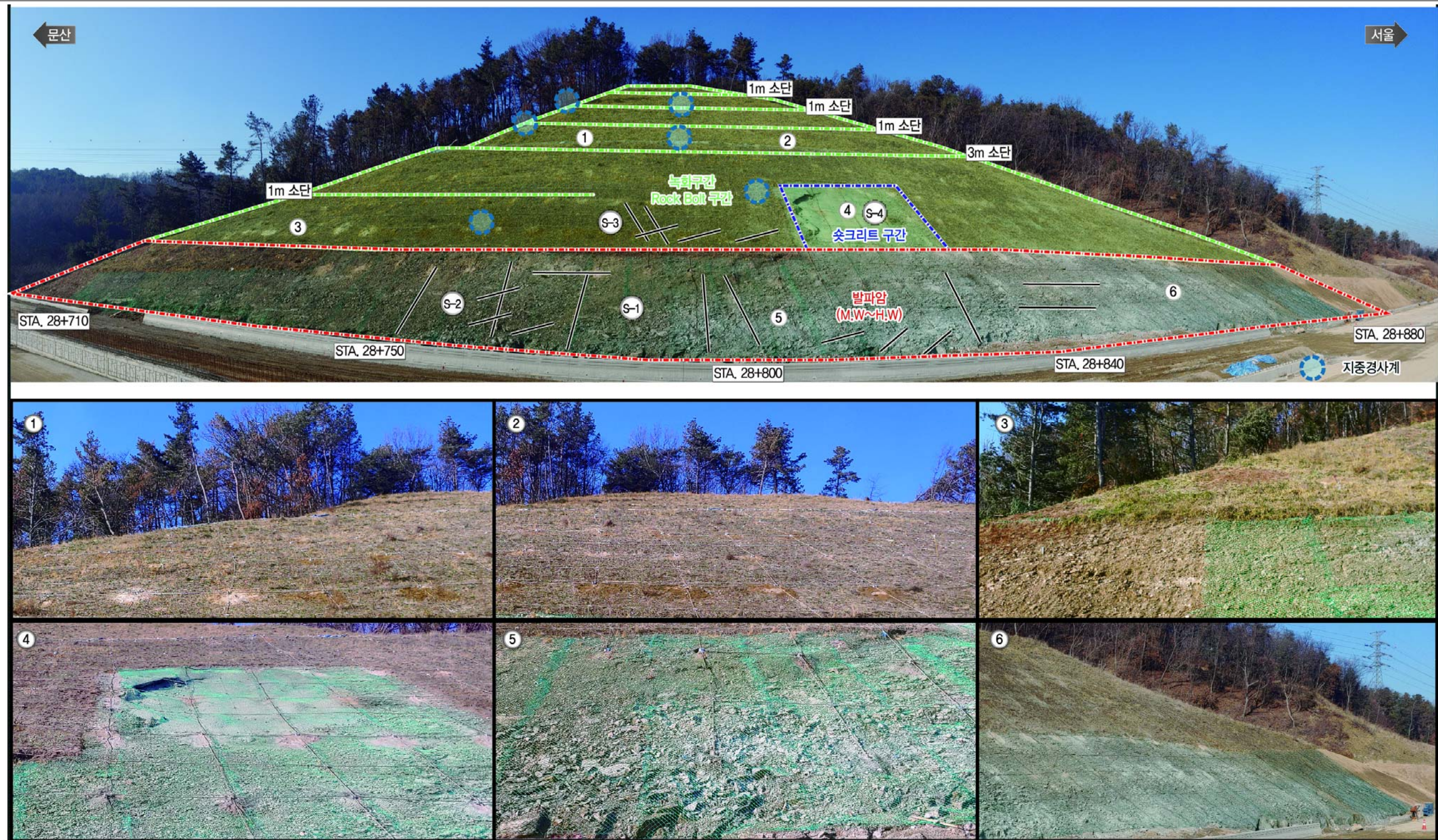
(b) 암반절리구간

〈그림 11.〉 깎기비탈면 조사구간

제4장 깎기비탈면 현황도

4.1 깎기비탈면 전경

깎기비탈면 전경 (능산1교 전 (좌안) STA.28+710~28+880)

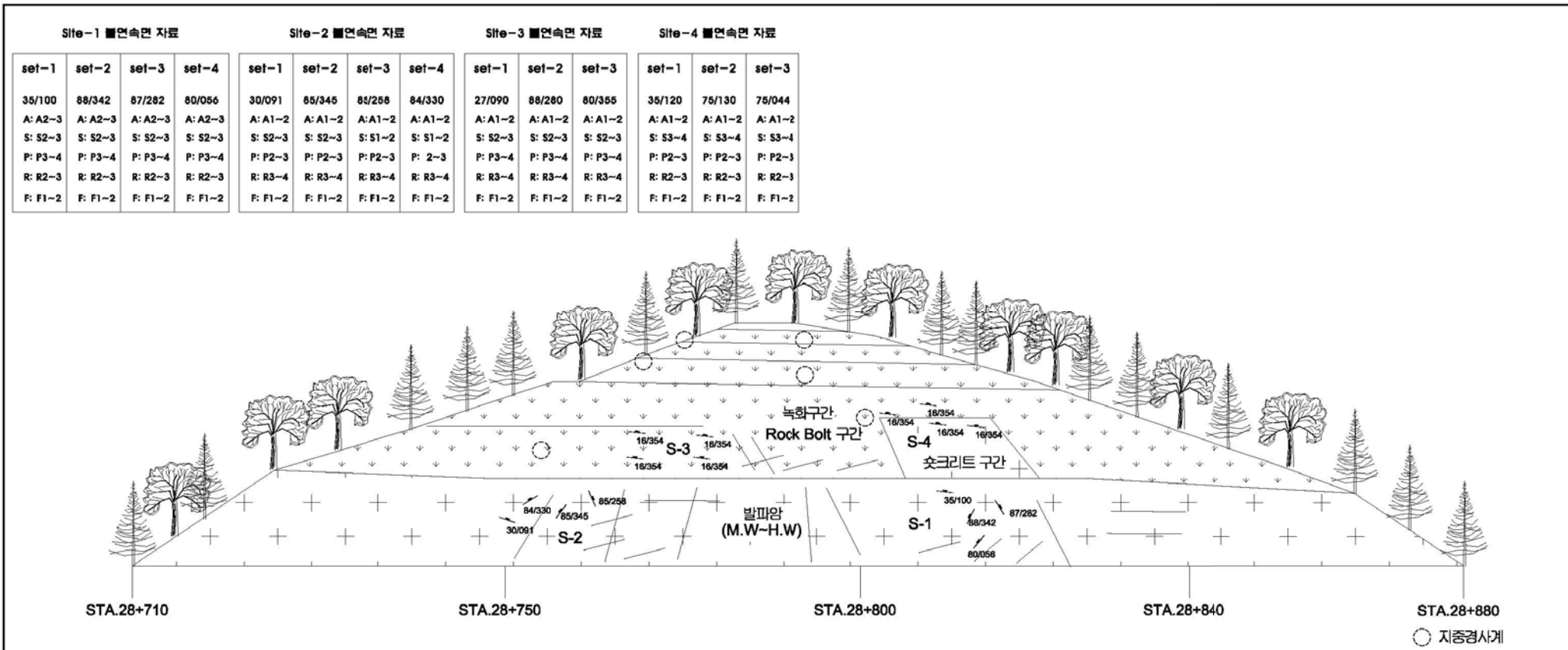


4.2 현황도 작성

꺽기비탈면 현황도 (능산1교 전 (좌안) STA.28+710~28+880)

꺽기비탈면 현황도(능산1교 전 (좌안) STA.28+710~28+880)

위 치	STA.28+710 (시점)	STA.28+880 (종점)	이정표	미설치	연 장	170 m	높 이	33.5m	사면방향	배면사면:88°
-----	-----------------	-----------------	-----	-----	-----	-------	-----	-------	------	----------



Bieniawski의 RMR분류											
간 격(m)		연 장(m)		■ 세(mm)		거칠기		충전율(mm)		풍화도	
> 2.0	S1	< 1.0	P1	tight	A1	매우거칠	R1	void		F1	Fresh
0.6 ~ 2.0	S2	1.0 ~ 3.0	P2	< 0.1	A2	거칠	R2	hard	< 5	F2	S.W.
0.2 ~ 0.6	S3	3.0 ~ 10.0	P3	0.1 ~ 1.0	A3	약간거칠	R3		> 5	F3	M.W.
0.06 ~ 0.2	S4	10.0 ~ 20.0	P4	1.0 ~ 5.0	A4	매끄러움	R4	soft	< 5	F4	H.W.
< 0.06	S5	> 20.0	P5	> 5.0	A5	경변화	R5		> 5	F5	C.W.

표기기호		표기기호	
	업리		지마수용출구간
	절리		단층
	역전된절리		

제5장 세부 설명

5.1 개요

- 비탈면형태는 단일깎기비탈면으로 토사 및 암반으로 이루어진 혼합비탈면이며, 도로 횡단형상 및 종단형상은 직선형의 형태를 띠고 있다.
- 능산1교 전 (좌안) STA.28+710~28+880의 연장 170m 구간으로 상부에는 토사 및 기반암이 분포하며, 기반암은 흑운모 편마암이 주로 분포하고 있다.
- 기반암 구간 비탈면은 1:0.7의 구배를 가지며, 상부의 토사 및 풍화암 구간의 경우 1:1.0~1:1.5의 구배로 절취되어 있다.

5.2 세부설명

1)Rock Bolt 보강



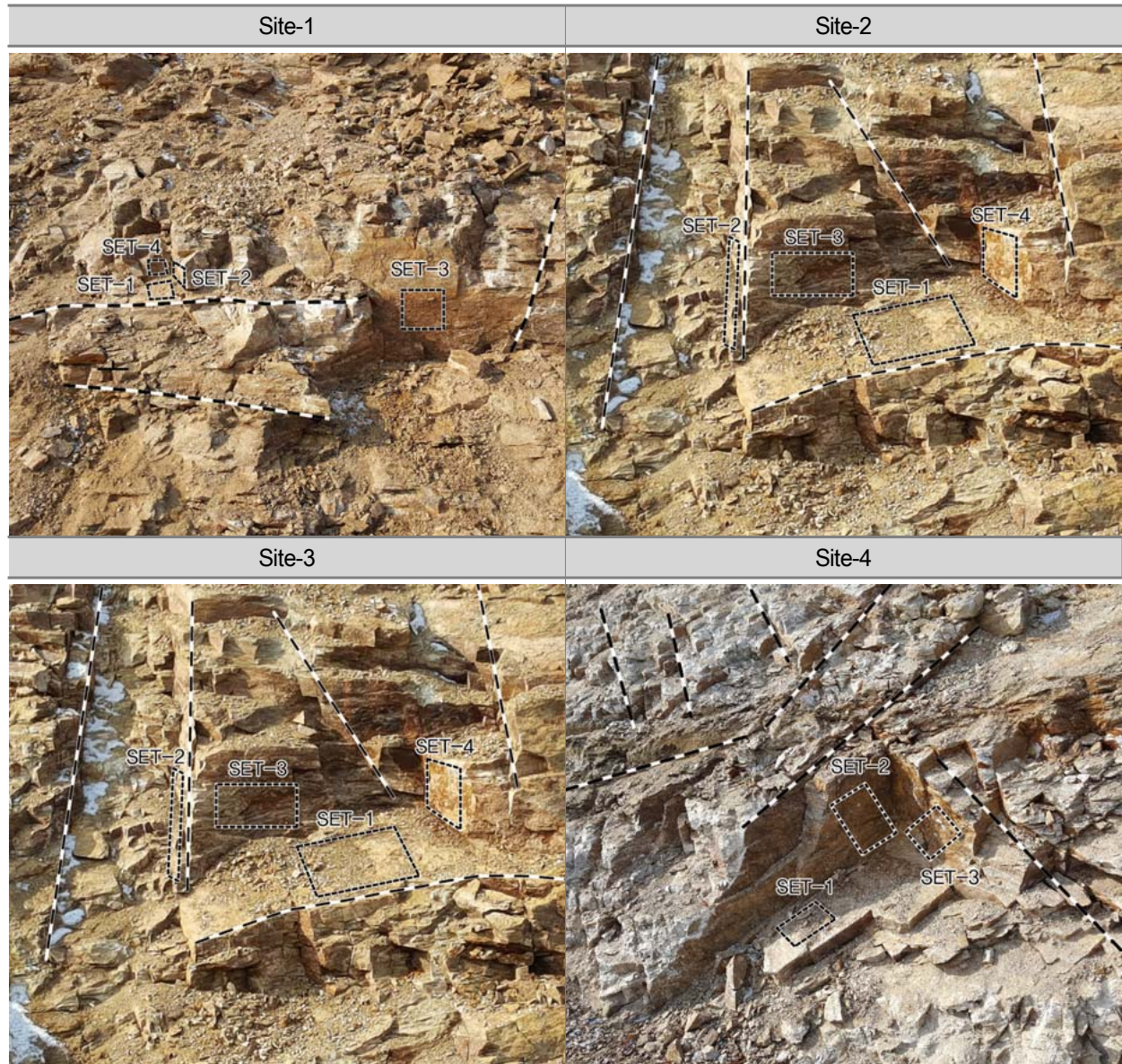
- 본 영역은 Rock Bolt 보강구간이다.

2)지중경사계



- 본 비탈면의 경우 여러차례 붕괴가 발생하여 비탈면 내 지중경사계가 설치되어 있으며, 붕괴구간을 중심 좌측으로 6개의 지중경사계가 설치되어 있다.

3)비탈면 절리 현황



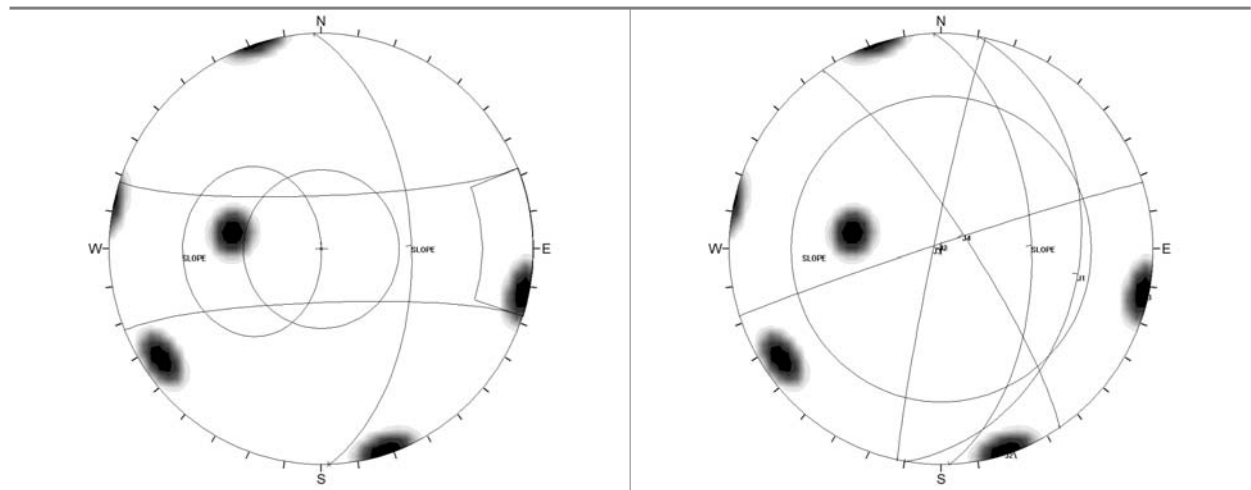
〈그림 15.〉 비탈면 절리 현황

(1) Site-1

- 본 영역은 4개조의 절리면이 발달하고 있으며, 연장성이 긴 사선방향 절리가 주로 발달해 있고 그 외 다수의 절리가 불규칙하고 비교적 복잡하게 발달한 상태이다.

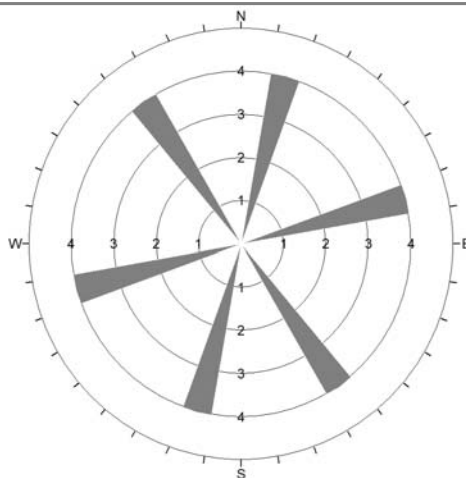
〈표 12.〉 Site-1 불연속면 조사 결과

구 분		경사(°)	경사방향(°)	틈새	간격	연장	충진물	거칠기	풍화도	비 고
주절리	J-1	35	100	A2~3	S2~3	P3~4	F1~2	R2~3	M.W~H.W	—
	J-2	88	342	A2~3	S2~3	P3~4	F1~2	R2~3	M.W~H.W	—
	J-3	87	282	A2~3	S2~3	P3~4	F1~2	R2~3	M.W~H.W	—
	J-4	80	056	A2~3	S2~3	P3~4	F1~2	R2~3	M.W~H.W	—



〈그림 16.〉 Site-1 평사투영 해석결과

- 본 영역의 평사투영 해석 결과, J1(35/100)에 의한 평면파괴, J3(87/282)에 의한 전도파괴, J1(35/100) J2(88/342)에 의한 썩기 파괴 발생 가능성이 있는 것으로 검토되었다.



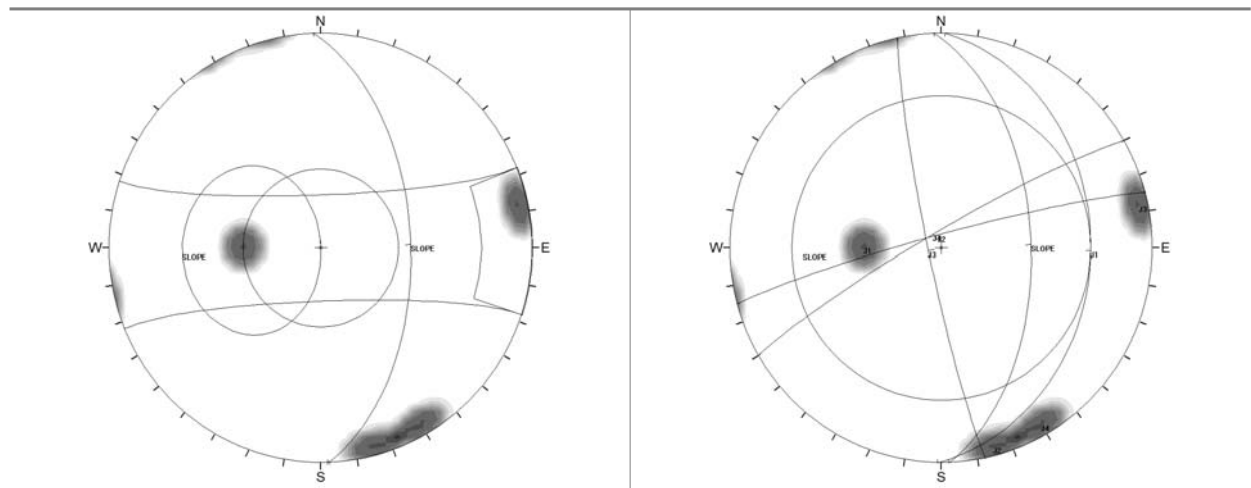
〈그림 17.〉 Site-1 절리분포 현황

(2) Site-2

- 본 영역은 4개조의 절리면이 발달하고 있으며, 연장성이 긴 사선방향 절리가 주로 발달해 있고 그 외 다수의 절리가 불규칙하고 비교적 복잡하게 발달한 상태이다.

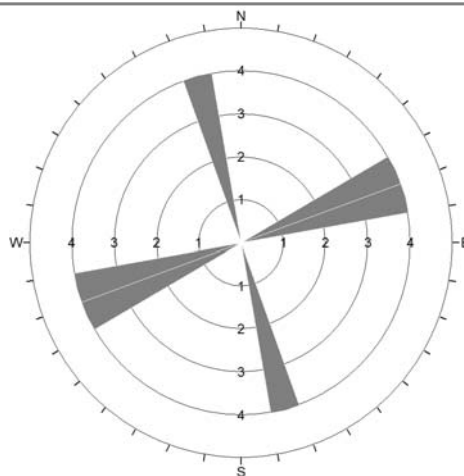
〈표 13.〉 Site-2 불연속면 조사 결과

구 분		경사(°)	경사방향(°)	틈새	간격	연장	충진물	거칠기	풍화도	비 고
주절리	J-1	30	091	A1~2	S2~3	P2~3	F1~2	R3~4	M.W~H.W	—
	J-2	85	345	A1~2	S2~3	P2~3	F1~2	R3~4	M.W~H.W	—
	J-3	85	258	A1~2	S1~2	P2~3	F1~2	R3~4	M.W~H.W	—
	J-4	84	330	A1~2	S1~2	P2~3	F1~2	R3~4	M.W~H.W	—



〈그림 18.〉 Site-2 평사투영 해석결과

- 본 영역의 평사투영 해석 결과, J1(30/091)에 의한 평면파괴, J3(85/258)에 의한 전도파괴 발생 가능성이 있는 것으로 검토되었다.



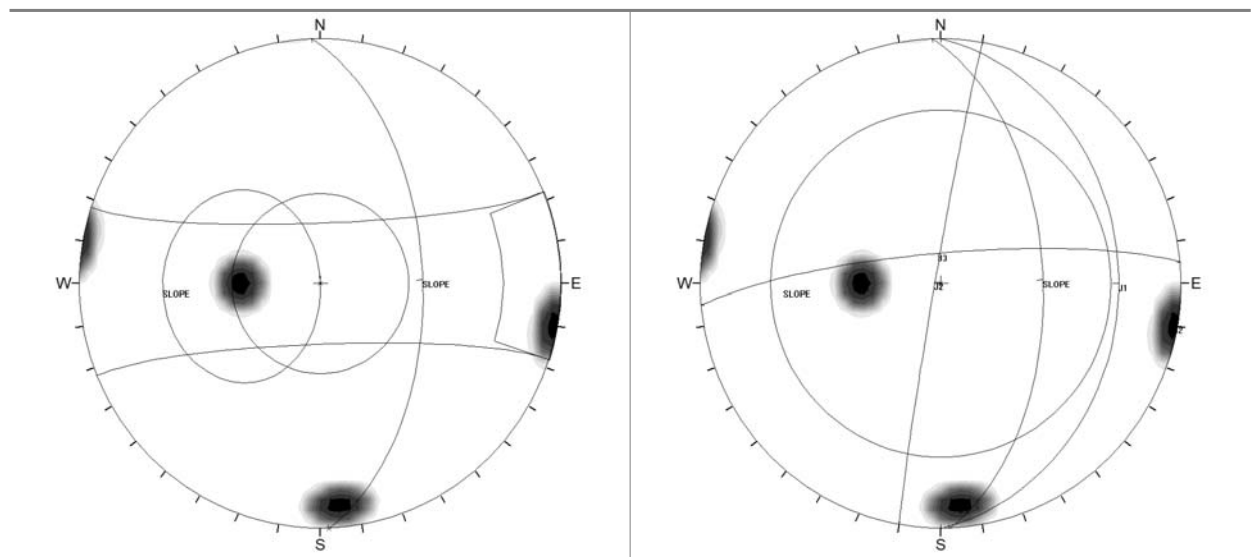
〈그림 19.〉 Site-2 절리분포 현황

(3) Site-3

- 본 영역은 3개조의 절리면이 발달하고 있으며, 연장성이 긴 사선방향 절리가 주로 발달해 있고 그 외 다수의 절리가 불규칙하고 비교적 복잡하게 발달한 상태이다.

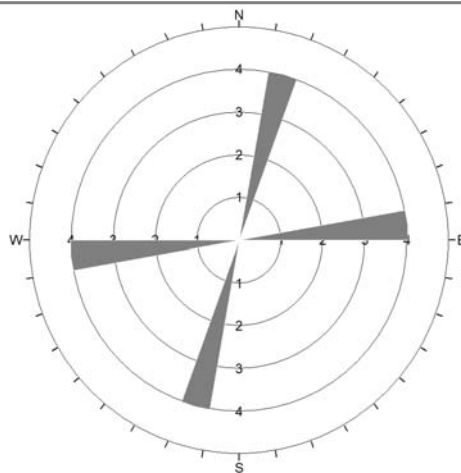
〈표 14.〉 Site-3 불연속면 조사 결과

구 분		경사(°)	경사방향(°)	틈새	간격	연장	충진물	거칠기	풍화도	비 고
주절리	J-1	27	090	A1~2	S2~3	P3~4	F1~2	R3~4	M.W~H.W	—
	J-2	88	280	A1~2	S2~3	P3~4	F1~2	R3~4	M.W~H.W	—
	J-3	80	355	A1~2	S1~2	P3~4	F1~2	R3~4	M.W~H.W	—



〈그림 20.〉 Site-3 평사투영 해석결과

- 본 영역의 평사투영 해석 결과, J2(88/280)에 의한 전도파괴 발생 가능성이 있는 것으로 검토되었다.



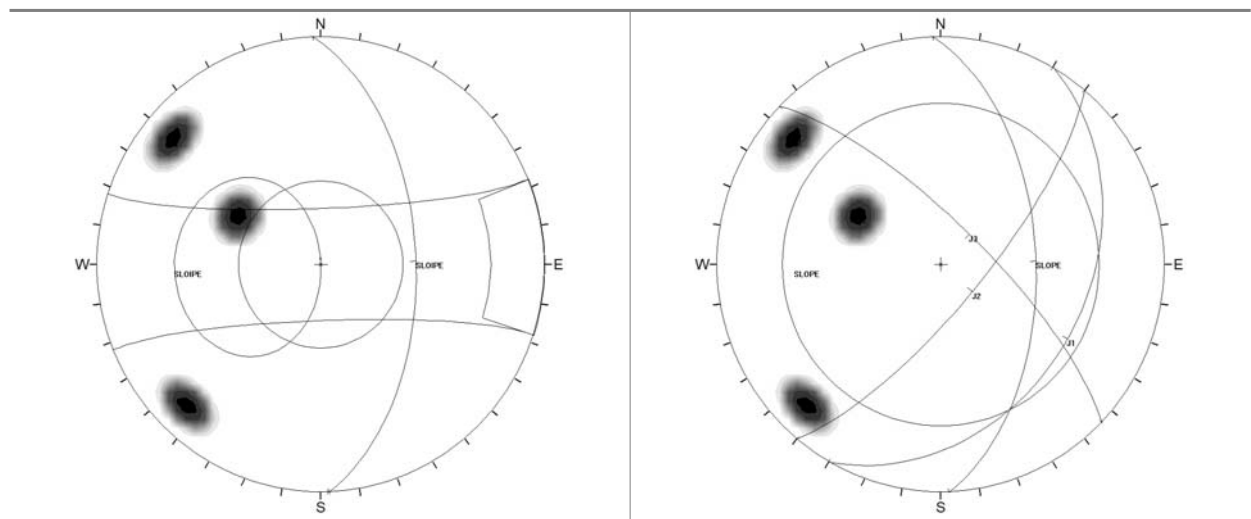
〈그림 21.〉 Site-3 절리분포 현황

(4) Site-4

- 본 영역은 3개조의 절리면이 발달하고 있으며, 연장성이 긴 사선방향 절리가 주로 발달해 있고 그 외 다수의 절리가 불규칙하고 비교적 복잡하게 발달한 상태이다.

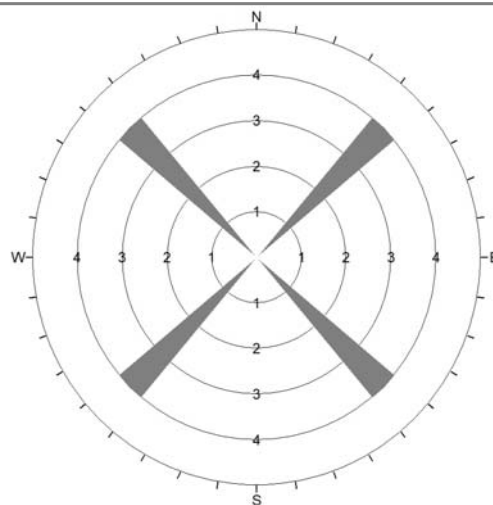
〈표 15.〉 Site-4 불연속면 조사 결과

구 분		경사(°)	경사방향(°)	틈새	간격	연장	충진물	거칠기	풍화도	비 고
주절리	J-1	35	120	A1~2	S3~4	P2~3	F1~2	R2~3	M.W~H.W	－
	J-2	75	130	A1~2	S3~4	P2~3	F1~2	R2~3	M.W~H.W	－
	J-3	75	044	A1~2	S3~4	P2~3	F1~2	R2~3	M.W~H.W	－



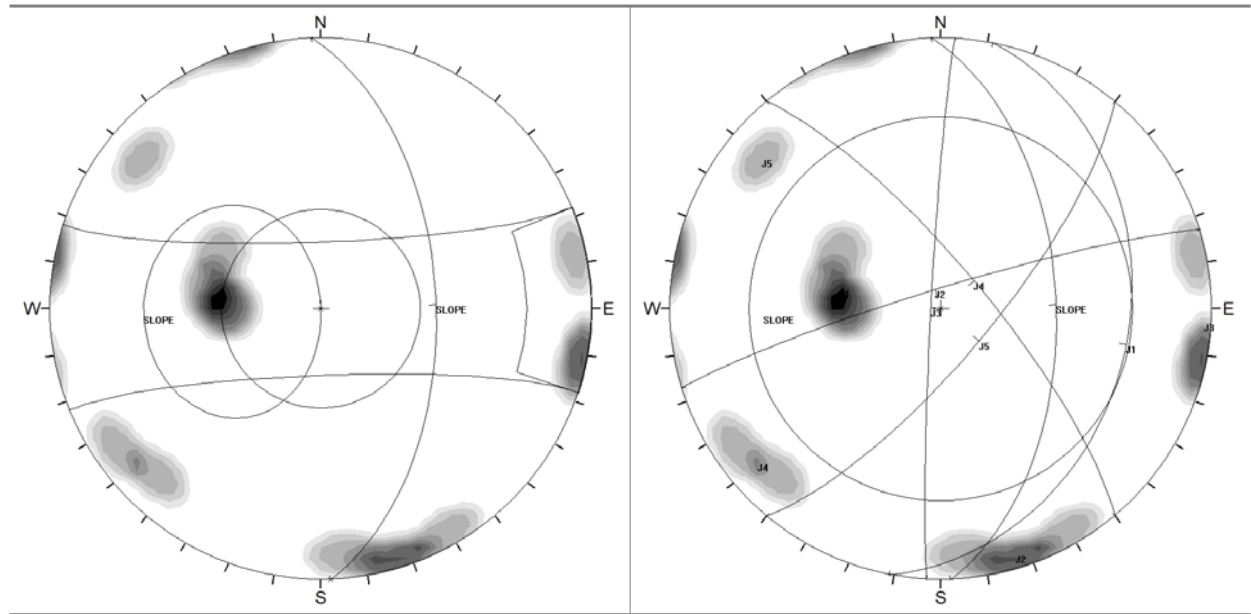
〈그림 22.〉 Site-4 평사투영 해석결과

- 본 영역의 평사투영 해석 결과, J1(35/120)에 의한 평면파괴, J1(35/120) J3(75/1044)에 의한 썩기파괴 발생 가능성이 있는 것으로 검토되었다.



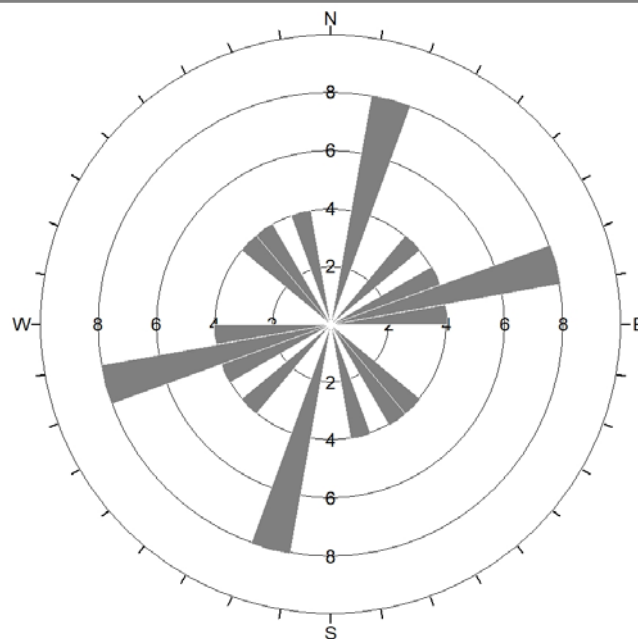
〈그림 23.〉 Site-4 절리분포 현황

(5) 종합 해석결과



〈그림 24.〉 종합 평사투영 해석결과

- 비탈면 절리 종합결과 5개조의 절리면이 발달하고 있으며, 연장성이 긴 사선방향 절리가 주로 발달해 있고 그 외 다수의 절리가 불규칙하고 비교적 복잡하게 발달한 상태이다.
- 본 영역의 평사투영 해석결과, J-1(31/101), J-2(84/343), J-3(87/273), J-4(177/050), J5(75/130)으로 조사됨.
- 본 영역의 평사투영 해석 결과, J1(31/101)에 의한 평면파괴, J3(87/273)에 의한 전도파괴 발생 가능성이 있는 것으로 검토되었다.



〈그림 25.〉 종합 절리분포 현황

제6장 총평

- 조사대상 깎기비탈면은 “서울~문산 고속도로 민간투자과업(4공구)” 중 「능산1교 전 (좌안) STA.28+710~28+880」 구간 깎기비탈면으로 연장 170m, 최대 깎기고 33.5m, 비탈면경사 1:0.7~1:1.5로 시공된 비탈면이다.
- 폭 1m의 소단 4개소, 폭 3m의 소단 1개소가 형성되어있으며 비탈면 내 암질의 풍화정도는 심한풍화~보통풍화 정도를 보인다.
- Rock Bolt, 녹화구간의 1m, 1m, 1m, 3m, 1m 소단이 순서대로 분포하고 있으며, 지중경사계는 2번째 1m소단에 2개소, 3번째 1m소단에 1개소, 3m소단에 1개소, 마지막 1m소단 상,하부로 각각 1개소씩 분포하고 있다.
- 대체적으로 원지반에서 토사구간은 완전풍화 상태이고, 기반암 구간은 심한풍화~보통풍화 상태로 관찰된다.
- 깎기비탈면 내에 발달하는 불연속면들은 3~4개의 절리군들이 규칙적으로 분포하며, 그 외 불규칙절리가 다수 발달되어 있다.
- 평사투영해석 결과 평면파괴, S-1에서 평면파괴, 전도파괴, 썩기파괴, S-2에서 평면파괴, 전도파괴, S-3에서 전도파괴, S-4에서 평면파괴, 전도파괴 발생 가능성이 있는 것으로 검토되었다.
- 또한, 비탈면 전면에 불규칙한 미세절리들이 발달하여 잔절리들에 의하여 소규모 낙석등이 발생할 가능성이 있으므로, 낙석방지책이나 낙석방지망으로 낙석에 대한 안정성을 확보하면 안정할 것으로 판단된다.

부 록

1. 깎기비탈면 체크리스트
2. 깎기비탈면 전경
3. 깎기비탈면 세부사진
4. 깎기비탈면 현황도
5. 깎기비탈면 횡단면도

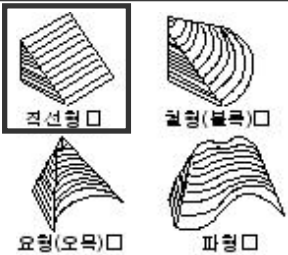
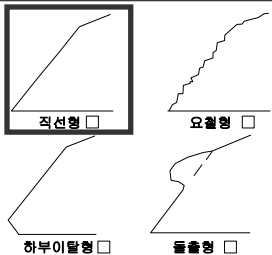
1. 깎기비탈면 체크리스트

꺾기비탈면 현황조사 체크리스트(능산1교 전 (좌안) STA.28+710~28+880)

■ 일반현황

관리청/국도	-	도로호선/구간	(서울→문산)
행정구역	경기도 파주시 금능동 일원		
거 리 표	없음		미설치 (V)
위 경 도	N : (37°)(48)′(54.43)″ E : (126°)(46)′(59.57)″		
차 선	왕복 (-차선)	교 통 량	(-) 대/일
조사일자	2020년 1월 16일	조 사 자	배 호 석
		조사기관	(주)이제이텍

■ 절개면 특성

연 장	(약 170) m	최대높이	(약 33.5) m
경 사	(34~55) °	이격거리	(-) m
종 류	☐ 암 ☐ 토사 ☒ 혼합 ☐ 자연	누수위치	☐ 상 ☐ 중 ☐ 하 ☒ 무
횡단형상		중단형상	
주변지형 특 성	☐ 구릉 ☒ 준산악 ☐ 산악	상부자연 사면경사	()°
계 곡 부	(0) 개소	풍화정도	☐ 상 ☐ 중 ☐ 하
암석의 결		붕괴유형 (중복가능)	☒ 썰기 ☒ 평면 ☒ 전도 ☐ 원호 ☐ 표층유실 ☐ 낙석 ☐ 무

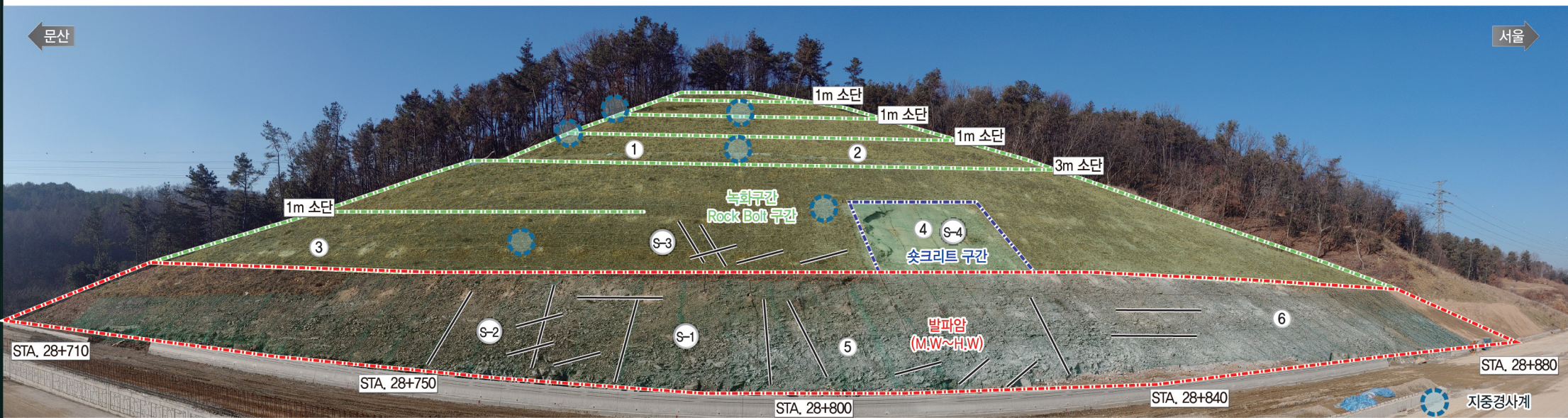
■ 시공현황 및 필요공법

시공현황 (중복가능)	☐ 낙석방지망 ☐ 낙석방지울타리 ☐ 낙석방지책 ☐ 격자블록 ☐ 옹벽 ☒ 식생공 ☐ 덩쿨식재 ☐ 사방공 ☐ 수평배수공 ☐ 슛크리트 ☐ 록앵커 ☐ 록볼트 ☐ 어스앵커 ☐ 억지말뚝 ☐ 버트리스 ☐ 법면정비 ☐ 측구배수로 ☐ 수직배수로 ☐ 피암터널 ☐ 링네트 ☐ 암부착특수망 ☐ 압착식 낙석방지망
필요공법	☒ 현상태유지, ☐ 기존시설 교체·보수, ☐ 보호공 필요, ☐ 보강공 필요
조 사 자 소 견	토사구간 및 리핑암, 발파암 구간 비탈면으로 구성되어있고, 비탈면 높이는 약 33.5m로 시공되어 있다. STA.28+710~28+880 구간이며 1m 소단이 4개, 3m 소단이 1개 형성되어 있다. 발파암 상부는 녹화구간, Rock Bolt 구간이다.

2. 깎기비탈면 전경

꺽기비탈면 전경(능산1교 전(좌안) (STA. 28+710~28+880)

위 치	STA.28+710 (시점)	STA.28+880 (종점)	이정표	미설치	연 장	170m	높 이	33.5m	사면방향	배면방향 88°
-----	--------------------	--------------------	-----	-----	-----	------	-----	-------	------	----------



3. 깎기비탈면 세부사진



전경 사진(비탈면 STA.28+710~28+880)



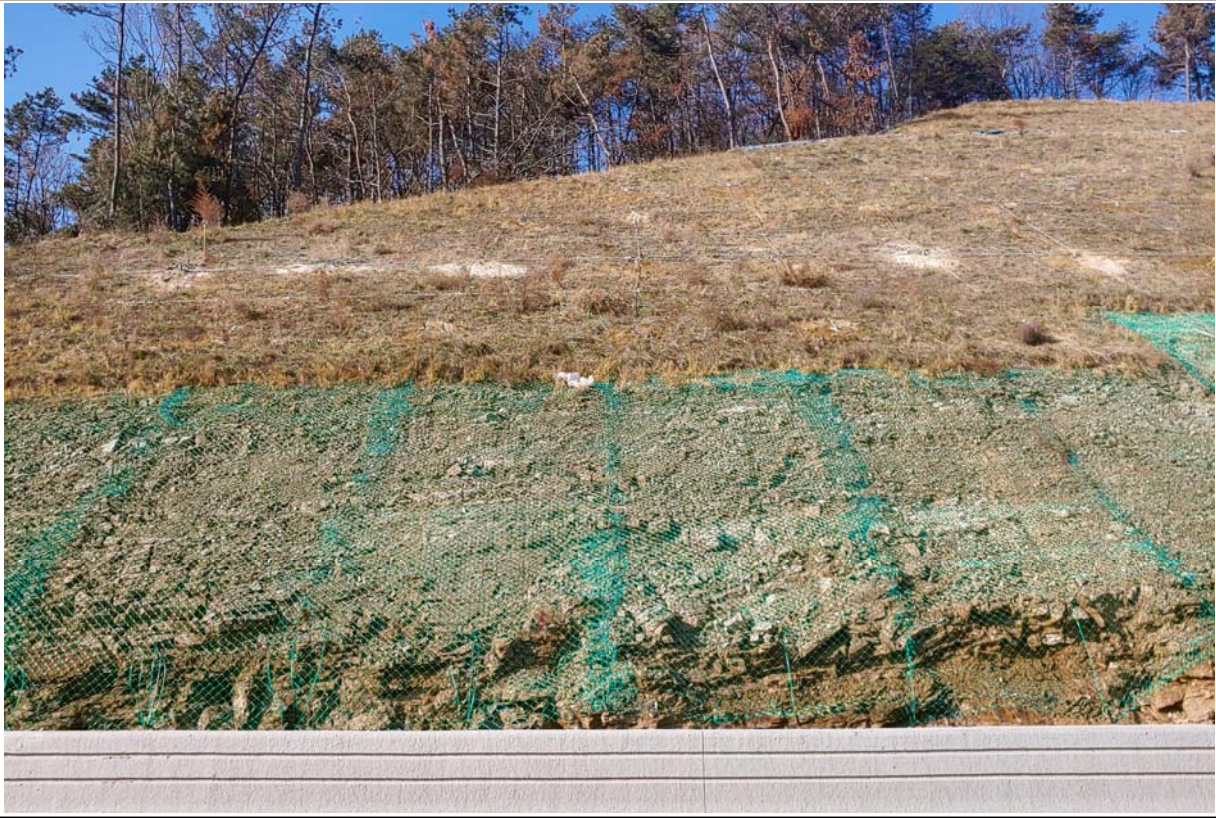
구간별 세부사진(비탈면 STA.28+710~28+740)



구간별 세부사진(비탈면 STA.28+730~28+780)



구간별 세부사진(비탈면 STA.28+750~28+790)



절리 사진(비탈면 STA.28+760~28+800)



전경 사진(비탈면 STA.28+770~28+820)



전경 사진(비탈면 STA.28+800~28+840)



측면 사진(비탈면 STA.28+710~28+880)

4. 깎기비탈면 현황도

꺽기비탈면 현황도(능산1교 전 (좌안) STA.28+710~28+880)

위 치	STA.28+710 (시점)	STA.28+880 (종점)	이정표	미설치	연 장	170 m	높 이	33.5m	사면방향	배면사면:88°
-----	--------------------	--------------------	-----	-----	-----	-------	-----	-------	------	----------

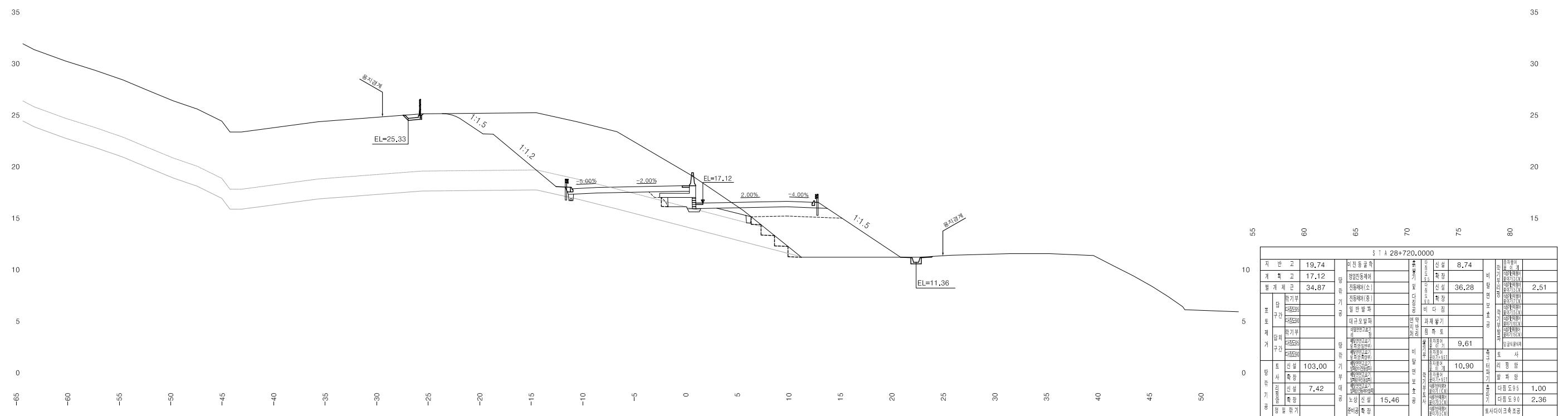
Site-1 불연속면 자료				Site-2 불연속면 자료				Site-3 불연속면 자료			Site-4 불연속면 자료		
set-1	set-2	set-3	set-4	set-1	set-2	set-3	set-4	set-1	set-2	set-3	set-1	set-2	set-3
35/100	88/342	87/282	80/056	30/091	85/345	85/258	84/330	27/090	88/280	80/355	35/120	75/130	75/044
A: A2~3	A: A2~3	A: A2~3	A: A2~3	A: A1~2	A: A1~2	A: A1~2	A: A1~2	A: A1~2	A: A1~2	A: A1~2	A: A1~2	A: A1~2	A: A1~2
S: S2~3	S: S2~3	S: S2~3	S: S2~3	S: S2~3	S: S2~3	S: S1~2	S: S1~2	S: S2~3	S: S2~3	S: S2~3	S: S3~4	S: S3~4	S: S3~4
P: P3~4	P: P3~4	P: P3~4	P: P3~4	P: P2~3	P: P2~3	P: P2~3	P: P2~3	P: P3~4	P: P3~4	P: P3~4	P: P2~3	P: P2~3	P: P2~3
R: R2~3	R: R2~3	R: R2~3	R: R2~3	R: R3~4	R: R3~4	R: R3~4	R: R3~4	R: R3~4	R: R3~4	R: R3~4	R: R2~3	R: R2~3	R: R2~3
F: F1~2	F: F1~2	F: F1~2	F: F1~2	F: F1~2	F: F1~2	F: F1~2	F: F1~2	F: F1~2	F: F1~2	F: F1~2	F: F1~2	F: F1~2	F: F1~2

Bieniawski의 RMR분류												
간 격(m)		연 장(m)		틈 새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도		
> 2.0	S1	< 1.0	P1	tight	A1	매우거칠	R1	void		F1	Fresh	6
0.6 ~ 2.0	S2	1.0 ~ 3.0	P2	< 0.1	A2	거칠	R2	hard	< 5	F2	S.W.	5
0.2 ~ 0.6	S3	3.0 ~ 10.0	P3	0.1 ~ 1.0	A3	약간거칠	R3		> 5	F3	M.W.	3
0.06 ~ 0.2	S4	10.0 ~ 20.0	P4	1.0 ~ 5.0	A4	매끄러움	R4	soft	< 5	F4	H.W.	1
< 0.06	S5	> 20.0	P5	> 5.0	A5	경면화	R5		> 5	F5	C.W.	0

법 레		표기 기호	
	엷리		지하수용출구간
	절리		단층
	역전된절리		

5. 깎기비탈면 횡단면도

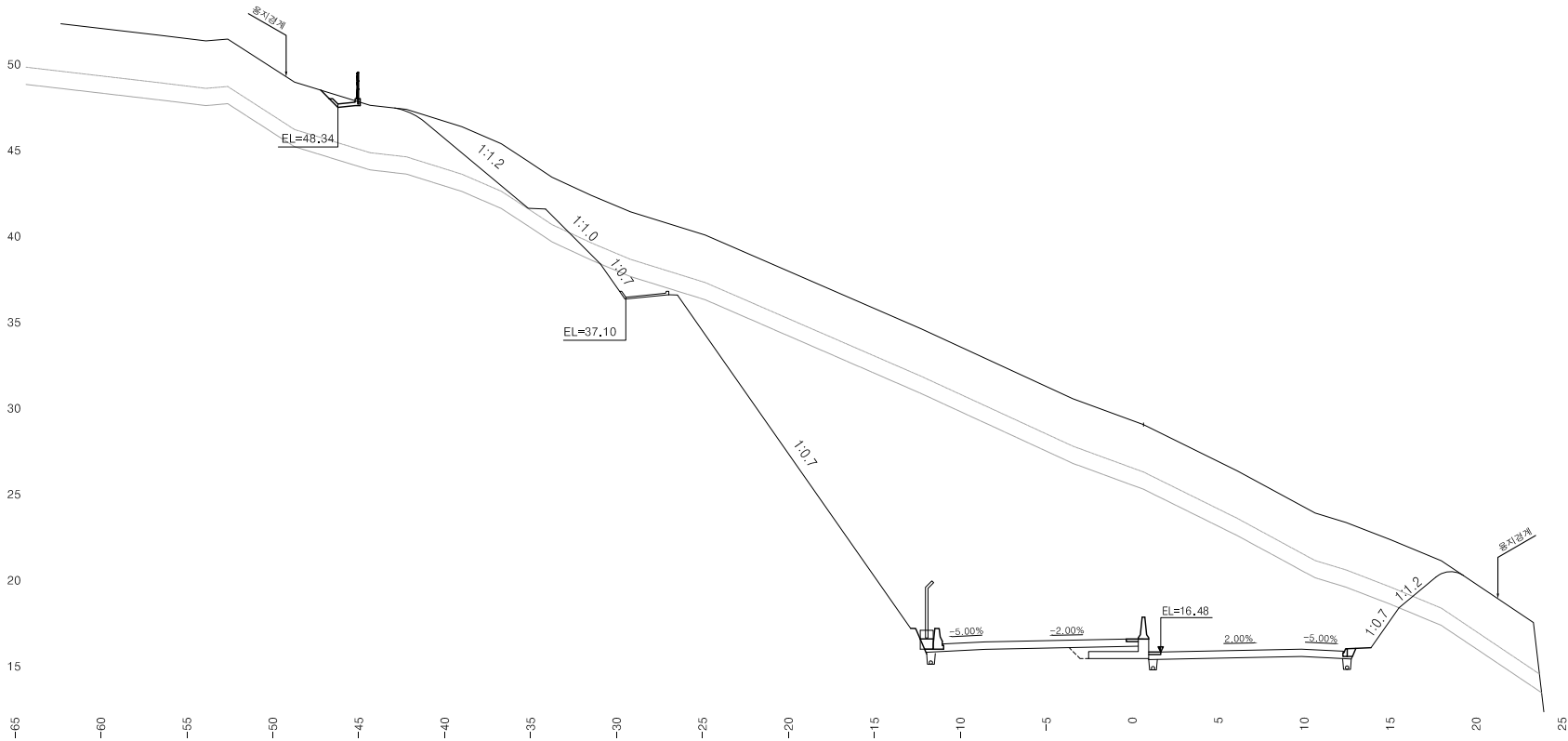
횡단면도(174)
(STA.28+720.00~28+740.00)



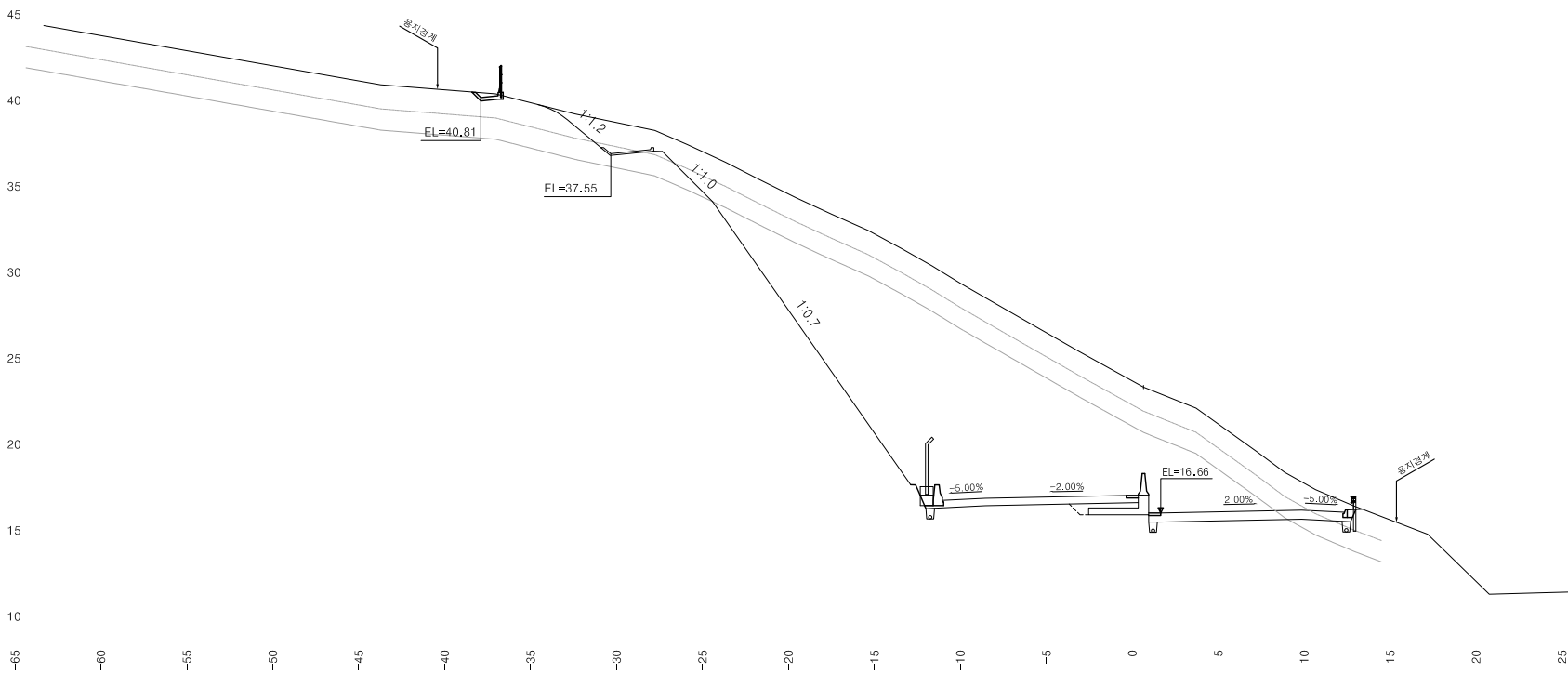
 국토교통부	서울지방국토관리청		사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업				△							위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 횡단면도(174) (STA.28+720.00~28+740.00)	
			시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포				△							축척	1:200			
	 서울문산고속도로주식회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형	박정훈	윤성희 S.H. Yoon	도면번호	C0020102-174	편철번호	1,174				
						개정번호	날짜	개 정 내 용		사업책임자	분야별책임자					설계자			
																		적용표준	GED-01-0828

서울~문산고속도로 민간투자사업
제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포

횡단면도(175)
(STA.28+760.00~28+780.00)

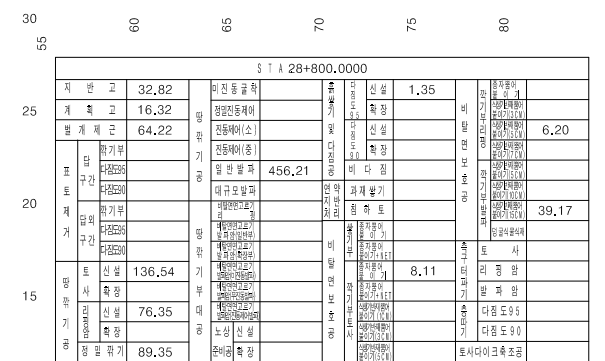
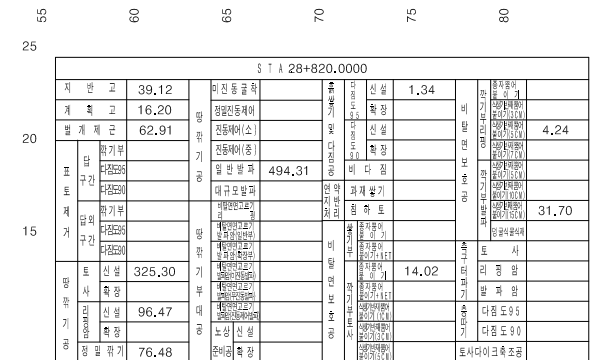


S T A 28+780.0000											
지	면	고	29.70	비	전	동	공	차	신	상	1.35
개	척	고	16.48	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	3.63
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	



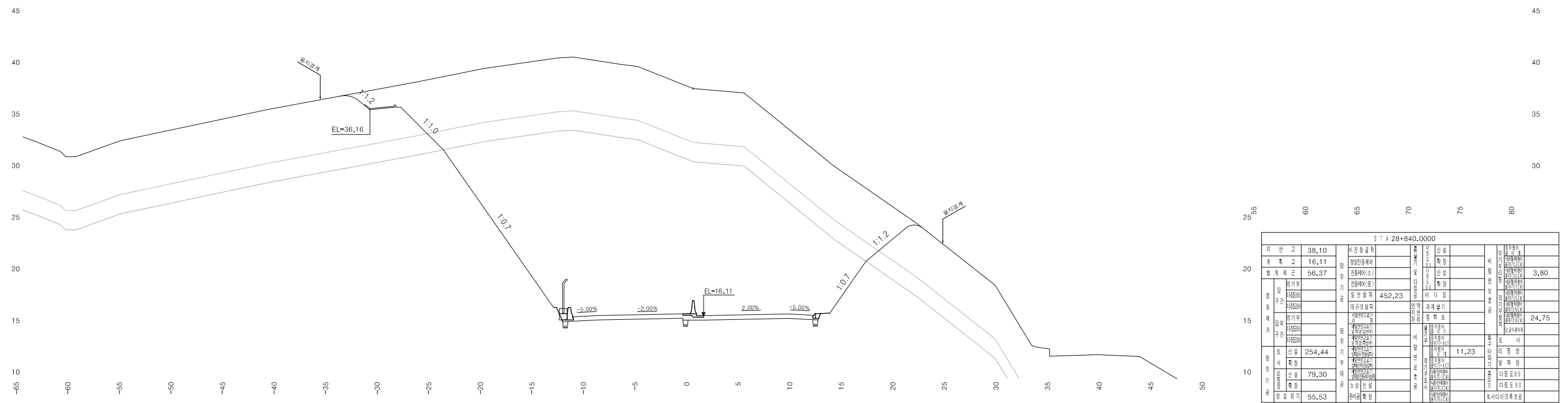
S T A 28+760.0000											
지	면	고	23.98	비	전	동	공	차	신	상	1.36
개	척	고	16.66	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	4.63
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	
보	개	제	간	경	관	인	동	계	하	상	

횡단면도(176)
(STA.28+800.00~28+820.00)



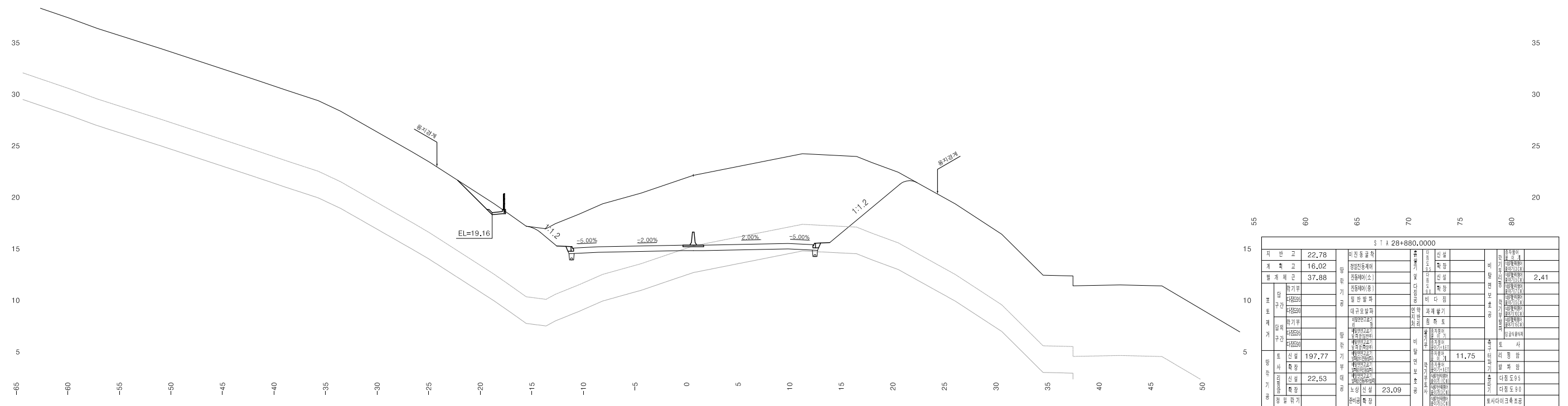
 국토교통부	서울지방국토관리청		사업명		서울~문산고속도로 민간투자사업					△					위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 환단면도(176) (STA.28+800.00~28+820.00)
		서울문산고속도로주식회사	시설/공구		제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포					△					축척	1:200		
			건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형	박정훈	윤성희	도면번호	C0020102-176	편철번호	1.176		
				개정번호	날짜	개 정 내 용		사업책임자	분야별책임자	설계자							적용표준	GED-01-0828

횡단면도(177)
(STA.28+840.00~28+860.00)



 국토교통부	서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△					위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 환단면도(177) (STA.28+840.00~28+860.00)		
		시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△					축척	1:200				
		서울문산고속도로주식회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형 	박정훈 	윤성희 	도면번호	C0020102-177	편철번호	1.177
				개정번호	날짜	개 정 내 용			사업책임자	분야별책임자	설계자				적용표준	GED-01-0828

횡단면도(178)
(STA.28+880.00~28+900.00)



 서울지방국토관리청 국토교통부	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△						위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 환단면도(178) (STA.28+880.00~28+900.00)		
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△						축척	1:200				
	 서울문산고속도로주식회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형 	박정훈 	윤성희 	설계자	도면번호	C0020102-178	편철번호	1.178
			개정번호	날짜	개 정 내 용			사업책임자	분야별책임자					적용표준	GED-01-0828	

서울~문산 고속도로 민간투자사업(4공구)

깎기비탈면 현황도 작성 보고서

산단IC 지선 우안 (STA.29+880~30+100)

2020. 07.



목차

제1장 과업의 개요	1
1.1 과업 목적	1
1.2 과업 범위 및 내용	1
1.3 과업수행 기간	1
제2장 현장 개요	2
2.1 과업위치	2
2.2 지형 및 지질특성	3
2.3 현장조사	5
제3장 깎기비탈면 현황	11
3.1 깎기비탈면 기본현황	11
3.2 조사영역 및 현황사진	11
제4장 깎기비탈면 현황도	12
4.1 깎기비탈면 전경	12
4.2 현황도 작성	13
제5장 세부 설명	14
5.1 개요	14
5.2 세부설명	14
제6장 총평	19

부 록

1. 깎기비탈면 체크리스트
2. 깎기비탈면 전경
3. 깎기비탈면 현황도
4. 깎기비탈면 횡단면도
5. 깎기비탈면 사진첩

제1장 과업의 개요

1.1 과업 목적

- 본 과업은 (주)대우건설에서 용역 발주한 “서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)” 중 「산단C 지선 우안 STA.29+880~30+100」 비탈면과 관련하여 깎기비탈면에 대한 현황도(Face Map)를 작성 하는데 그 목적이 있다.
- 국내의 경우 전국토의 2/3 이상이 산악지로 구성되어 있어 각종 토목공사에 따른 깎기비탈면의 발생은 필연적이다. 또한 기상특성상 장마기의 집중강우와 사계절반복에 의한 동결융해 작용으로 토층 이동현상과 암 블록 이완현상에 의한 깎기비탈면의 붕괴가 많이 발생하고 있는 실정이다. 최근에는 지역적 집중강우에 의해 깎기비탈면 붕괴가 더욱 빈번하게 발생하고 있으며, 인명 및 재산피해를 초래하고 있다. 따라서, 산업 발전과 더불어 산지를 이용하는 국가기간 도로망의 개설 또는 확장 등의 개발에 있어 깎기비탈면 안정성 확보의 중요성이 증대되고 있으며, 이러한 깎기비탈면의 안정성은 도로 시설의 운영 및 이용의 안전성과도 연관된다.
- 현재 국토교통부는 전국 일반국도에 분포하고 있는 모든 깎기비탈면의 현황자료를 데이터베이스로 구축하여 유지관리에 적극 활용하고 있다. 최근 도로의 선형을 직선화하는 개량사업이 활발히 추진됨에 따라 새로운 깎기비탈면이 지속적으로 생겨나고 있으며, 새로운 비탈면에 대한 데이터 수집이 요구된다. 그러나 최근 조성되는 깎기비탈면은 친환경적 차원의 방안으로 표면부 녹화공법의 적용 빈도가 매우 높다. 따라서 비탈면 녹화 등의 원인으로 도로공사 준공 후 조사가 불가능한 원지반 및 지질 특성에 대한 자료를 시공 단계에서 수집하는 것이 바람직하며, 본 과업의 목적 또한 여기에 있다. 수집된 자료는 데이터베이스에 전산화 되어 관리됨으로써 향후 유지관리 및 보수, 보강시 안정성 평가의 기초 자료로 활용될 것이다.

1.2 과업 범위 및 내용

- 본 과업은 「서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)」 시공현장 내에 조성되고 있는 깎기비탈면을 대상으로 한다. 조사자가 직접 현장을 방문하여 육안 관찰을 통한 정밀조사를 실시하여 비탈면 안정성에 영향을 미치는 주변지형 및 지질특성을 파악한다. 국토교통부 도로운영과에서 제시하고 있는 깎기비탈면 현황도 작성 요령을 숙지하고 정해진 형식에 따라 조사대상 깎기비탈면의 현황도를 작성한다.
- 작성된 현황도는 불연속면 발달 양상이 다른 구간을 기준으로 영역을 구분하고 각 영역별로 암질, 풍화도, 불연속면 특성, 위험인자 등을 기입하였으며, 현황도 및 사진자료를 첨부하여 세부 설명을 기재하였다.
- 공사명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)
- 과업구간 : 산단C 지선 우안 STA.29+880~30+100
- 과업내용 : 주변지형 및 지질특성 파악, 현황도 작성, 불연속면 자료 수집, 사진자료 수집

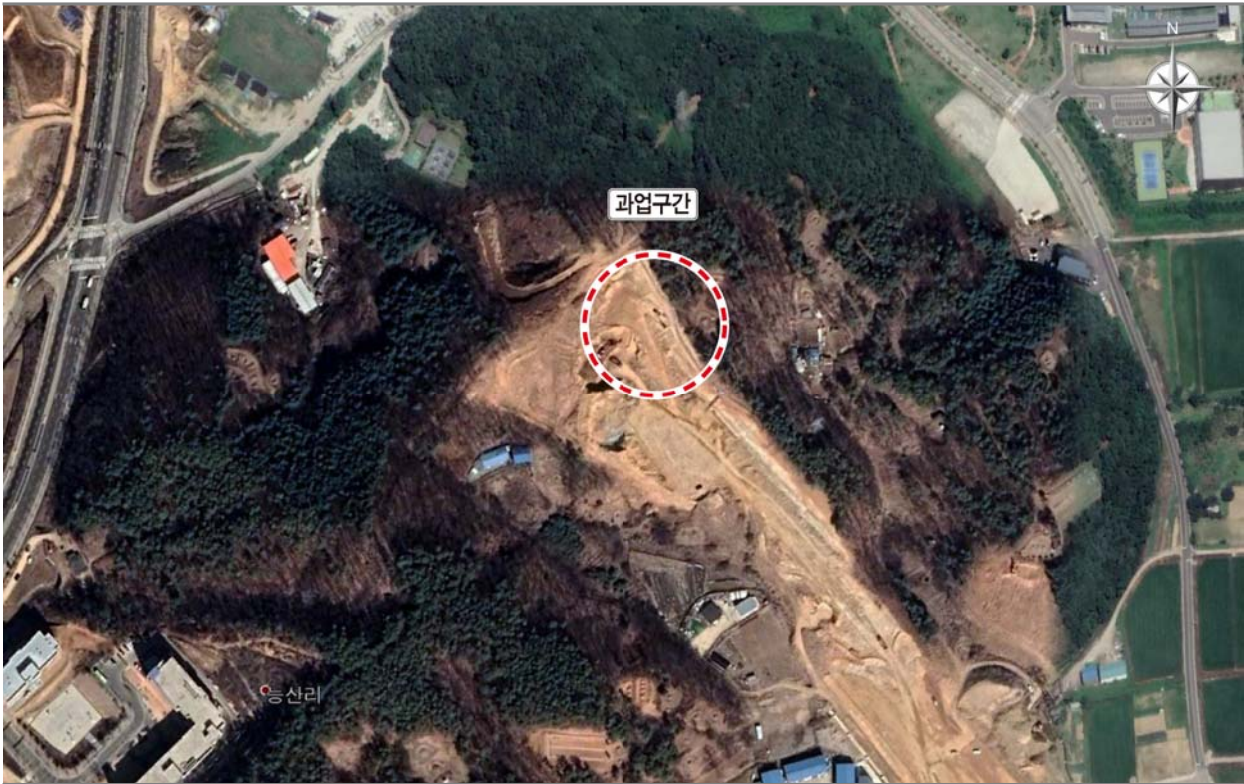
1.3 과업수행 기간

- 과업기간 : 2020. 06. 22. ~ 2020. 07. 10.

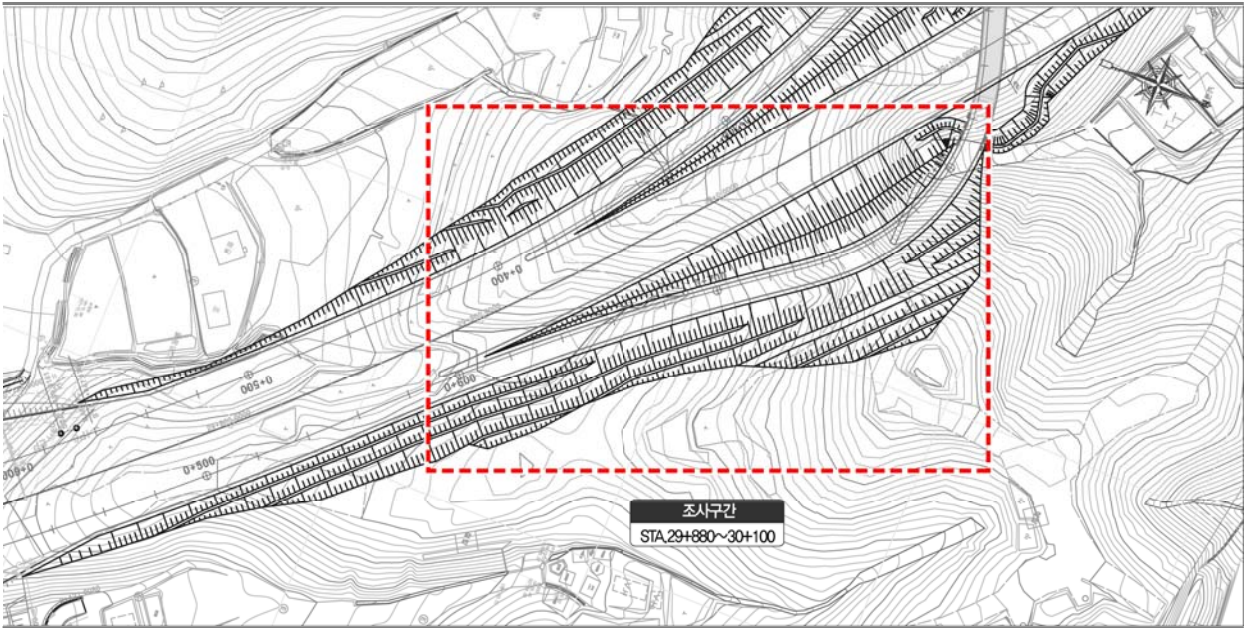
제2장 현장 개요

2.1 과업위치

- 과업 위치 : 경기도 파주시 금능동 일원



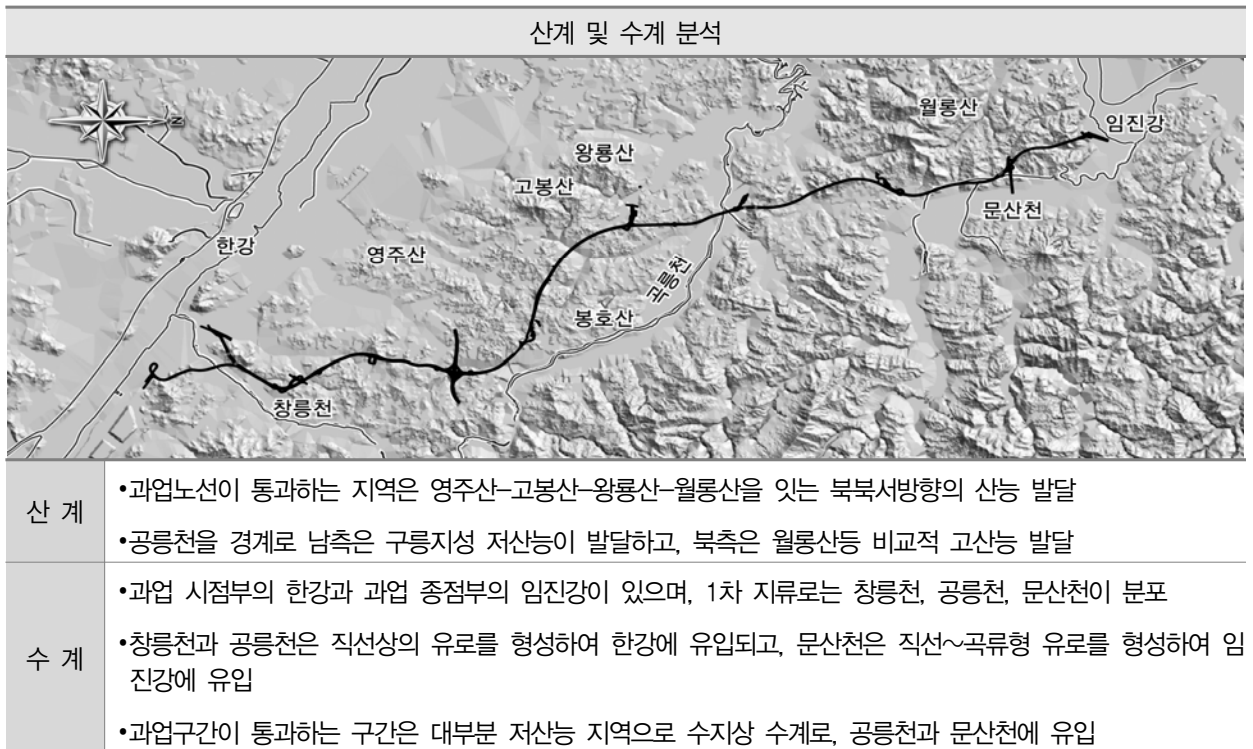
〈그림 1.〉 조사대상 깎기비탈면 위치도



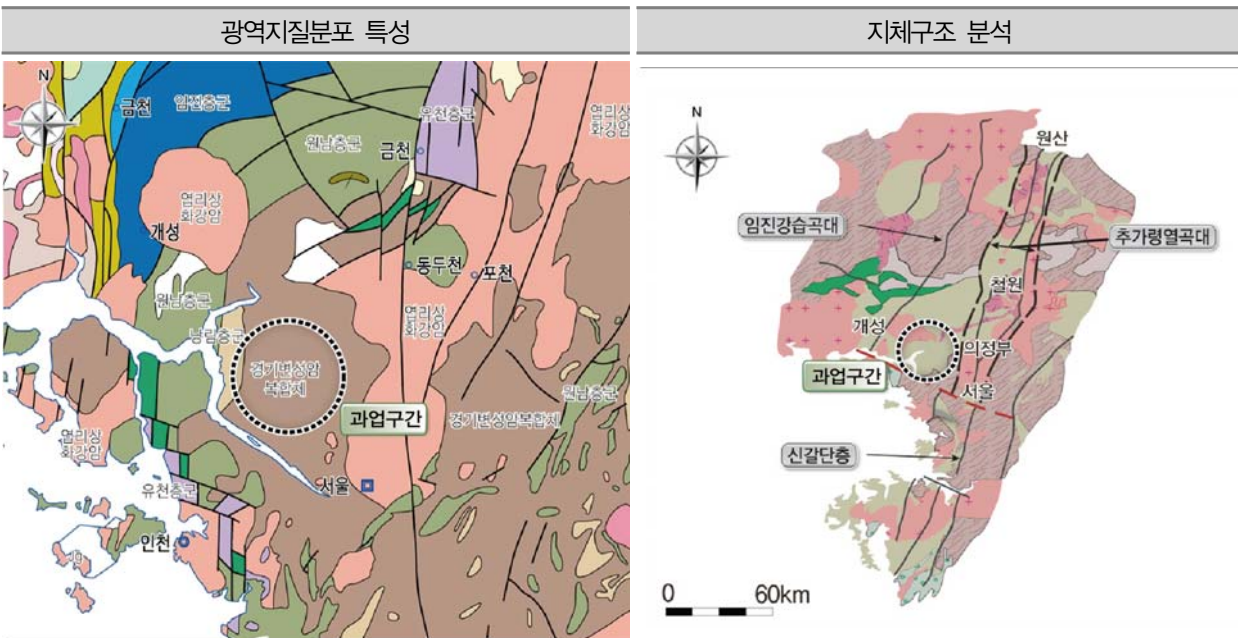
〈그림 2.〉 조사대상 깎기비탈면 평면도

2.2 지형 및 지질특성

2.2.1 지형특성



2.2.2 지질특성



- 과업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 강화도 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
- 과업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하며, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되어 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향은 적음

2.2.3 지질각론



조사지역의 노두사진



- 과업구간은 선캄브리아기 흑운모편마암, 석회질편마암이 분포하며 이를 신생대 제 4기 충적층이 부정합으로 분포한다.
- 흑운모 편마암은 조사지역의 최하부 지층으로 지역적으로 모암의 성분 차이에 의하여 사질/이질 편암, 석영편암, 석영-운모편암, 운모편암과 석회질 편마암, 대리암, 석회규산염암 등이 교호, 혹은 협재한다.
- 암회색 내지 담회색을 띠는 흑운모 편마암은 흑운모의 함량에 따라 암상이 다소 불균질하게 나타나며, 대부분은 우백대와 우흑대가 1cm이하의 폭으로 호상구조를 이루고 있다.
- 흑운모는 주로 흑운모, 정장석, 사장석, 석영, 백운모 등으로 관찰된다.
- 과업구간에 있는 노두의 암상은 석회질 편마암이며 암상은 담회색~암회색, 입자크기는 중립~조립질로 관찰된다.
- 과업구간에 소규모로 규암이 분포하며, 조사지역의 동쪽으로는 남북방향의 단층이 분포한다.

2.3 현장조사

2.3.1 지표지질 조사

(1) 조사기준

지표지질조사는 도로설계요령에서 제시한 방법으로 수행하였으며 조사기준은 다음과 같다.

〈표 1.〉 지표지질조사

구 분	조 사 항 목	조 사 기 준
비탈면조사	지표지질조사	•노출암을 대상으로 주향, 경사 측정 불연속면 특성 파악

(도로설계요령, 제2권 토공 및 배수)

(2) 조사내용

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

먼저 기존자료인 1:50,000 축척의 지형도와 지질도를 통해 지형 및 지질상태를 파악하였다. 현장 조사시에는 절리 및 풍화정도를 조사기준에 따라 차례로 수행하고 지하수의 존재 여부 및 파쇄대(Fracture Zone)를 관찰하였다. 암반 내에 분포하는 불연속면의 주향과 경사를 측정하기 위해서 Clino-Compass를 사용하였으며, 암괴의 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 평사투영법을 이용하여 위험암반의 안정성 분석을 수행하였다.

(3) 조사방법

암반조사와 절리조사 및 이와 연계된 비탈면상태 조사방법은 다음과 같다.

① 풍화정도

- 풍화작용은 물리적(Mechanical) 풍화와 화학적(Chemical) 풍화로 대별되는데, 물리적 풍화는 암석의 화학적 조성이나 광물학적 조성의 변화 없이 작게 파쇄(Disintegration)되는 것을 의미한다. 일반적으로 물리적 풍화와 화학적 풍화는 동시에 발생하므로 두 가지 풍화작용의 상호영향을 분리하여 고려하기는 어렵다.
- 물리적 풍화의 주요 원인은 상재 하중의 제거에 따른 압력의 감소, 물의 동결, 온도변화, 식물의 작용 등을 들 수 있다. 화학적 풍화는 물과 암석 중의 광물이 작용하여 용해, 산화, 탄산화, 가수분해, 수화, 이온교환 등을 통해 암석이 풍화되는 것을 의미한다.
- 암석이 물리적 및 화학적 풍화와 생물의 작용을 받아 작은 입자들로 변하여 대체로 그 자리나 가까운 곳에 위치하여 유기물을 포함한 것을 토층(Soil)이라 한다. 지표의 굳지 않은 암석의 크고 작은 부스러기를 모두 토층이라고도 하나, 이를 표토(Regolith)라 하여 토양과 구분하고 있다.
- 암반의 풍화는 다음과 같은 6단계, 즉 F(Fresh), SW(Slightly Weathered Rock), MW(Moderately Weathered Rock), HW(Highly Weathered Rock), CW(Completely Weathered Soil), RS(Residual Soil)로 구분된다.
- 일반적으로 CW와 RS는 토층, HW는 암과 토층의 경계물질로 풍화암, MW는 연암, SW는 경암, F는 극경암에 해당한다.
- 지반물질의 풍화는 하부에서 상부로 올라 갈수록 점진적으로 풍화정도가 심하게 된다. 그러나 곳에 따라서는 지하의 열수용액에 의한 풍화작용을 받게 되면, 풍화가 하부에서도 상당히 진전되는 경우도 많다. 일반적으로 변성암에서는 단층 및 절리 등의 복잡한 지질구조로 인한 불규칙한 풍화양상을 보인다.

② 암석의 구조

- 암석은 층리(Bedding Plane), 엽리(Foliation), 벽개면(Cleavage)과 같은 어느 일정한 방향성 구조를 보이는데, 이는 암석의 공학적 성질에 영향을 줄 수 있다. 그러므로 구조의 발달상태와 정도를 정략적으로 서술한다.

③ 암석의 색깔

- 암석의 색깔은 암석의 층리 구분, 암종 구분, 풍화정도 구분에 유용하게 사용되는데, 암석색깔은 혼돈을 방지하기 위하여 가능한 색도표를 사용하여 용어의 선택을 통일한다.

④ 입자크기

- 입자의 크기는 암석의 공학적 성질에 영향을 주는 중요한 요소이다. 같은 종류의 암석이라도 구성입자 크기의 차이만으로도 암석의 공학적 성질은 달라진다.

⑤ 암석의 강도

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

〈표 2.〉 강도에 의한 분류(ISRM)

용 어	상 태	일축압축강도 (kgf/cm ²)
극히 강함 (extremely strong)	• 여러번의 해머타격으로도 잘 깨어지지 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 • 휴대용 칼로 긁어지지 않음	250~500
약함 (weak)	• 해머의 끝으로 타격해 자국이 남는 정도 • 휴대용 칼로 약간 긁어짐	50~250
매우 약함 (very weak)	• 해머의 끝으로 타격해 부서지는 정도 • 휴대용 칼로 쉽게 긁어짐	10~50
극히 약함 (extremely weak)	• 엄지손톱으로 자국이 나는 정도	2.5~10

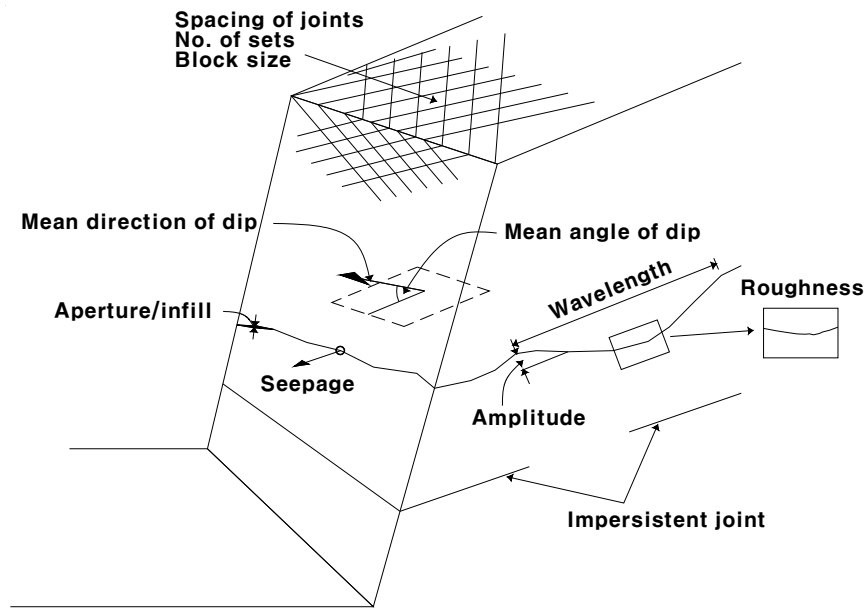
⑥ 암석의 종류

- 암석의 이름은 성인, 광물조성, 구조 등을 나타내며, 암석들마다 각기 공학적인 특성은 다르므로 암석의 종류를 언급하는 것은 중요하다. 그러나 자세한 지질학적 용어를 사용하기보다는 공학적인 견지에서 토목기술자들이 손쉽게 암석의 종류를 구분하는 것이 바람직하다.

⑦ 절리면의 공학적인 특성조사

• 원리 및 방법

- 과업지역 내에 존재하는 단열계(방향성, 절리간격, 연장성, 거칠기, 강도, 틈새, 충전물질, 지하수 용출상태, 절리의 방향수, 암괴의 크기)의 특성을 파악하였다. 비탈면에 영향을 미치는 지질구조(단층, 습곡, 연약대, 지하수분포 등)를 조사한 후, 비탈면에 관련한 취약부를 확인해 단층파쇄대 정밀조사를 수행하였으며, 선구조분석 등의 기존 조사결과와 비탈면구간의 Face mapping을 비교 분석하여 종합적인 지질특성을 분석하여 비탈면의 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, 자북에 대해 6° 를 보정하여 진북의 값을 구해 적용시켰다. 불연속면의 표현법은 다음과 같다.

〈표 3.〉 절리 표시방법

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

•절리 간격(Spacing)

- 인접한 불연속면 간의 직선거리를 나타낸다. 일반적으로 같은 군에 속하는 불연속면의 평균거리로 표시된다. 극히 간격이 좁은 불연속면군들을 가진 암반은 낮은 점착력을 가지며, 특별한 경우에는 암반의 파괴형태가 평면파괴에서 원형파괴나 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.

〈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 넓음	Very Wide	2,000~6,000
좁 음	Close	60~200	극도로 넓음	Extremely Wide	> 6,000
보 통	Moderate	200~600			

•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	매우 높음	Very High	> 20m
보 통	Medium	3 ~ 10m			

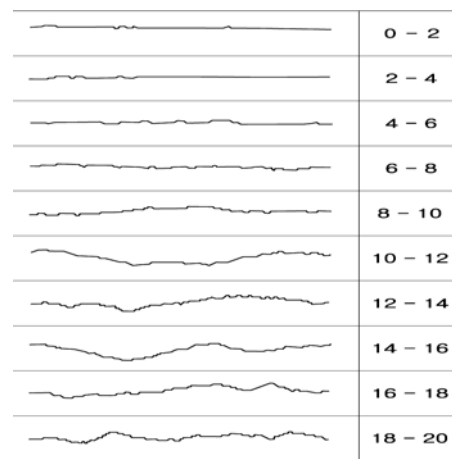
•절리 거칠기 (Roughness)

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

〈표 6.〉 불연속면의 거칠기 등급

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

〈그림 9.〉 거칠기 종단면과 JRC



•불연속면의 간극(Aperture)

- 하나의 불연속면에 서로 인접한 암석간에 분리되어 있는 수직거리를 나타내며, 그 간극의 공간은 물이나 공기, 점토 등으로 채워져 있다. 따라서 간극은 충전된 불연속면의 폭과는 구분된다. 큰 간극은 인지할 수 있는 만곡이나 거칠기를 갖는 불연속면의 전단변형, 충전물(점토)의 쏟아짐, 용해 그리고 인장열극 등에 의해 생긴 것이다. 계곡의 침식이나 빙하의 후퇴 등의 결과로 인장에 의해 개방된 수직이나 급경사의 불연속면들은 매우 큰 간극을 가질 수 있다. 간극의 변화는 불연속면의 전단응력에 영향을 주며, 더 중요한 것은 암반과 불연속면의 투수성과 물의 전도율에 영향을 주는 것이다. 본 과업에서는 불연속면군에 대한 최소~최대 틈새를 기록하으며, 불연속면의 방향과 위치도 함께 기록하였다. 간극의 표현방법은 다음과 같다.

〈표 7.〉 불연속면 간극의 표현방법

간 극	표 현		간 극	표 현	
< 0.1mm	Very Tight	Closed	1~10cm	Very Wide	Open Features (개방형)
0.1~0.25mm	Tight	Features			
0.25~0.5mm	Partly Open	(폐쇄형)	10~100cm	Extremely Wide	
0.5~2.5mm	Open	Gapped			
2.5~10mm	Moderately Wide	Features			
> 10mm	Wide	(틈새형)	> 1m	Cavernous	

•절리강도 (Wall Strength)

- 불연속면의 벽면을 구성하는 암석의 압축강도는 특히 벽면이 충전되지 않아 직접 암석끼리 접촉해 있는 경우 전단강도와 변형도에 매우 중요한 요소이다. 암체는 표면 가까이에서 자주 풍화되어지고 또는 열수과정에서 변형되기도 한다. 풍화(또는 변형)가 일반적으로 암체의 내부보다는 불연속면의 벽면에 영향을 준다. 전단강도와 변형도에 영향을 주는 상대적으로 얇은 암석벽면은 간단한 Index시험을 통해 이루어진다. 대략적인 일축압축강도는 Schmidt Hammer시험이나 굽기 그리고 Geologic Hammer시험 등으로 추정될 수 있다.
- Schmidt Hammer는 미리 압축된 스프링의 힘을 해방시켜 Hammer가 암반의 표면에 부딪힐 때 반발력을 측정함으로써 암석의 강도를 추정하는 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	일축압축강도 (kgf/cm ²)
R0	Extremely Weak	손톱에 의해 파짐	2.5 ~ 10
R1	Very Weak	햄머 타격에 의해 부스러짐	10 ~ 50
R2	Weak	햄머 타격에 의해 움푹 파짐	50 ~ 250
R3	Medium Strong	햄머 1회 타격으로 깨짐	250 ~ 500
R4	Strong	햄머 1회 이상의 타격에 의해 깨짐	500 ~ 1,000
R5	Very Strong	햄머의 다수타격에 의해 깨짐	1,000 ~ 2,500
R6	Extremely Strong	햄머타격에 의해 약간 깨짐	> 2,500

•충전물질(Filling)

- 한 불연속면에 서로 인접한 암석의 벽면 사이를 충전하고 있는 물질을 말하며, 모암 보다는 일반적으로 강도가 약한 경우가 많다. 일반적으로 충전물질은 모래, 점토, 녹니석, 실트 등이며 충전토, 압쇄암, 단층각력암 등이나 벽면을 얇게 피복하는 광물 등도 포함된다.
- 단단한 광맥(방해석, 석영, 황철광 등)으로 충전된 경우를 제외하고는 일반적으로 깨끗한 면의 불연속면보다는 전단강도가 낮다. 그리고 충전된 불연속면의 거동은 간극에 대립하여 충전된 불연속면의 쪽으로 표시한다.
- 형태 : 폭(Width), 벽면거칠기(Wall Roughness), 현장스케치
- 충전물 종류 : 광물조직, 입자크기, 풍화등급
- 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 지하수위 그리고 관련된 방향성의 투수율에 대략 비례한다. 지하수위, 투수의 통로, 수압 등은 암반의 유효응력을 감소시켜 암반의 안정성을 감소시킬 수 있다.

〈표 9.〉 용수 표현방법

등 급	벽면에서 용수에 의한 표현
I	• 건조한 벽면과 천반, 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 평면형이나 전도형 파괴에서 회전형이나 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		

제3장 깎기비탈면 현황

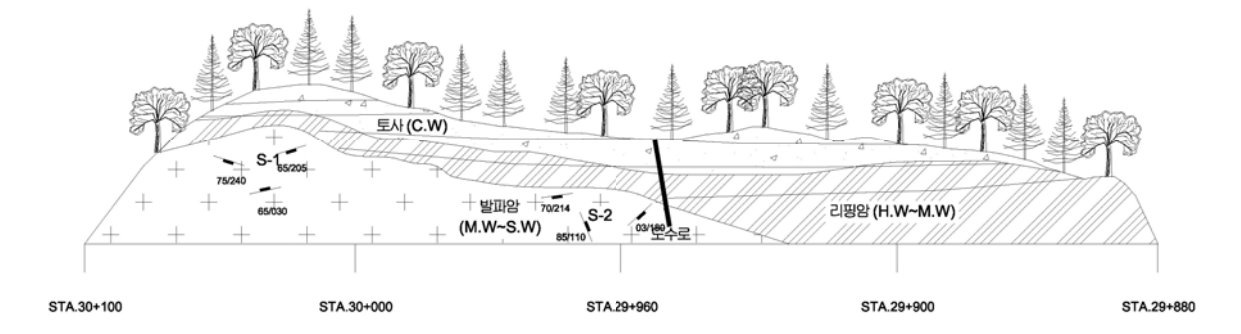
3.1 깎기비탈면 기본현황

- 본 비탈면은 「서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)」 내에 조성되고 있는 깎기비탈면이다.
- 과업구간의 깎기비탈면은 “서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)” 의 「산단C 지선 우안 STA.29+880~30+100」 우측비탈면으로 총연장 220m, 최대높이 37.6m로 조성된 깎기비탈면이다.
- 비탈면의 경사도는 1:0.7~1:1.5의 구배로 사공되어있다.
- 토사층은 약 16.4m 내외의 범위로 분포한다.
- 풍화정도를 조사하였으며, 기타 자세한 사항은 현황도에 도시화 하여 나타내었다.

〈표 11.〉. 구간별 깎기비탈면 기본 현황

구 분	구 간	구 배	풍화도	암 종	비 고
산단C 지선 우안	STA.29+880~30+100	1:0.7~1:1.5	C.W~S.W	편마암	—

3.2 조사영역 및 현황사진



〈그림 10.〉 깎기비탈면 조사 영역



(a) 단층구간

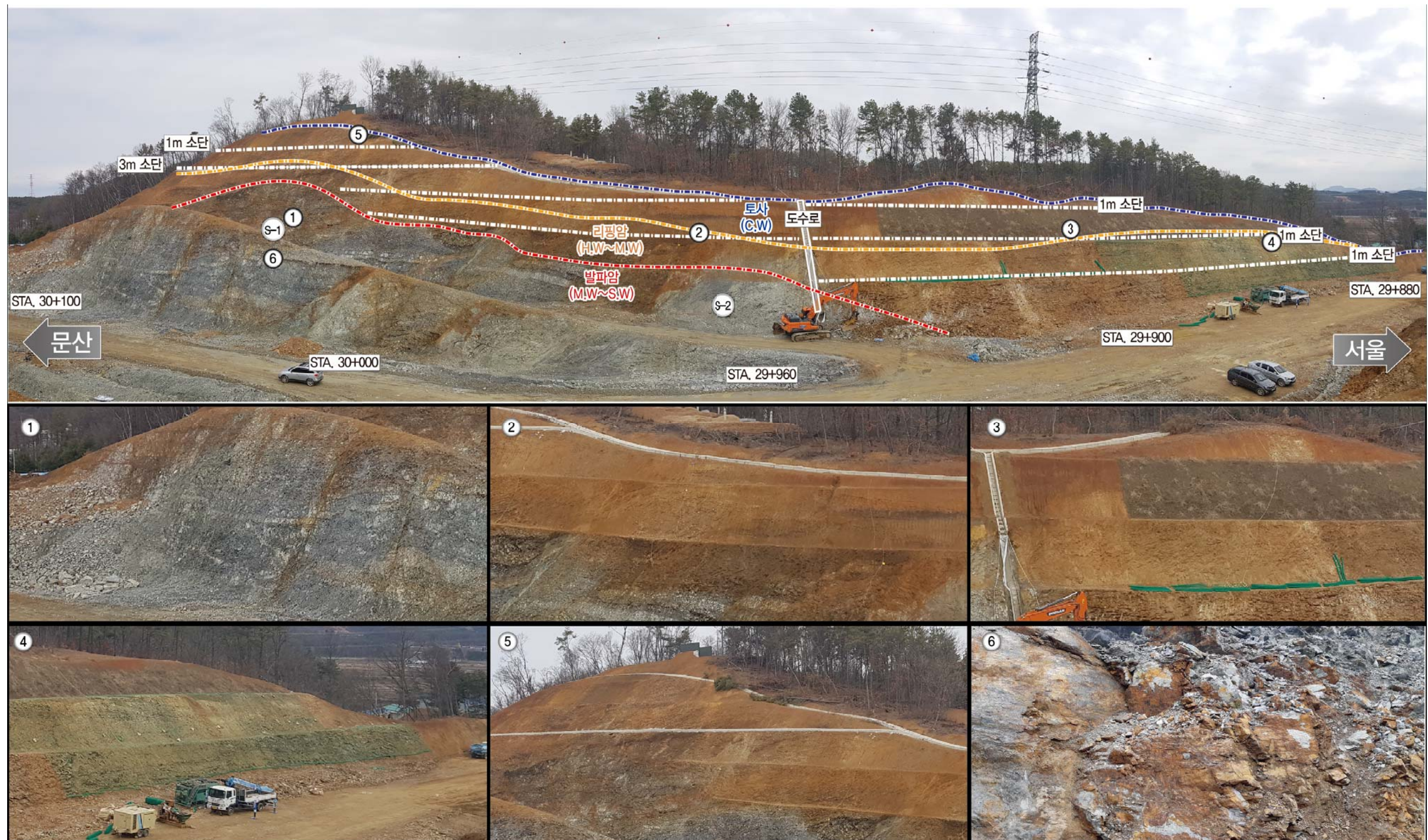
(b) 토사암반경계

〈그림 11.〉 깎기비탈면 조사구간

제4장 깎기비탈면 현황도

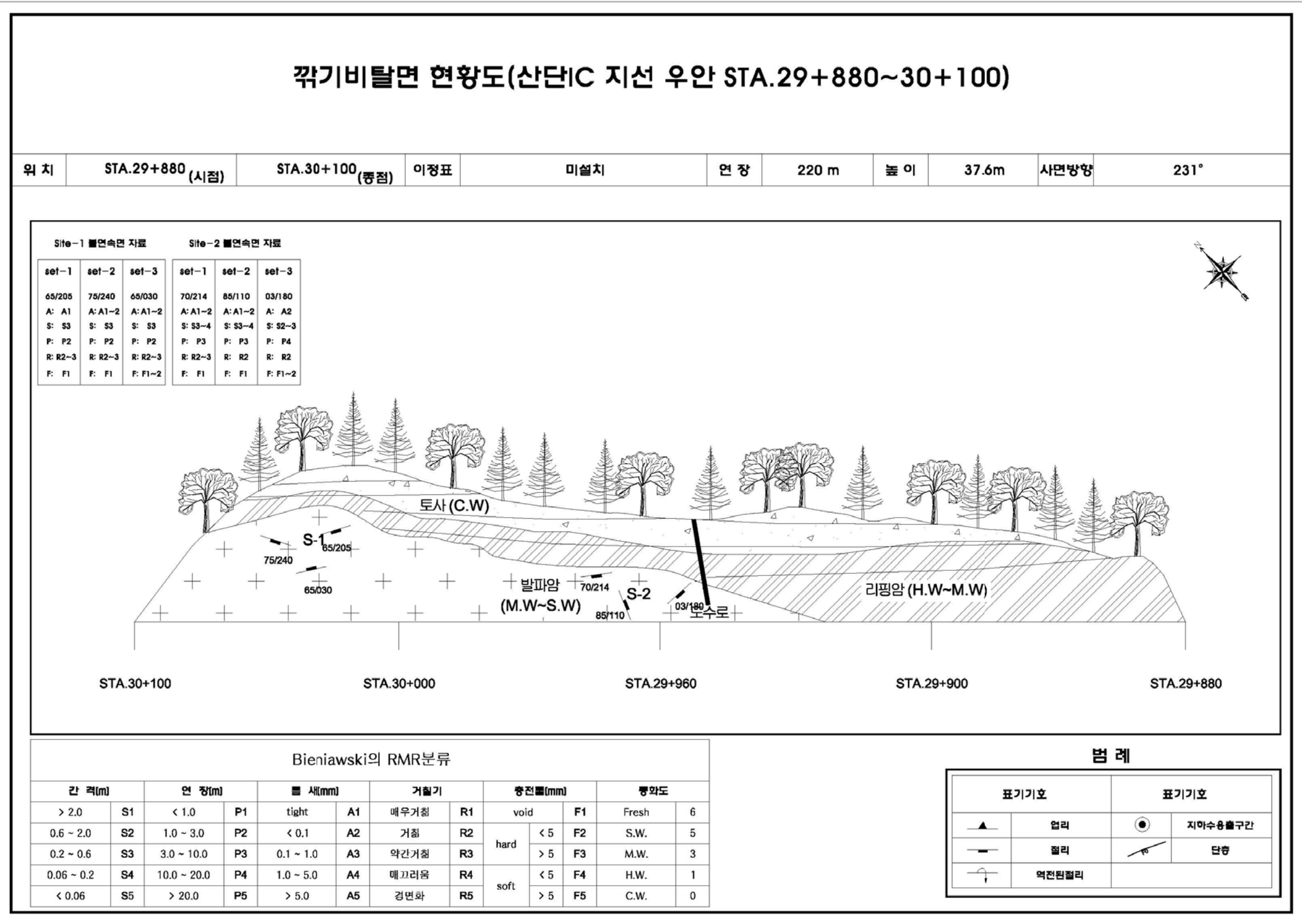
4.1 깎기비탈면 전경

깎기비탈면 전경(산단C 지선 우안 STA.29+880~30+100)



4.2 현황도 작성

깎기비탈면 현황도(산단IC 지선 우안 STA.29+880~30+100)



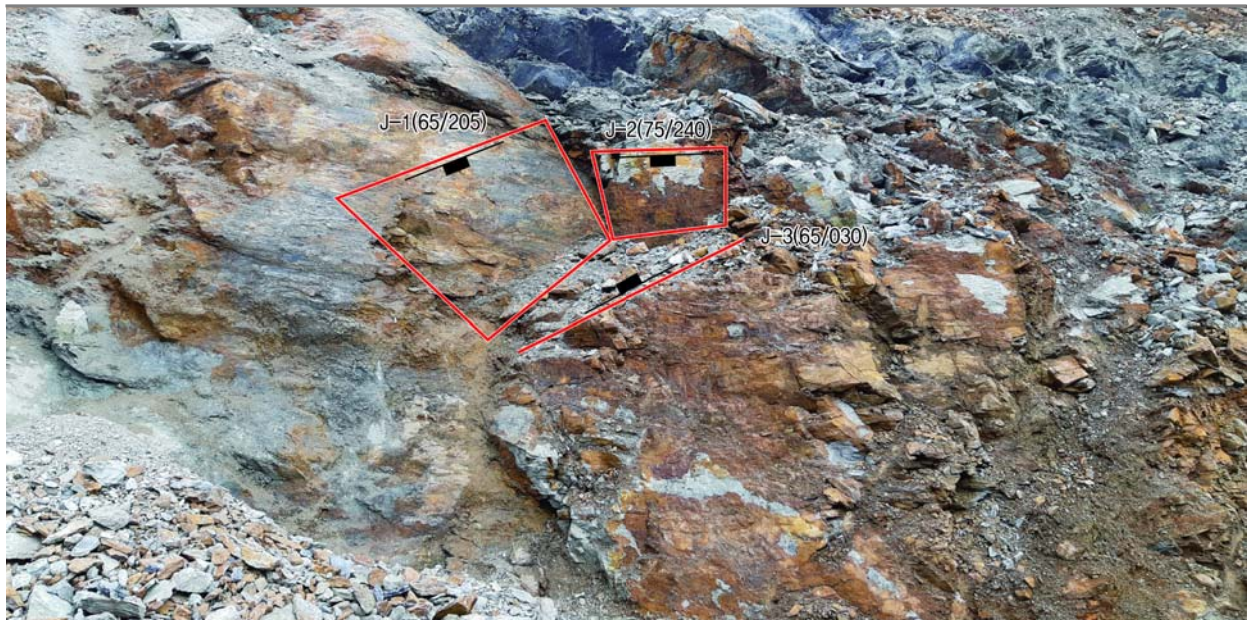
제5장 세부 설명

5.1 개요

- 비탈면형태는 단일깎기비탈면으로 토사 비탈면이다.
- 산단C 지선 우안 STA.29+880~30+100의 연장 220m 구간으로 상부에는 토사 및 풍화암 구간이 분포하고 하부에는 기반암이 분포하고 있다.
- 본 깎기비탈면은 1:0.7~1:1.5의 구배로 조성되어 있다.
- 상부에는 토사구간이 분포하고 1m 소단이 4개, 3m 소단이 1개 형성되어 있다.

5.2 세부설명

5.2.1 Site-1

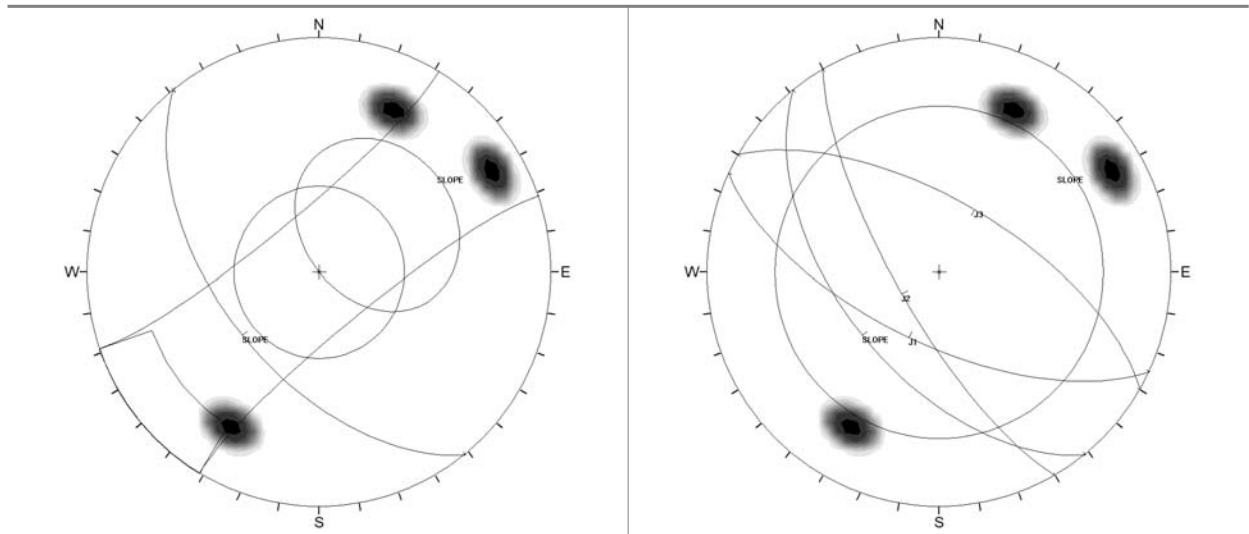


〈그림 14.〉 Site-1 비탈면 절리 현황

- 본 영역은 3개조의 절리면이 발달하고 있으며, 연장성이 긴 사선방향 절리가 주로 발달해 있고 그 외 다수의 절리가 불규칙하고 비교적 복잡하게 발달한 상태이다.

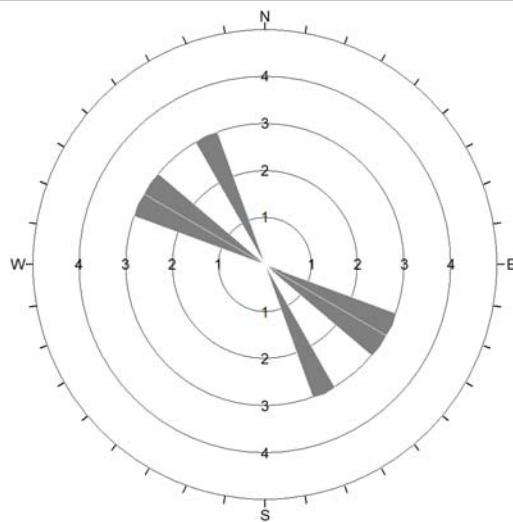
〈표 12.〉 Site-1 불연속면 조사 결과

구 분		경사 (°)	경사방향 (°)	틈새	간격	연장	충진물	거칠기	풍화도	비 고
주절리	J-1	65	205	A1	S3	P2	F1	R2~3	M.W~S.W	-
	J-2	75	240	A1~2	S3	P2	F1	R2~3	M.W~S.W	-
	J-3	65	030	A1~2	S3	P2	F1~2	R2~3	M.W~S.W	-



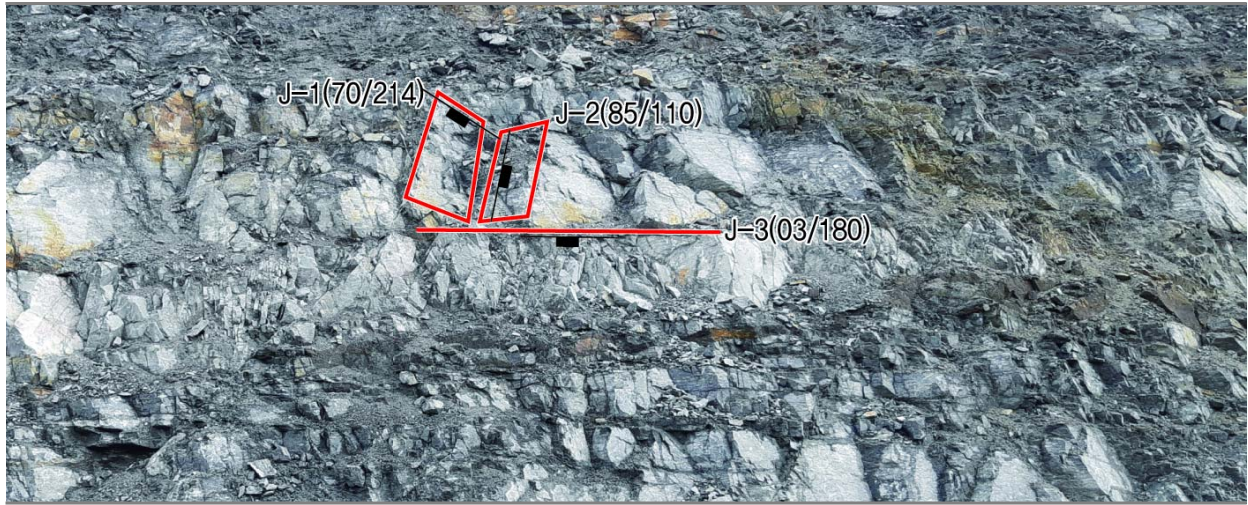
〈그림 15.〉 Site-1 평사투영 해석결과

- 본 영역의 평사투영 해석 결과 평면파괴, 전도파괴 및 썩기파괴 발생 가능성은 없는 것으로 검토되었다.



〈그림 16.〉 Site-1 절리분포 현황

5.2.2 Site-2

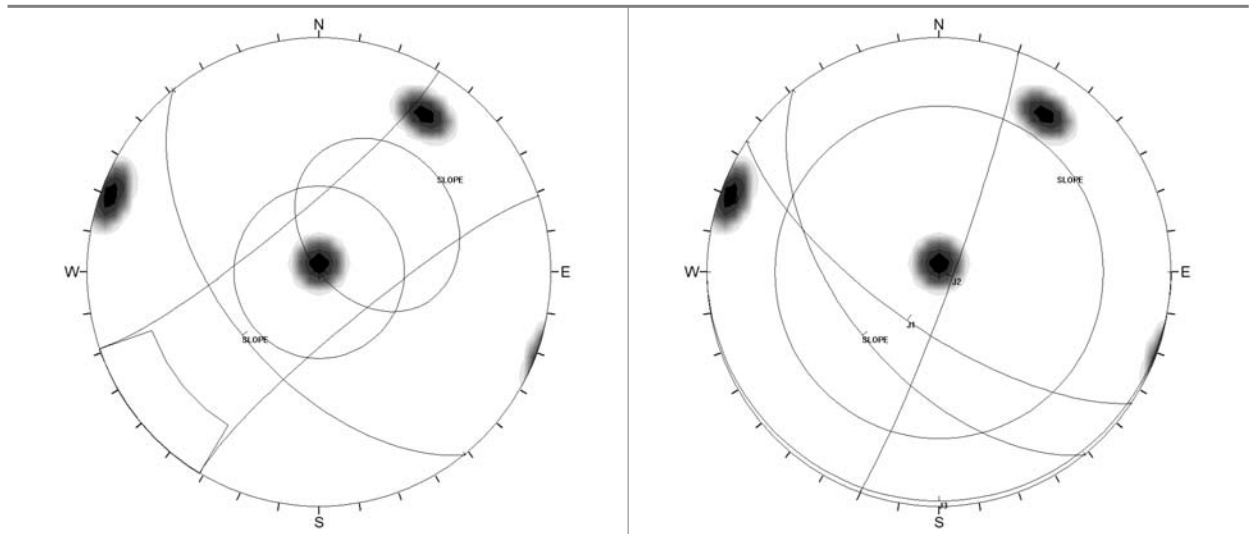


〈그림 17.〉 Site-2 비탈면 절리 현황

- 본 영역은 3개조의 절리면이 발달하고 있으며, 연장성이 긴 사선방향 절리가 주로 발달해 있고 그 외 다수의 절리가 불규칙하고 비교적 복잡하게 발달한 상태이다.

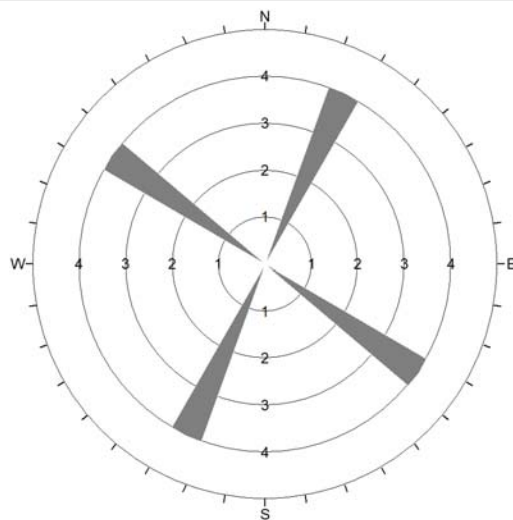
〈표 13.〉 Site-2 불연속면 조사 결과

구 분		경사 (°)	경사방향 (°)	틈새	간격	연장	충진물	거칠기	풍화도	비 고
주절리	J-1	70	214	A1~2	S3~4	P3	F1	R2~3	M.W~S.W	-
	J-2	85	110	A1~2	S3~4	P3	F1	R2	M.W~S.W	-
	J-3	03	180	A2	S2~3	P4	F1~2	R2	M.W~S.W	-



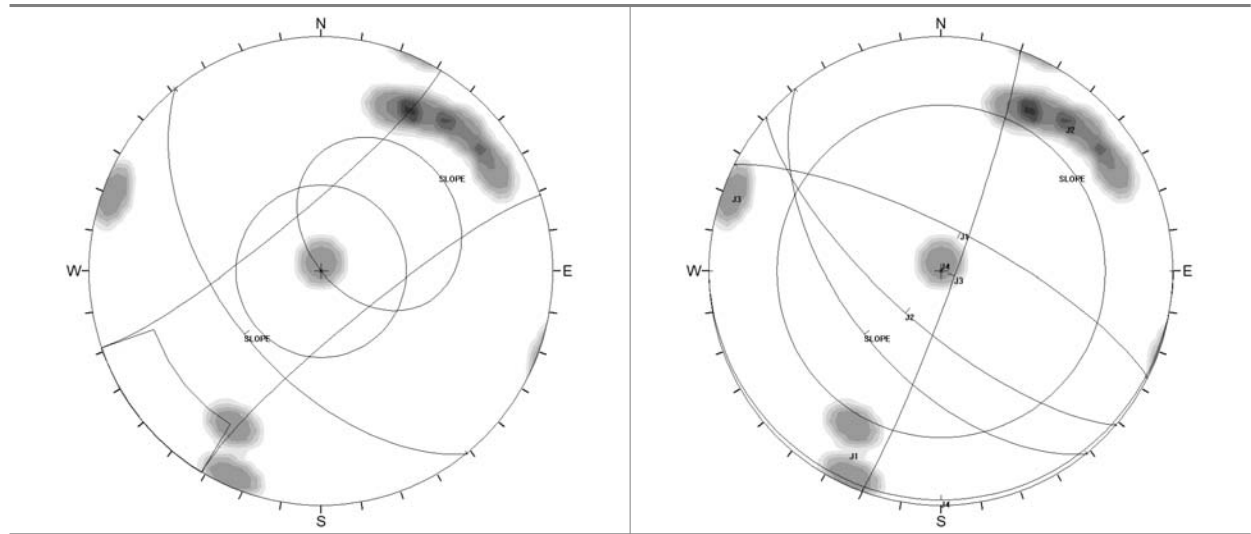
〈그림 18.〉 Site-2 평사투영 해석결과

- 본 영역의 평사투영 해석 결과 평면파괴, 전도파괴 및 썩기파괴 발생 가능성이 없는 것으로 검토되었다.



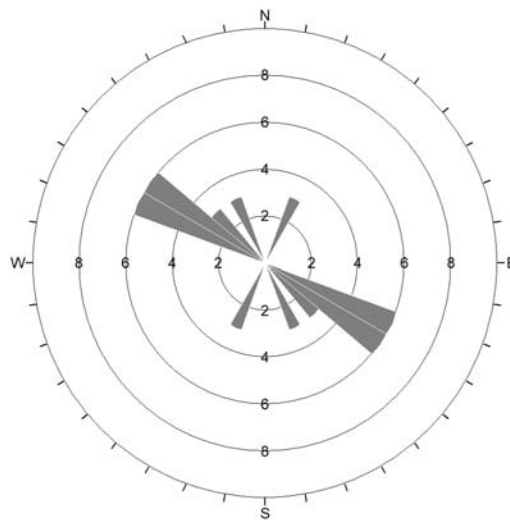
〈그림 19.〉 Site-2 절리분포 현황

5.2.4 종합해석결과



〈그림 20.〉 종합 평사투영 해석결과

- 비탈면 절리 종합결과 4개조의 절리면이 발달하고 있으며, 연장성이 긴 사선방향 절리가 주로 발달해 있고 그 외 다수의 절리가 불규칙하고 비교적 복잡하게 발달한 상태이다.
- 본 영역의 평사투영 해석결과, J-1(75/027), J-2(71/221), J-3(85/110), J-4(3/180)으로 조사됨.
- 본 영역의 평사투영 해석 결과 평면파괴, 전도파괴 및 썩기파괴 발생 가능성은 없는 것으로 검토되었다.



〈그림 21.〉 종합 절리분포 현황

제6장 총평

- 본 깎기비탈면은 “서울~문산 고속도로 민간투자과업(4공구)” 내에 조성되고 있는 깎기비탈면이다.
- 과업구간의 깎기비탈면은 “서울~문산 고속도로 민간투자과업(4공구)” 중 「산단C 지선 우안 STA.29+880~30+100」 구간 깎기비탈면으로 연장 220m, 최대 깎기고 37.6m, 비탈면경사 1:0.7~1:1.5로 시공된 비탈면이다.
- 본 깎기비탈면은 1m 소단이 4개, 3m 소단이 1개가 형성되어 있으며 비탈면 상부에는 토사구간이 분포하고, 하부에는 기반암이 분포하고 있다.
- 토사층은 약 16.4m 내외의 범위로 분포하며 대체적으로 원지반에서 토사구간은 완전풍화 상태로 관찰된다.
- 비탈면 절리 종합결과 J-1(75/027), J-2(71/221), J-3(85/1110), J-4(3/180)로 4개조의 절리면이 발달하고 있다.
- 본 영역의 평사투영 해석 결과 평면파괴, 전도파괴 및 쐐기파괴 발생 가능성은 없는 것으로 검토되었다..
- 토사 및 풍화암과 기반암으로 구성된 비탈면으로 하부의 기반암 구간은 보통풍화~약한풍화 상태이며 지하수 유출구간은 관찰되지 않고 있다.

부 록

1. 깎기비탈면 체크리스트
2. 깎기비탈면 전경
3. 깎기비탈면 현황도
4. 깎기비탈면 횡단면도
5. 깎기비탈면 사진첩

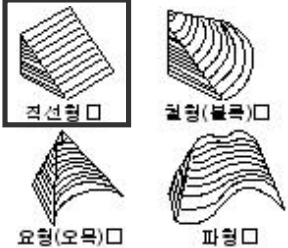
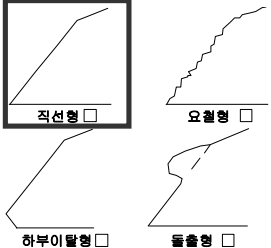
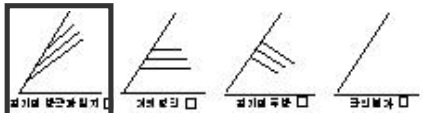
1. 꺾기비탈면 체크리스트

꺾기비탈면 현황조사 체크리스트(산단IC 지선 우안 STA.29+880~30+100)

■ 일반현황

관리청/국도	-	도로호선/구간	(서울→문산)
행정구역	경기도 파주시 금능동 일원		
거 리 표	없음		미설치 (V)
위 경 도	N : (37)°(49)′(39.96)″ E : (126)°(46)′(48.36)″		
차 선	왕복 (-차선)	교 통 량	(-) 대/일
조사일자	2020년 02월 26일	조 사 자	
		조사기관	(주)이제이텍

■ 절개면 특성

연 장	(약 220.0) m	최대높이	(약 37.6) m
경 사	(33~55) °	이격거리	(-) m
종 류	☐ 암 ☐ 토사 ☒ 혼합 ☐ 자연	누수위치	☐ 상 ☐ 중 ☐ 하 ☒ 무
횡단형상		종단형상	
주변지형 특 성	☐ 구릉 ☒ 준산악 ☐ 산악	상부자연 사면경사	() °
계 곡 부	(0) 개소	풍화정도	☐ 상 ☒ 중 ☒ 하
암석의 결		붕괴유형 (중복가능)	☐ 켜기 ☐ 평면 ☐ 전도 ☐ 원호 ☐ 표층유실 ☐ 낙석 ☒ 무

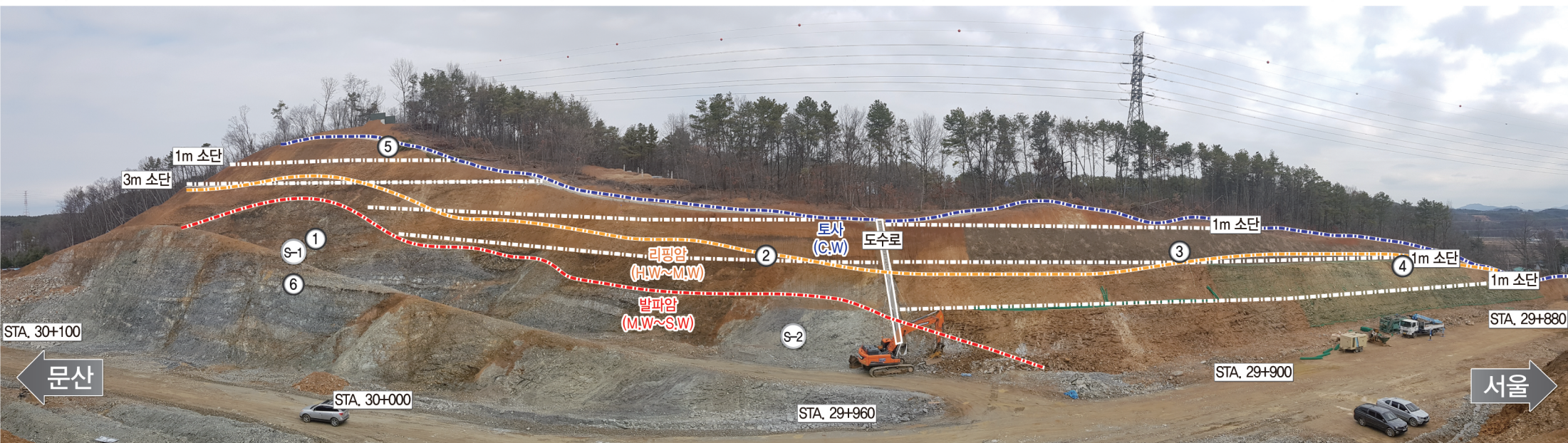
■ 시공현황 및 필요공법

시공현황 (중복가능)	☐ 낙석방지망 ☐ 낙석방지울타리 ☐ 낙석방지책 ☐ 격자블록 ☐ 옹벽 ☒ 식생공 ☐ 덩쿨식재 ☐ 사방공 ☐ 수평배수공 ☐ 슛크리트 ☐ 록앵커 ☐ 록볼트 ☐ 어스앵커 ☐ 역지말뚝 ☐ 버트리스 ☐ 법면정비 ☐ 측구배수로 ☐ 수직배수로 ☐ 피암터널 ☐ 링네트 ☐ 암부착특수망 ☐ 압착식 낙석방지망
필요공법	☒ 현상태유지, ☐ 기존시설 교체·보수, ☐ 보호공 필요, ☐ 보강공 필요
조 사 자 소 권	산단IC 지선 우안 STA.29+880~30+100 구간으로 토사 및 암반으로 이루어진 혼합비탈면이며 비탈면 높이는 약 37.6m로 시공되어 있다. 해당조사 비탈면은 1m 소단이 4개, 3m 소단이 1개로 형성되어 있으며 소단 상부에는 토사구간, 하부에는 리핑암, 발파암으로 구성되어 있다. STA.29+880~29+900 구간의 소단 하부 구간에는 식생공이 시공되어 있다. 대체적으로 원지반에서 토사구간은 완전풍화 상태이고, 비탈면 하부의 발파암 구간은 보통풍화~약한풍화 상태로 관찰되며 지하수 유출구간은 관찰되지 않고 있다.

2. 깎기비탈면 전경

깎기비탈면 전경(산단IC 지선 우안 STA.29+880~30+100)

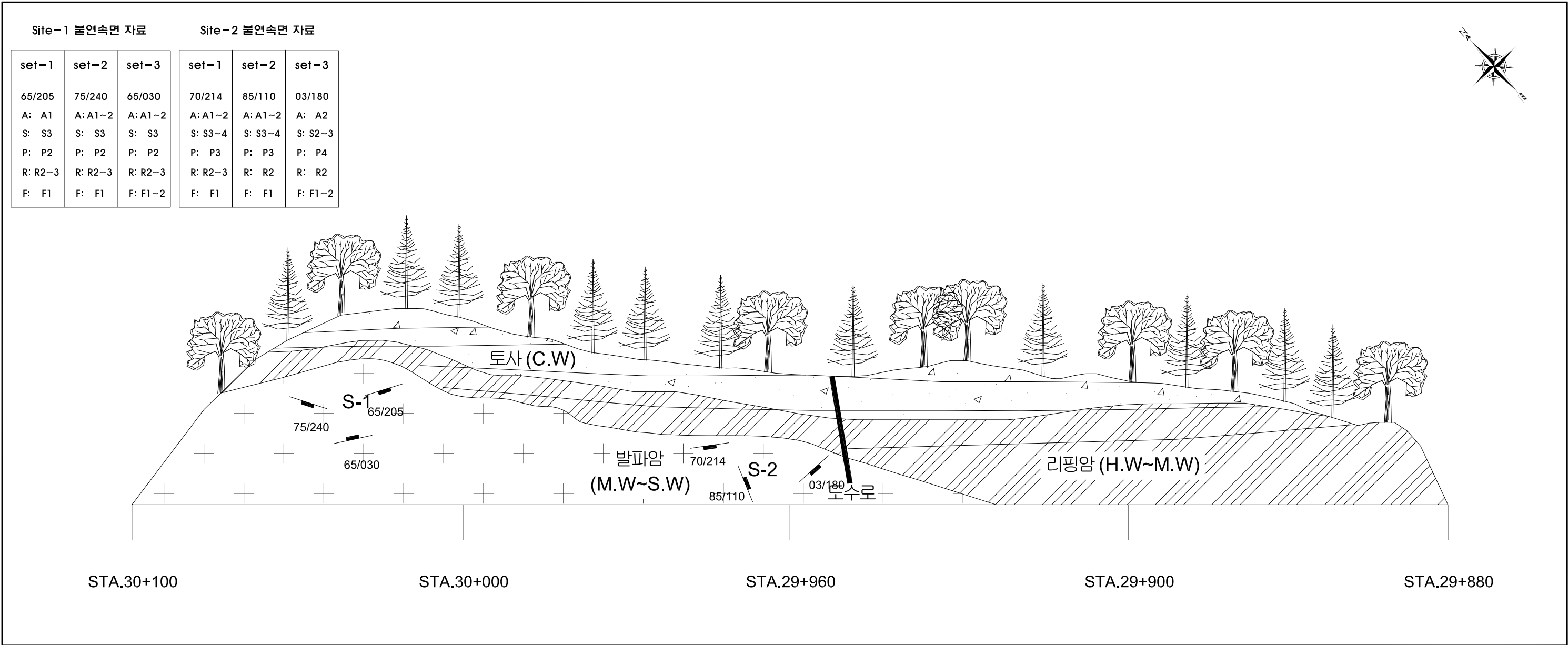
위 치	STA.29+880 (시점)	STA.30+100 (종점)	이정표	미설치	연 장	220m	높 이	37.6m	사면방향	231°
-----	-----------------	-----------------	-----	-----	-----	------	-----	-------	------	------



3. 깎기비탈면 현황도

깎기비탈면 현황도(산단IC 지선 우안 STA.29+880~30+100)

위 치	STA.29+880 (시점)	STA.30+100 (종점)	이정표	미설치	연 장	220 m	높 이	37.6m	사면방향	231°
-----	-----------------	-----------------	-----	-----	-----	-------	-----	-------	------	------

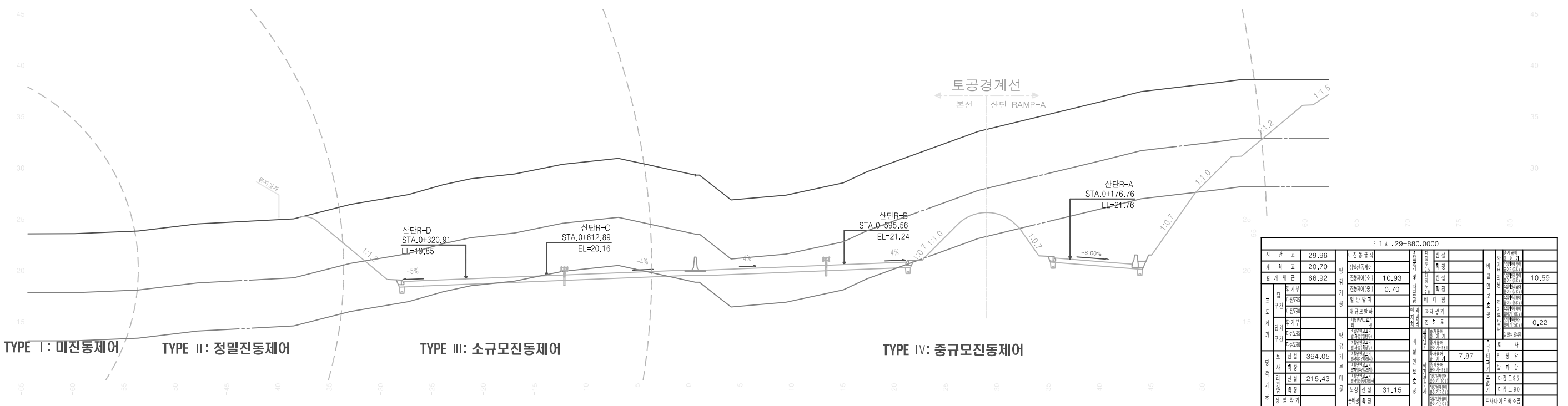


Bieniawski의 RMR분류												
간 격(m)		연 장(m)		틈 새(mm)		거칠기		충전물(mm)		중화도		
> 2.0	S1	< 1.0	P1	tight	A1	매우거칠	R1	void		F1	Fresh	6
0.6 ~ 2.0	S2	1.0 ~ 3.0	P2	< 0.1	A2	거칠	R2	hard	< 5	F2	S.W.	5
0.2 ~ 0.6	S3	3.0 ~ 10.0	P3	0.1 ~ 1.0	A3	약간거칠	R3		> 5	F3	M.W.	3
0.06 ~ 0.2	S4	10.0 ~ 20.0	P4	1.0 ~ 5.0	A4	매끄러움	R4	soft	< 5	F4	H.W.	1
< 0.06	S5	> 20.0	P5	> 5.0	A5	경면화	R5		> 5	F5	C.W.	0

표기기호		표기기호	
	엎리		지하수용출구간
	절리		단층
	역전된절리		

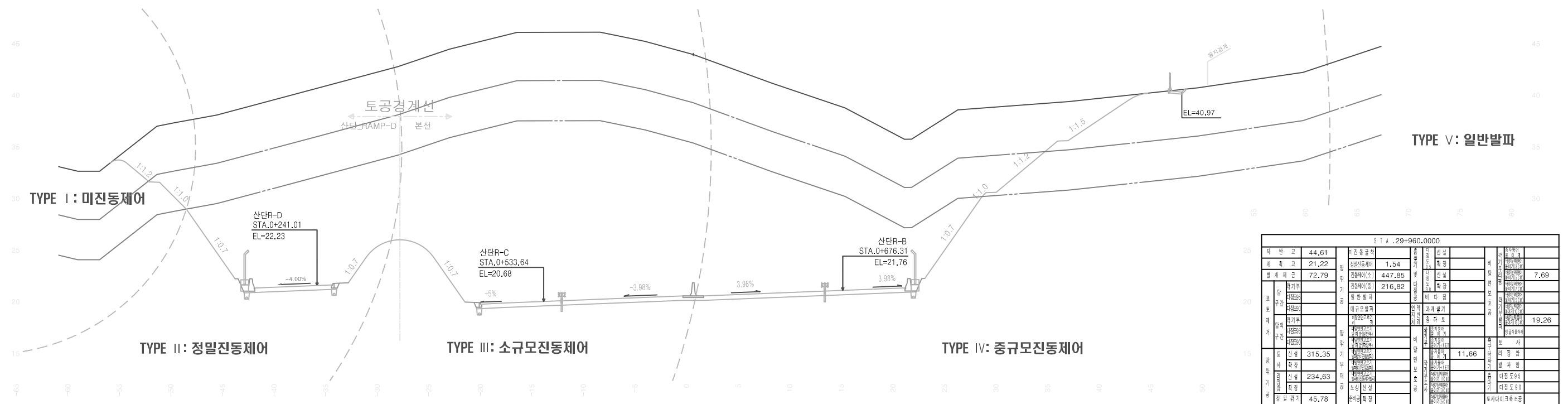
4. 깎기비탈면 횡단면도

횡 단면 도(208)
(STA.29+880.00~29+900.00)



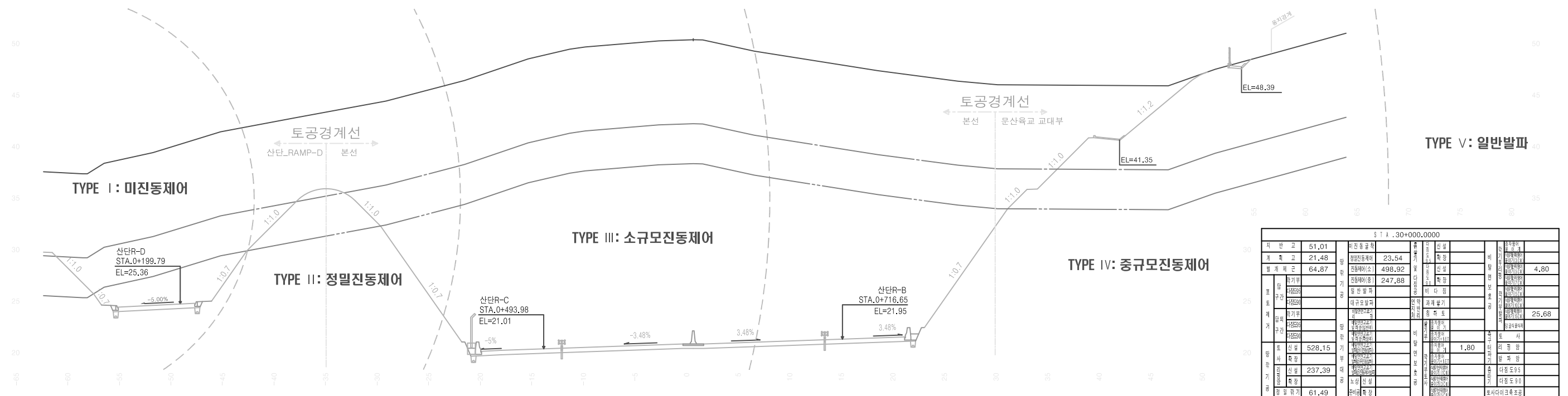
 서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△						위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 횡단면도(208) (STA.29+880.00~29+900.00)		
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△						축척	1:200				
	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형	박정훈	윤성희 S.H.Yoon	도면번호	C0020102-208			편철번호	1.208
 서울문산고속도로주식회사					개정번호	날짜	개청내용		사업책임자	분야별책임자	설계자				적용표준	GED-01-0828

횡단면도(210)
(STA.29+960.00~29+980.00)



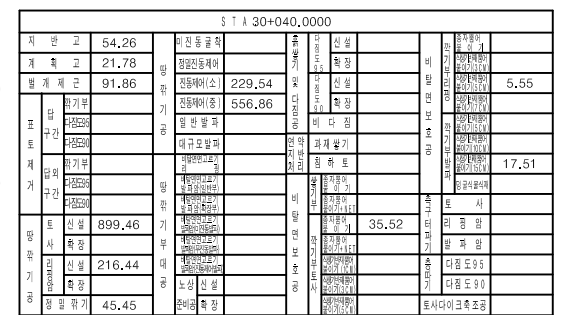
 서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△						위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 횡단면도(210) (STA.29+960.00~29+980.00)		
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△						축척	1:200				
	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형	박정훈	윤성희 S.H.Yoon	도면번호	C0020102-210			편철번호	1.210
					개정번호	날짜	개청내용			사업책임자						
 서울문산고속도로주식회사																
적용표준 GED-01-0828																

횡단면도(211)
(STA.30+000.00~30+020.00)



 서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△						위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 횡단면도(211) (STA.30+000.00~30+020.00)		
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△						축척	1:200				
	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인		조완형 	박정훈 	윤성희 S.H.Yoon	도면번호			C0020102-211	편철번호
 서울문산고속도로주식회사					개정번호	날짜	개칭내용	사업책임자	분야별책임자	설계자					적용표준	GED-01-0828

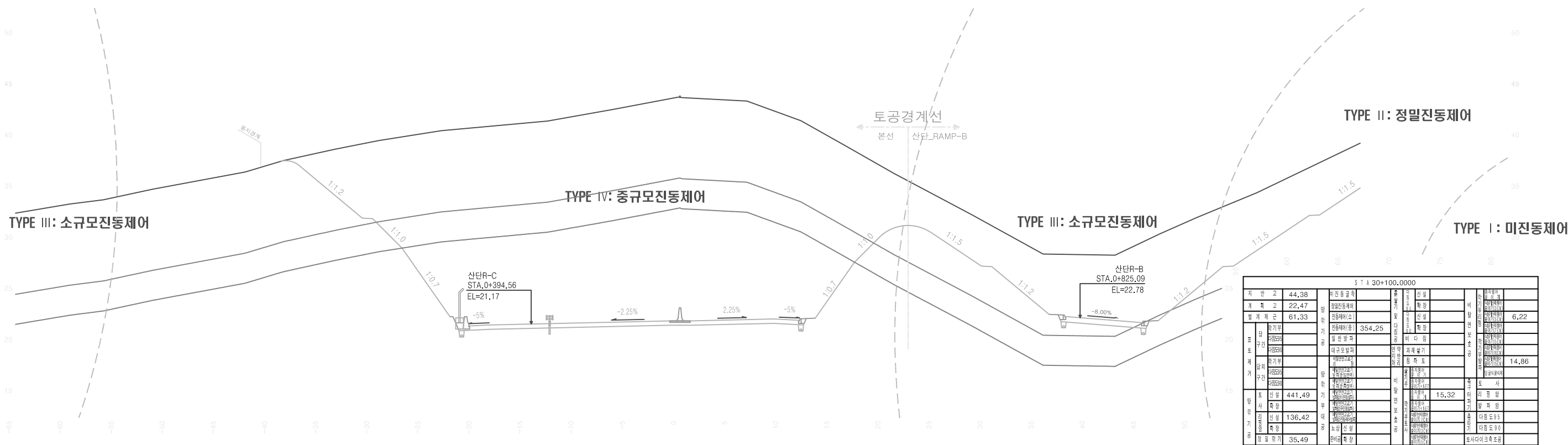
횡단면도(212)
(STA.30+040.00~30+060.00)



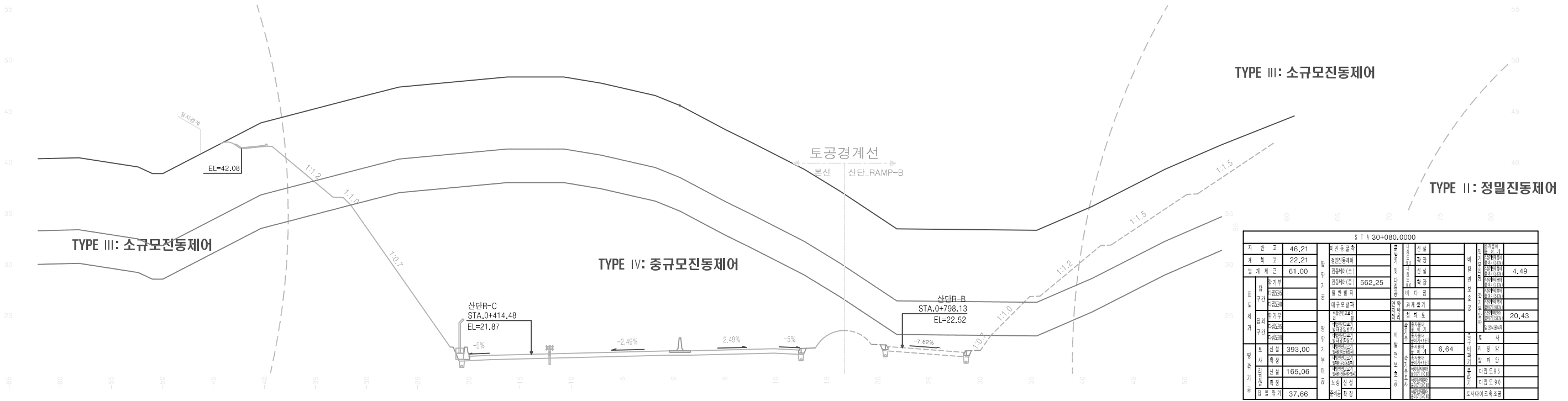
 서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△						위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 횡단면도(212) (STA.30+040.00~30+060.00)		
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△						축척	1:200				
	 서울문산고속도로주식회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014. 날짜	실시설계 승인	조완형 	박정훈 	윤성희  S.H.Yoon	도면번호			C0020102~212	편철번호
															적용표준	GED-01-0828

서울~문산고속도로 민간투자사업
제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포

횡 단면도(213)
(STA.30+080.00~30+100.00)



S T A 30+100.0000											
지 반 고	44,38	비 진 동 굴 취		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 고	22,47	정밀진동제어		정밀진동제어		정밀진동제어		정밀진동제어		정밀진동제어	
발 계 계 근	61,33	진동제어(소)		진동제어(소)		진동제어(소)		진동제어(소)		진동제어(소)	6,22
표 토 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	



S T A 30+080.0000											
지 반 고	46,21	비 진 동 굴 취		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 고	22,21	정밀진동제어		정밀진동제어		정밀진동제어		정밀진동제어		정밀진동제어	
발 계 계 근	61,00	진동제어(소)		진동제어(소)		진동제어(소)		진동제어(소)		진동제어(소)	4,49
표 토 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
발 계 계 근		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	
개 축 구간		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선		토 공 경 계 선	

5. 깎기비탈면 사진첩



구간별 세부사진(비탈면 시점 STA.29+880)



구간별 세부사진(STA.29+960)



구간별 세부사진(STA.30+000)



구간별 세부사진(비탈면 중점 STA.30+100)



구간별 세부사진(STA.29+980~30+100)



구간별 세부사진(STA.29+900~30+000)



구간별 세부사진(STA.29+940~29+880)

서울~문산 고속도로 민간투자사업(4공구)

깎기비탈면 현황도 작성 보고서

내포리구간(좌안) : 내포육교 전 (STA.31+120~31+520)

2019. 12.



목차

제1장 과업의 개요	1
1.1 과업 목적	1
1.2 과업 범위 및 내용	1
1.3 과업수행 기간	1
제2장 현장 개요	2
2.1 과업위치	2
2.2 지형 및 지질특성	3
2.2.1 지형특성	3
2.2.2 지질특성	3
2.2.3 지질각론	4
2.3 현장조사	5
2.3.1 지표지질조사	5
제3장 깎기비탈면 현황	11
3.1 깎기비탈면 기본현황	11
3.2 조사영역 및 현황사진	11
제4장 깎기비탈면 현황도	12
4.1 깎기비탈면 전경	12
4.2 현황도 작성	13
제5장 세부 설명	14
5.1 개요	14
5.2 세부설명	14
제6장 총평	16

부 록

1. 깎기비탈면 체크리스트
2. 깎기비탈면 전경
3. 깎기비탈면 세부사진
4. 깎기비탈면 현황도
5. 깎기비탈면 횡단면도

제1장 과업의 개요

1.1 과업 목적

- 본 과업은 (주)대우건설에서 용역 발주한 “서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)” 중 「내포리구간 (좌안):내포육교 전 STA.31+120~31+520」 비탈면과 관련하여 깎기비탈면에 대한 현황도(Face Map)를 작성 하는데 그 목적이 있다.
- 국내의 경우 전국토의 2/3 이상이 산악지로 구성되어 있어 각종 토목공사에 따른 깎기비탈면의 발생은 필연적이다. 또한 기상특성상 장마기의 집중강우와 사계절반복에 의한 동결융해 작용으로 토층 이동현상과 암 블록 이완현상에 의한 깎기비탈면의 붕괴가 많이 발생하고 있는 실정이다. 최근에는 지역적 집중강우에 의해 깎기비탈면 붕괴가 더욱 빈번하게 발생하고 있으며, 인명 및 재산피해를 초래하고 있다. 따라서, 산업 발전과 더불어 산지를 이용하는 국가기간 도로망의 개설 또는 확장 등의 개발에 있어 깎기비탈면 안정성 확보의 중요성이 증대되고 있으며, 이러한 깎기비탈면의 안정성은 도로 시설의 운영 및 이용의 안전성과도 연관된다.
- 현재 국토교통부는 전국 일반국도에 분포하고 있는 모든 깎기비탈면의 현황자료를 데이터베이스로 구축하여 유지관리에 적극 활용하고 있다. 최근 도로의 선형을 직선화하는 개량사업이 활발히 추진됨에 따라 새로운 깎기비탈면이 지속적으로 생겨나고 있으며, 새로운 비탈면에 대한 데이터 수집이 요구된다. 그러나 최근 조성되는 깎기비탈면은 친환경적 차원의 방안으로 표면부 녹화공법의 적용 빈도가 매우 높다. 따라서 비탈면 녹화 등의 원인으로 도로공사 준공 후 조사가 불가능한 원지반 및 지질 특성에 대한 자료를 시공 단계에서 수집하는 것이 바람직하며, 본 과업의 목적 또한 여기에 있다. 수집된 자료는 데이터베이스에 전산화 되어 관리됨으로써 향후 유지관리 및 보수, 보강시 안정성 평가의 기초 자료로 활용될 것이다.

1.2 과업 범위 및 내용

- 본 과업은 「서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)」 시공현장 내에 조성되고 있는 깎기비탈면을 대상으로 한다. 조사자가 직접 현장을 방문하여 육안 관찰을 통한 정밀조사를 실시하여 비탈면 안정성에 영향을 미치는 주변지형 및 지질특성을 파악한다. 국토교통부 도로운영과에서 제시하고 있는 깎기비탈면 현황도 작성 요령을 숙지하고 정해진 형식에 따라 조사대상 깎기비탈면의 현황도를 작성한다.
- 작성된 현황도는 불연속면 발달 양상이 다른 구간을 기준으로 영역을 구분하고 각 영역별로 암질, 풍화도, 불연속면 특성, 위험인자 등을 기입하였으며, 현황도 및 사진자료를 첨부하여 세부 설명을 기재하였다.
- 공사명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)
- 과업구간 : 내포리구간 (좌안):내포육교 전 STA.31+120~31+520
- 과업내용 : 주변지형 및 지질특성 파악, 현황도 작성, 불연속면 자료 수집, 사진자료 수집

1.3 과업수행 기간

- 과업기간 : 2019. 06. 03. ~ 2019. 06. 17.

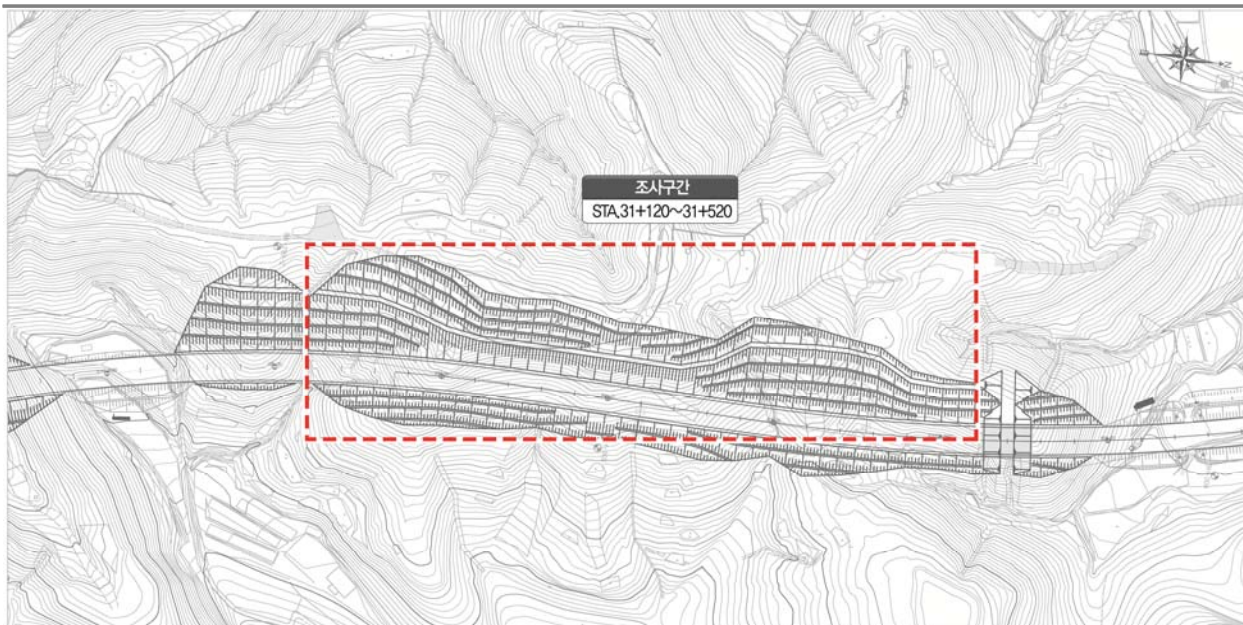
제2장 현장 개요

2.1 과업위치

- 과업 위치 : 경기도 파주시 금능동 일원



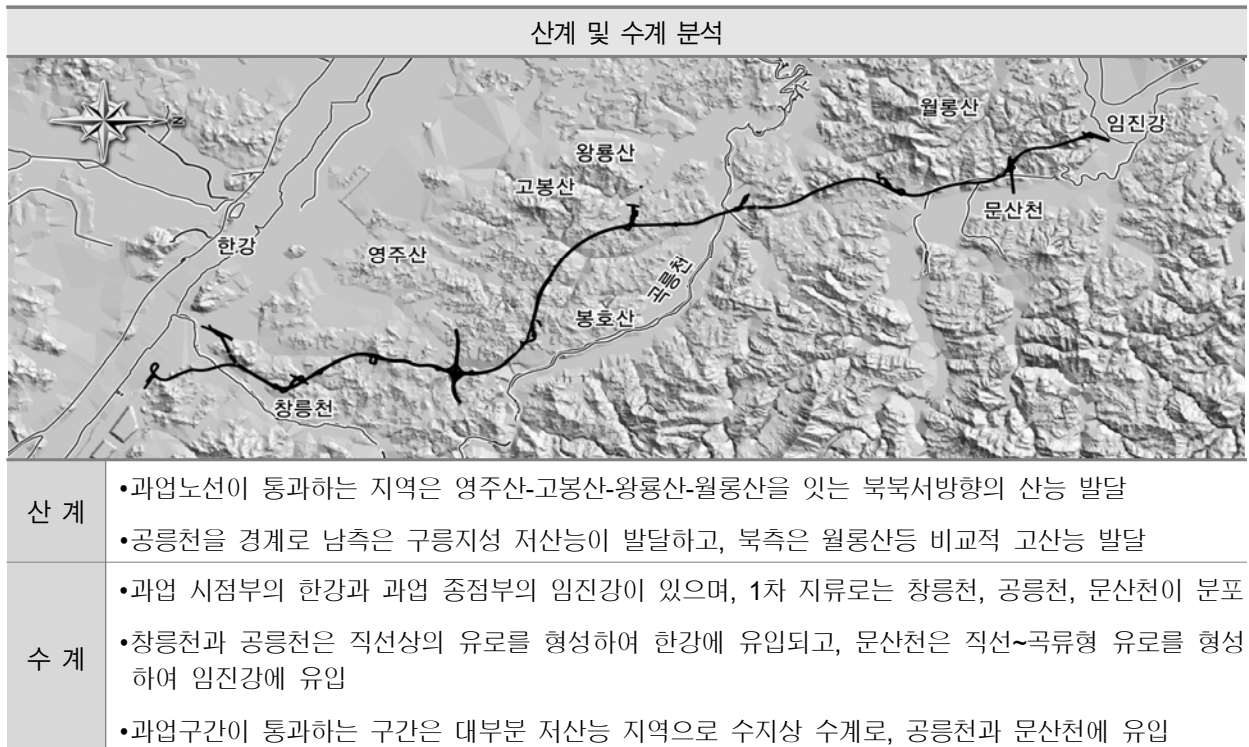
〈그림 1.〉 조사대상 깎기비탈면 위치도



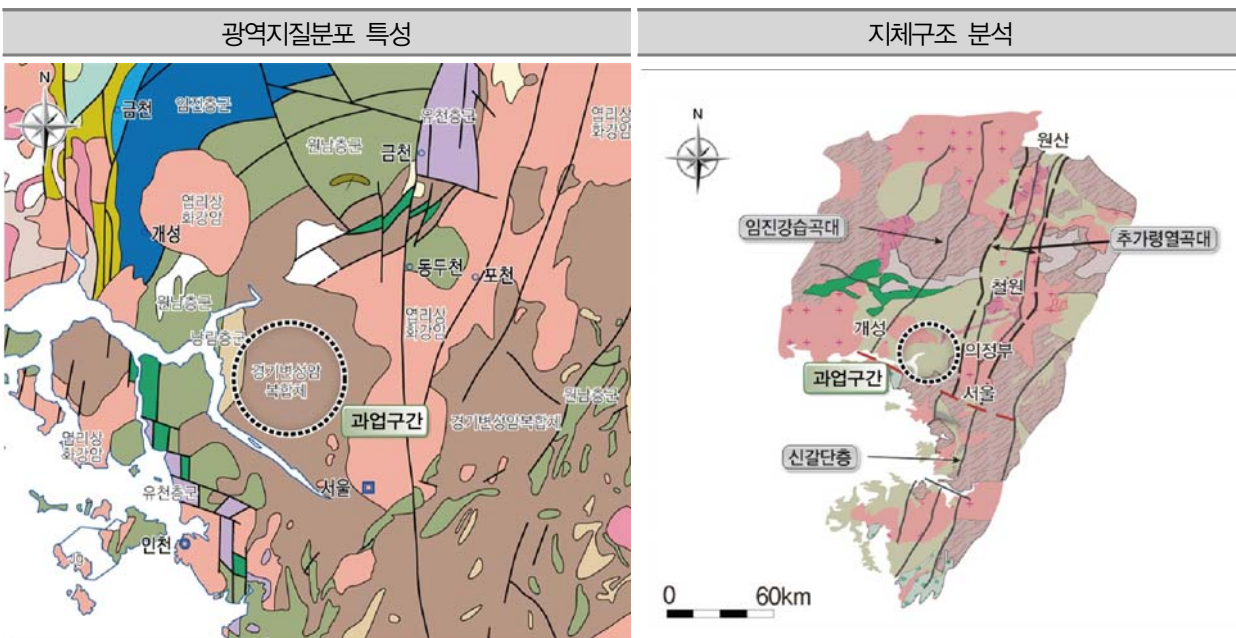
〈그림 2.〉 조사대상 깎기비탈면 평면도

2.2 지형 및 지질특성

2.2.1 지형특성



2.2.2 지질특성



- 과업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 강화도 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
- 과업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하며, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되어 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향은 적음

2.2.3 지질각론



- 과업구간은 선캠브리아기 흑운모편마암, 석회질편마암이 분포하며 이를 신생대 제 4기 총적층이 부정합으로 분포한다.
- 흑운모 편마암은 조사지역의 최하부 지층으로 지역적으로 모암의 성분 차이에 의하여 사질/이질 편암, 석영편암, 석영-운모편암, 운모편암과 석회질 편마암, 대리암, 석회규산염암 등이 교호, 혹은 협재한다.
- 암회색 내지 담회색을 띠는 흑운모 편마암은 흑운모의 함량에 따라 암상이 다소 불균질하게 나타나며, 대부분은 우백대와 우흑대가 1cm이하의 폭으로 호상구조를 이루고 있다.
- 흑운모는 주로 흑운모, 정장석, 사장석, 석영, 백운모 등으로 관찰된다.
- 과업구간에 있는 노두의 암상은 석회질 편마암이며 암상은 담회색~암회색, 입자크기는 중립~조립질로 관찰된다.
- 과업구간에 소규모로 규암이 분포하며, 조사지역의 동쪽으로는 남북방향의 단층이 분포한다.

2.3 현장조사

2.3.1 지표지질 조사

(1) 조사기준

지표지질조사는 도로설계요령에서 제시한 방법으로 수행하였으며 조사기준은 다음과 같다.

<표 1.> 지표지질조사

구 분	조 사 항 목	조 사 기 준
비탈면조사	지표지질조사	•노출암을 대상으로 주향, 경사 측정 불연속면 특성 파악

(도로설계요령, 제2권 토공 및 배수)

(2) 조사내용

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

먼저 기존자료인 1:50,000 축척의 지형도와 지질도를 통해 지형 및 지질상태를 파악하였다. 현장 조사시에는 절리 및 풍화정도를 조사기준에 따라 차례로 수행하고 지하수의 존재 여부 및 파쇄대(Fracture Zone)를 관찰하였다. 암반 내에 분포하는 불연속면의 주향과 경사를 측정하기 위해서 Clino-Compass를 사용하였으며, 암괴의 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 평사투영법을 이용하여 위험암반의 안정성 분석을 수행하였다.

(3) 조사방법

암반조사와 절리조사 및 이와 연계된 비탈면상태 조사방법은 다음과 같다.

① 풍화정도

- 풍화작용은 물리적(Mechanical) 풍화와 화학적(Chemical) 풍화로 대별되는데, 물리적 풍화는 암석의 화학적 조성이나 광물학적 조성의 변화 없이 작게 파쇄(Disintegration)되는 것을 의미한다. 일반적으로 물리적 풍화와 화학적 풍화는 동시에 발생하므로 두 가지 풍화작용의 상호영향을 분리하여 고려하기는 어렵다.
- 물리적 풍화의 주요 원인은 상재 하중의 제거에 따른 압력의 감소, 물의 동결, 온도변화, 식물의 작용 등을 들 수 있다. 화학적 풍화는 물과 암석 중의 광물이 작용하여 용해, 산화, 탄산화, 가수분해, 수화, 이온교환 등을 통해 암석이 풍화되는 것을 의미한다.
- 암석이 물리적 및 화학적 풍화와 생물의 작용을 받아 작은 입자들로 변하여 대체로 그 자리나 가까운 곳에 위치하여 유기물을 포함한 것을 토층(Soil)이라 한다. 지표의 굳지 않은 암석의 크고 작은 부스러기를 모두 토층이라고도 하나, 이를 표토(Regolith)라 하여 토양과 구분하고 있다.
- 암반의 풍화는 다음과 같은 6단계, 즉 F(Fresh), SW(Slightly Weathered Rock), MW(Moderately Weathered Rock), HW(Highly Weathered Rock), CW(Completely Weathered Soil), RS(Residual Soil)로 구분된다.
- 일반적으로 CW와 RS는 토층, HW는 암과 토층의 경계물질로 풍화암, MW는 연암, SW는 경암, F는 극경암에 해당한다.
- 지반물질의 풍화는 하부에서 상부로 올라 갈수록 점진적으로 풍화정도가 심하게 된다. 그러나 곳에 따라서는 지하의 열수용액에 의한 풍화작용을 받게 되면, 풍화가 하부에서도 상당히 진전되는 경우도 많다. 일반적으로 변성암에서는 단층 및 절리 등의 복잡한 지질구조로 인한 불규칙한 풍화양상을 보인다.

② 암석의 구조

• 암석은 층리(Bedding Plane), 엽리(Foliation), 벽개면(Cleavage)과 같은 어느 일정한 방향성 구조를 보이는데, 이는 암석의 공학적 성질에 영향을 줄 수 있다. 그러므로 구조의 발달상태와 정도를 정략적으로 서술한다.

③ 암석의 색깔

• 암석의 색깔은 암석의 층리 구분, 암종 구분, 풍화정도 구분에 유용하게 사용되는데, 암석색깔은 혼돈을 방지하기 위하여 가능한 색도표를 사용하여 용어의 선택을 통일한다.

④ 입자크기

• 입자의 크기는 암석의 공학적 성질에 영향을 주는 중요한 요소이다. 같은 종류의 암석이라도 구성입자 크기의 차이만으로도 암석의 공학적 성질은 달라진다.

⑤ 암석의 강도

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

<표 2> 강도에 의한 분류(ISRM)

용 어	상 태	일축압축강도 (kgf/cm ²)
극히 강함 (extremely strong)	•여러번의 해머타격으로도 잘 깨어지지 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 •휴대용 칼로 긁어지지 않음	250~500
약함 (weak)	•해머의 끝으로 타격해 자국이 남는 정도 •휴대용 칼로 약간 긁어짐	50~250
매우 약함 (very weak)	•해머의 끝으로 타격해 부서지는 정도 •휴대용 칼로 쉽게 긁어짐	10~50
극히 약함 (extremely weak)	•엄지손톱으로 자국이 나는 정도	2.5~10

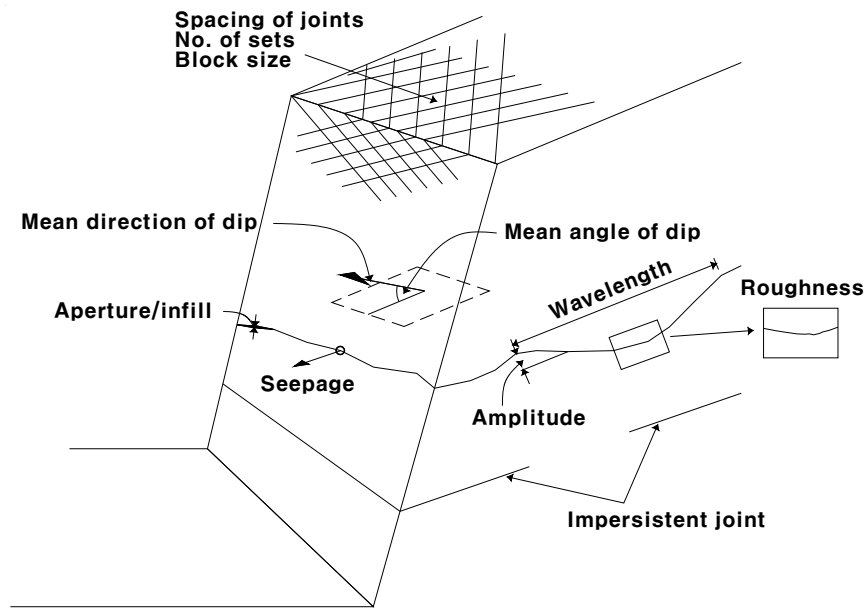
⑥ 암석의 종류

• 암석의 이름은 성인, 광물조성, 구조 등을 나타내며, 암석들마다 각기 공학적인 특성은 다르므로 암석의 종류를 언급하는 것은 중요하다. 그러나 자세한 지질학적 용어를 사용하기보다는 공학적인 견지에서 토목기술자들이 손쉽게 암석의 종류를 구분하는 것이 바람직하다.

⑦ 절리면의 공학적인 특성조사

•원리 및 방법

- 과업지역 내에 존재하는 단열계(방향성, 절리간격, 연장성, 거칠기, 강도, 틈새, 충전물질, 지하수 용출상태, 절리의 방향수, 암괴의 크기)의 특성을 파악하였다. 비탈면에 영향을 미치는 지질구조(단층, 습곡, 연약대, 지하수 분포 등)를 조사한 후, 비탈면에 관련한 취약부를 확인해 단층파쇄대 정밀조사를 수행하였으며, 선구조분석 등의 기존 조사결과와 비탈면구간의 Face mapping을 비교 분석하여 종합적인 지질특성을 분석하여 비탈면의 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, 자북에 대해 6°를 보정하여 진북의 값을 구해 적용시켰다. 불연속면의 표현법은 다음과 같다.

<표 3.> 절리 표시방법

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

•절리 간격(Spacing)

- 인접한 불연속면 간의 직선거리를 나타낸다. 일반적으로 같은 군에 속하는 불연속면의 평균거리로 표시된다. 극히 간격이 좁은 불연속면군들을 가진 암반은 낮은 점착력을 가지며, 특별한 경우에는 암반의 파괴형태가 평면파괴에서 원형파괴나 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.

<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 넓음	Very Wide	2,000~6,000
좁 음	Close	60~200	극도로 넓음	Extremely Wide	> 6,000
보 통	Moderate	200~600			

•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	매우 높음	Very High	> 20m
보 통	Medium	3 ~ 10m			

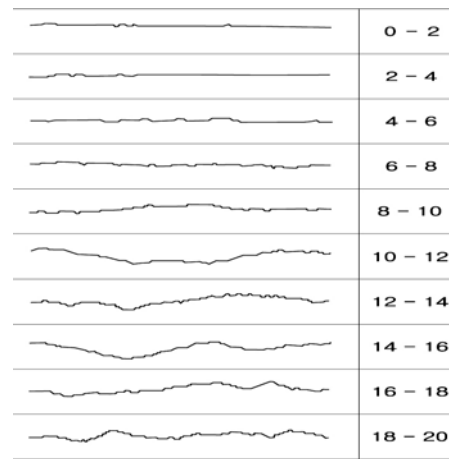
•절리 거칠기 (Roughness)

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

<표 6.> 불연속면의 거칠기 등급

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

<그림 9.> 거칠기 종단면과 JRC



•불연속면의 간극(Aperture)

- 하나의 불연속면에 서로 인접한 암석간에 분리되어 있는 수직거리를 나타내며, 그 간극의 공간은 물이나 공기, 점토 등으로 채워져 있다. 따라서 간극은 충전된 불연속면의 폭과는 구분된다. 큰 간극은 인지할 수 있는 만곡이나 거칠기를 갖는 불연속면의 전단변형, 충전물(점토)의 쏟아짐, 용해 그리고 인장열극 등에 의해 생긴 것이다. 계곡의 침식이나 빙하의 후퇴 등의 결과로 인장에 의해 개방된 수직이나 급경사의 불연속면들은 매우 큰 간극을 가질 수 있다. 간극의 변화는 불연속면의 전단응력에 영향을 주며, 더 중요한 것은 암반과 불연속면의 투수성과 물의 전도율에 영향을 주는 것이다. 본 과업에서는 불연속면군에 대한 최소~최대 틈새를 기록하며, 불연속면의 방향과 위치도 함께 기록하였다. 간극의 표현방법은 다음과 같다.

<표 7.> 불연속면 간극의 표현방법

간 극	표 현		간 극	표 현	
< 0.1mm	Very Tight	Closed	1~10cm	Very Wide	Open Features (개방형)
0.1~0.25mm	Tight	Features	10~100cm	Extremely Wide	
0.25~0.5mm	Partly Open	(폐쇄형)	> 1m	Cavernous	
0.5~2.5mm	Open	Gapped			
2.5~10mm	Moderately Wide	Features			
> 10mm	Wide	(틈새형)			

•절리강도 (Wall Strength)

- 불연속면의 벽면을 구성하는 암석의 압축강도는 특히 벽면이 충전되지 않아 직접 암석끼리 접촉해 있는 경우 전단강도와 변형도에 매우 중요한 요소이다. 암체는 표면 가까이에서 자주 풍화되어지고 또는 열수과정에서 변형되기도 한다. 풍화(또는 변형)가 일반적으로 암체의 내부보다는 불연속면의 벽면에 영향을 준다. 전단강도와 변형도에 영향을 주는 상대적으로 얇은 암석벽면은 간단한 Index시험을 통해 이루어진다. 대략적인 일축압축강도는 Schmidt Hammer시험이나 굵기 그리고 Geologic Hammer시험 등으로 추정될 수 있다.

- Schmidt Hammer는 미리 압축된 스프링의 힘을 해방시켜 Hammer가 암반의 표면에 부딪힐 때 반발력을 측정함으로써 암석의 강도를 추정하는 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	일축압축강도 (kgf/cm ²)
R0	Extremely Weak	손톱에 의해 파짐	2.5 ~ 10
R1	Very Weak	햄머 타격에 의해 부스러짐	10 ~ 50
R2	Weak	햄머 타격에 의해 움푹 파짐	50 ~ 250
R3	Medium Strong	햄머 1회 타격으로 깨짐	250 ~ 500
R4	Strong	햄머 1회 이상의 타격에 의해 깨짐	500 ~ 1,000
R5	Very Strong	햄머의 다수타격에 의해 깨짐	1,000 ~ 2,500
R6	Extremely Strong	햄머타격에 의해 약간 깨짐	> 2,500

•충전물질(Filling)

- 한 불연속면에 서로 인접한 암석의 벽면 사이를 충전하고 있는 물질을 말하며, 모암 보다는 일반적으로 강도가 약한 경우가 많다. 일반적으로 충전물질은 모래, 점토, 녹니석, 실트 등이며 충적토, 압쇄암, 단층각력암 등이나 벽면을 얇게 피복하는 광물 등도 포함된다.
- 단단한 광맥(방해석, 석영, 황철광 등)으로 충전된 경우를 제외하고는 일반적으로 깨끗한 면의 불연속면보다는 전단강도가 낮다. 그리고 충전된 불연속면의 거동은 간극에 대립하여 충전된 불연속면의 폭으로 표시한다.
- 형태 : 폭(Width), 벽면거칠기(Wall Roughness), 현장스케치
- 충전물 종류 : 광물조각, 입자크기, 풍화등급
- 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 지하수위 그리고 관련된 방향성의 투수율에 대략 비례한다. 지하수위, 투수의 통로, 수압 등은 암반의 유효응력을 감소시켜 암반의 안정성을 감소시킬 수 있다.

<표 9.> 용수 표현방법

등 급	벽면에서 용수에 의한 표현
I	• 건조한 벽면과 천반, 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 평면형이나 전도형 파괴에서 회전형이나 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		

제3장 깎기비탈면 현황

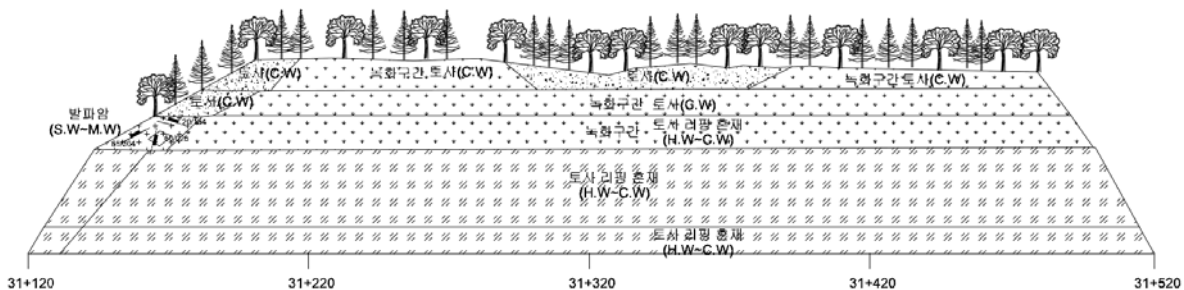
3.1 깎기비탈면 기본현황

- 본 비탈면은 「서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)」 내에 조성되고 있는 깎기비탈면이다.
- 과업구간의 깎기비탈면은 “서울~문산 고속도로 민간투자사업(제4공구)”의 「내포리구간 (좌안):내포육교 전 STA.31+120~31+520」 배면 좌측비탈면으로 총연장 380m, 최대높이 40.6m로 조성된 깎기비탈면이다.
- 비탈면의 경사도는 토사구간 1:1.2~1:1.8, 암반구간 1:0.7~1:1.5로 시공되었으며, 폭 1m의 소단 1개소가 형성되어있다.
- 토사층은 약 11.0m 내외의 범위로 분포하고, 비탈면 내 암질의 풍화정도는 보통풍화~약간풍화 정도를 보인다.
- 절리 특성 및 풍화정도를 조사하였으며, 기타 자세한 사항은 현황도에 도시화 하여 나타내었다.

<표 11.>. 구간별 깎기비탈면 기본 현황

구 분	소 단	구 간	구 배	풍화도	암 종	비 고
내포리구간 (좌안)	-	STA.31+120~31+520	1:0.7~1:1.2	S.W~C.W	편마암	-

3.2 조사영역 및 현황사진



〈그림 10.〉 깎기비탈면 조사 영역



(a) 리핑 토사 경계

(b) 암반 절리 현황

〈그림 11.〉 짝기비탈면 조사구간

제4장 깎기비탈면 현황도

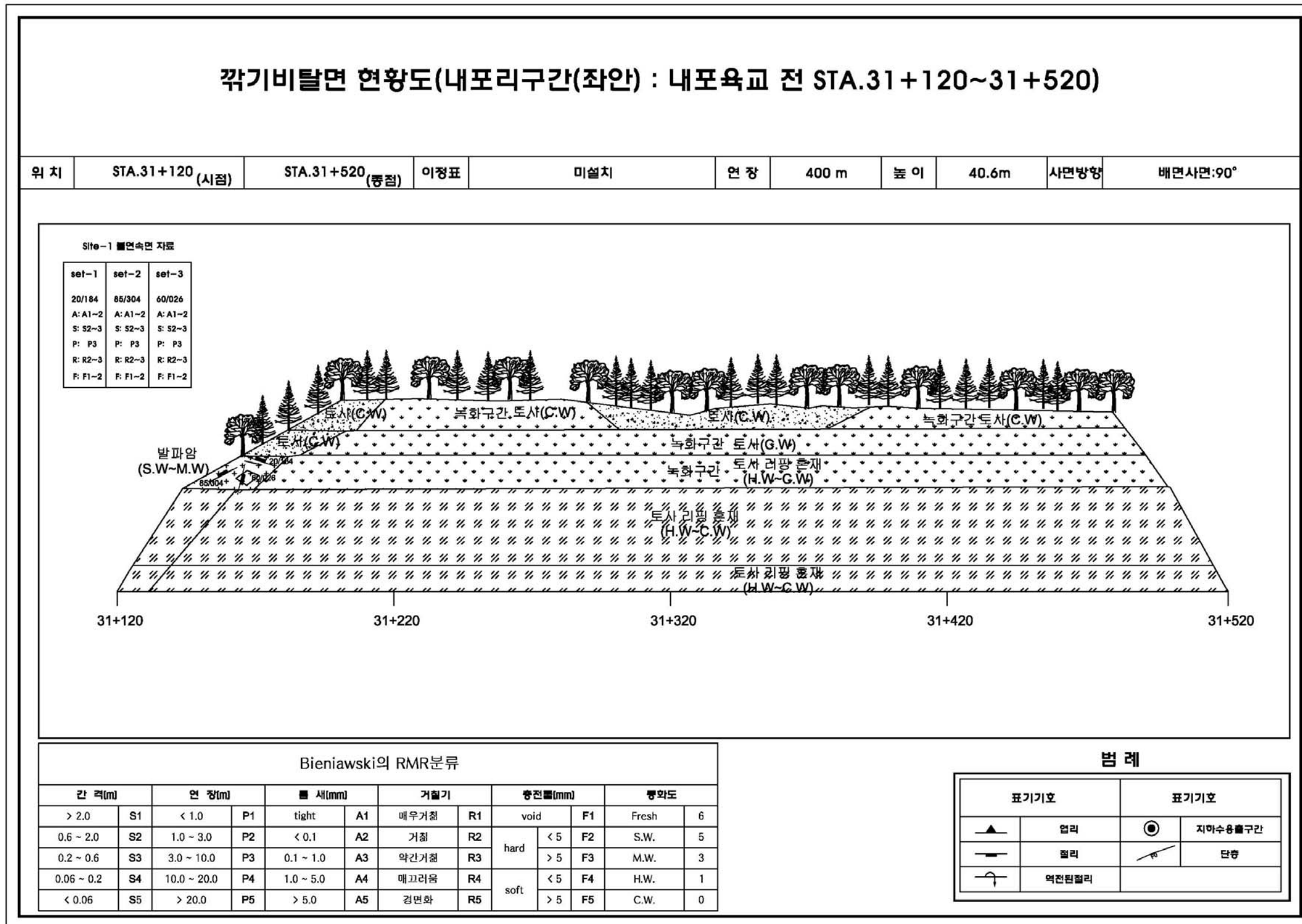
4.1 깎기비탈면 전경

깎기비탈면 전경(내포리구간 (좌안):내포육교 전 STA.31+120~31+520)



4.2 현황도 작성

깎기비탈면 현황도(내포리구간 (좌안):내포육교 전 STA.31+120~31+520)



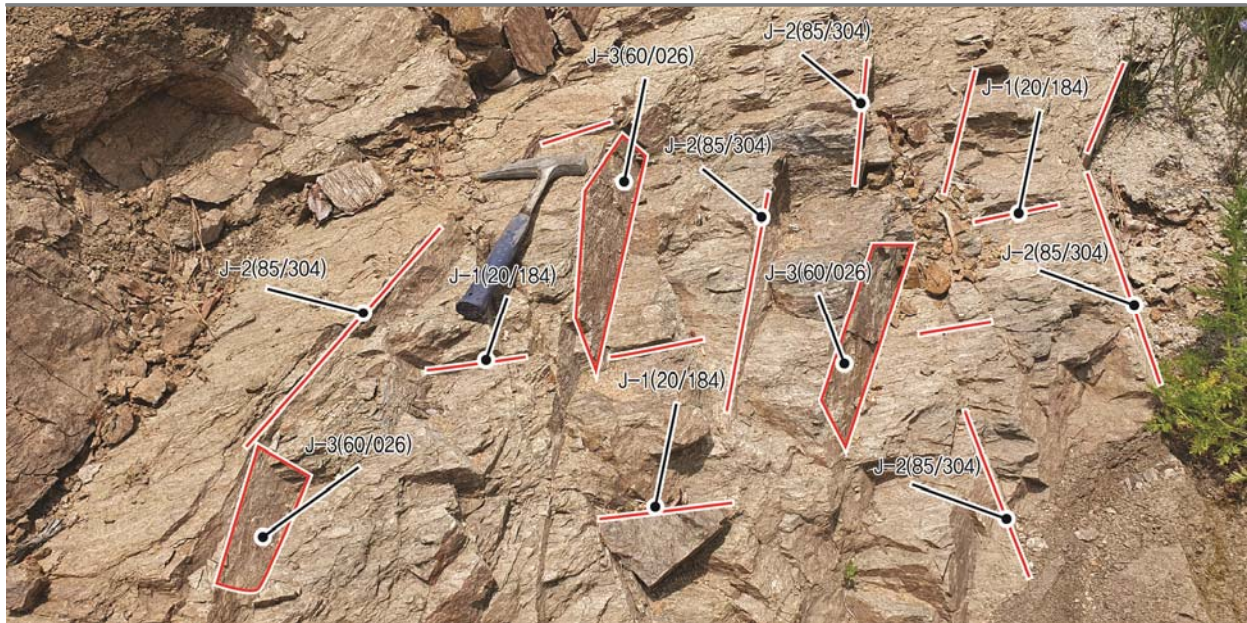
제5장 세부 설명

5.1 개요

- 비탈면형태는 단일깎기비탈면으로 토사 및 암반으로 이루어진 혼합비탈면이며, 도로 횡단형상 및 종단형상은 직선형의 형태를 띠고 있다.
- 내포리구간 (좌안):내포육교 전 STA.31+120~31+520의 연장 380m 구간으로 상부에는 토사 및 기반암이 분포한다. 기반암은 편마암이고 STA.31+120~31+220 구간에 소량 분포하며 보통풍화~약간풍화 상태이다.
- 기반암 구간 비탈면은 1:0.7의 구배로 조성되어 있으며, 상부의 토사 및 풍화암 구간의 경우 1:1.0~1:1.8의 구배로 조성되어 있다.

5.2 세부설명

5.2.1 Site-1

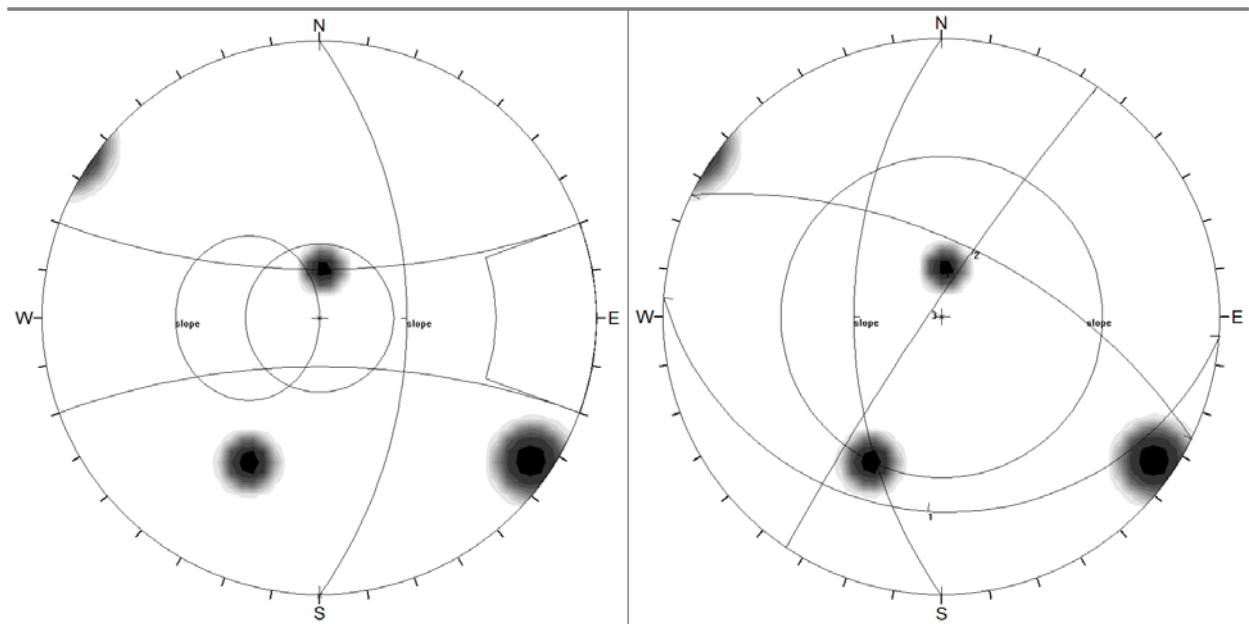


〈그림 14.〉 Site-1 비탈면 절리 현황

- 본 영역은 3개조의 절리면이 발달하고 있으며, 연장성이 긴 사선방향 절리가 주로 발달해 있고 그 외 다수의 절리가 불규칙하고 비교적 복잡하게 발달한 상태이다.

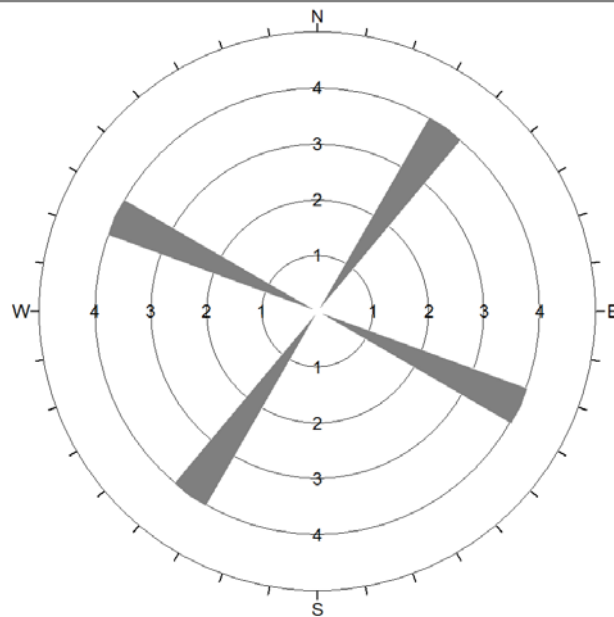
〈표 12.〉 Site-1 불연속면 조사 결과

구 분		경사 (°)	경사방향 (°)	틈새	간격	연장	충진물	거칠기	풍화도	비 고
주절리	J-1	20	184	A1~2	S2~3	P3	F1~2	R2~3	S.W~M.W	-
	J-2	60	026	A1~2	S2~3	P3	F1~2	R2~3	S.W~M.W	-
	J-3	85	304	A1~2	S2~3	P3	F1~2	R2~3	S.W~M.W	-



<그림 15.> Site-1 평사투영 해석결과

- 본 영역의 평사투영 해석 결과 평면 및 전도파괴, 켜기파괴 발생 가능성은 없는 것으로 검토되었다.



<그림 16.> Site-1 절리분포 현황

제6장 총평

- 본 깎기비탈면은 “서울~문산 고속도로 민간투자과업(4공구)” 내에 조성되고있는 깎기비탈면 이다.
- 과업구간의 깎기비탈면은 “서울~문산 고속도로 민간투자과업(4공구)” 중 「내포리구간 (좌안):내포육교 전 STA.31+120~31+520」 구간 깎기비탈면으로 연장 380m, 최대 깎기고 40.6m, 비탈면경사 1:0.7~1:1.8로 시공된 비탈면이다.
- 1m 소단과 3m 소단이 형성되어 있으며 3m 소단 위쪽으로 주로 녹화시공이 되어있다.
- 하부에는 토사-리핑 혼재구간이 분포하고 있으며 일부구간에 기반암이 관찰되고 있다. 비탈면 내 암질의 풍화정도는 보통풍화~약간풍화 정도를 보인다.
- 토사층은 약 11.0m 내외의 범위로 분포하며 대체적으로 원지반에서 토사구간은 심한풍화~완전풍화 상태이고, 기반암 노출 구간은 보통풍화~심한풍화 상태로 관찰된다.
- 깎기비탈면 내에 발달하는 불연속면들은 3개의 절리군들이 규칙적으로 분포하며, 그 외 불규칙절리가 다수 발달되어 있다.
- 평사투영해석 결과 모든 구간에서 평면 및 썩기파괴와 전도파괴의 발생 가능성이 없는 것으로 검토되었다.
- 대부분 토사와 풍화암으로 구성된 비탈면으로 완전풍화 상태이며 지하수 유출구간은 관찰되지 않고 있다.

부 록

1. 깎기비탈면 체크리스트
2. 깎기비탈면 전경
3. 깎기비탈면 세부사진
4. 깎기비탈면 현황도
5. 깎기비탈면 횡단면도

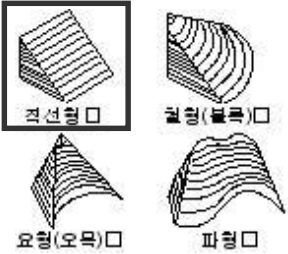
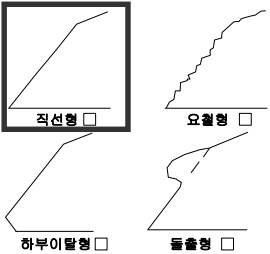
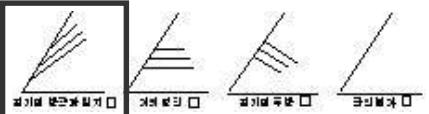
1. 깎기비탈면 체크리스트

꺾기비탈면 현황조사 체크리스트(내포리구간 (좌안) : 내포육교 전 STA. 31+120~31+520)

■ 일반현황

관리청/국도	-	도로호선/구간	(서울→문산)
행정구역	경기도 파주시 금능동 일원		
거 리 표	없음		미설치 (V)
위 경 도	N : (37)°(50)′(08.78)″ E : (126)°(46)′(08.67)″		
차 선	왕복 (-차선)	교 통 량	(-) 대/일
조사일자	2019년 06월 03일	조 사 자	배 호 석
		조사기관	(주)이제이텍

■ 절개면 특성

연 장	(약 400) m	최대높이	(약 40.6) m
경 사	(34~40) °	이격거리	(-) m
종 류	☐ 암 ☐ 토사 ☒ 혼합 ☐ 자연	누수위치	☐ 상 ☐ 중 ☐ 하 ☒ 무
횡단형상		종단형상	
주변지형 특 성	☐ 구릉 ☒ 준산악 ☐ 산악	상부자연 사면경사	() °
계 곡 부	(0) 개소	풍화정도	☐ 상 ☒ 중 ☒ 하
암석의 결		붕괴유형 (중복가능)	☐ 켜기 ☐ 평면 ☐ 전도 ☐ 원호 ☐ 표층유실 ☐ 낙석 ☒ 무

■ 시공현황 및 필요공법

시공현황 (중복가능)	☐ 낙석방지망 ☐ 낙석방지울타리 ☐ 낙석방지책 ☐ 격자블록 ☐ 옹벽 ☒ 식생공 ☐ 덩쿨식재 ☐ 사방공 ☐ 수평배수공 ☐ 슛크리트 ☐ 록앵커 ☐ 록볼트 ☐ 어스앵커 ☐ 억지말뚝 ☐ 버트리스 ☐ 법면정비 ☐ 측구배수로 ☐ 수직배수로 ☐ 피암터널 ☐ 링네트 ☐ 암부착특수망 ☐ 압착식 낙석방지망
필요공법	☒ 현상태유지, ☐ 기존시설 교체·보수, ☐ 보호공 필요, ☐ 보강공 필요
조 사 자 소 견	토사 및 리핑 비탈면으로 구성되어있고, 비탈면 높이는 약 40.6m이다. 비탈면 상부에 식생공이 분포하고 있다. 풍화도는 S.W-C.W의 풍화도를 보인다.

2. 깎기비탈면 전경

깎기비탈면 전경(내포리구간(좌안) : 내포육교 전 STA.31+120~31+520)

위 치	STA.31+120 (시점)	STA.31+520 (종점)	이정표	미설치	연 장	400 m	높 이	40.6 m	사면방향	배면사면:90°
-----	-----------------	-----------------	-----	-----	-----	-------	-----	--------	------	----------



3. 깎기비탈면 세부사진



구간별 세부사진(비탈면 시점 STA. 31+140)



구간별 세부사진(STA. 31+140~180)



구간별 세부사진(STA. 31+180~240)



구간별 세부사진(STA. 31+240~300)



구간별 세부사진(STA. 31+300~360)



구간별 세부사진(STA. 31+360~420)



구간별 세부사진(STA. 31+420~480)

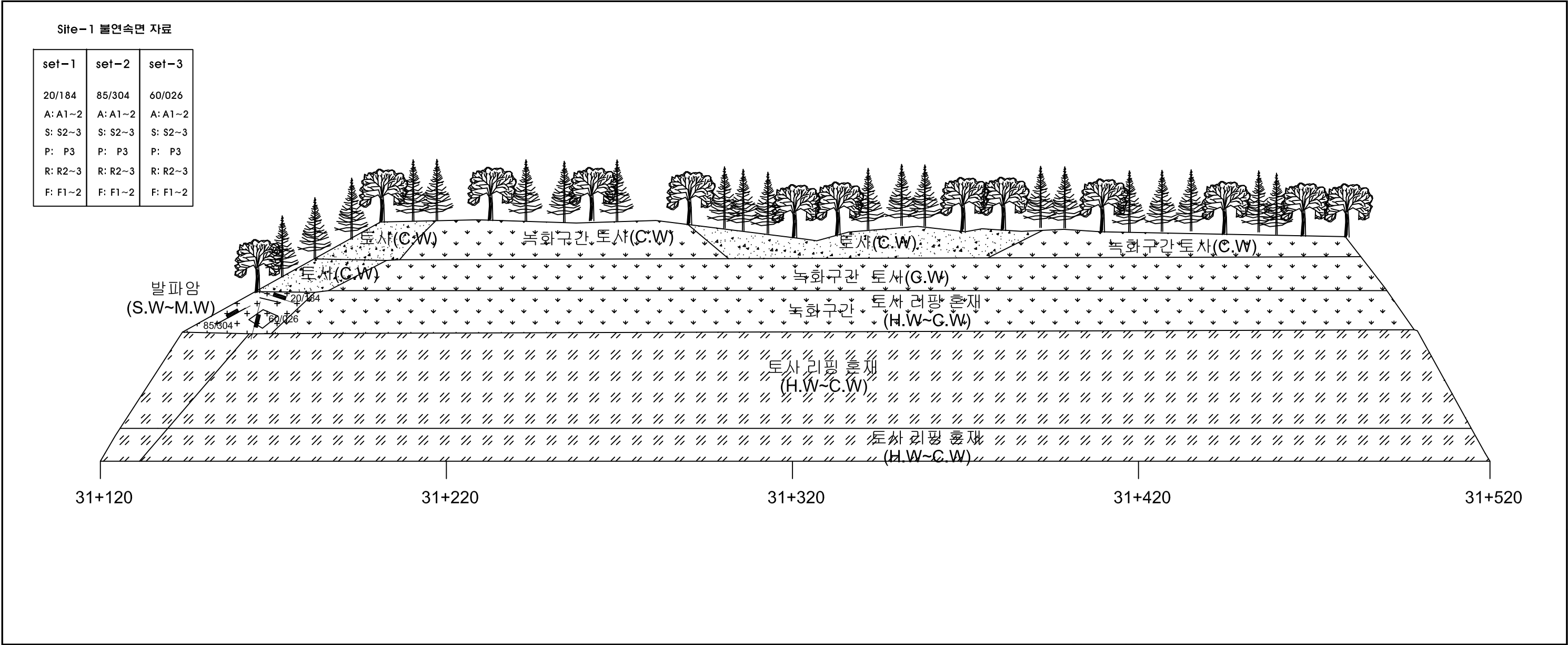


구간별 세부사진(비탈면 종점STA. 31+480~520)

4. 깎기비탈면 현황도

깎기비탈면 현황도(내포리구간(좌안) : 내포육교 전 STA.31+120~31+520)

위 치	STA.31+120 (시점)	STA.31+520 (종점)	이정표	미설치	연 장	400 m	높 이	40.6m	사면방향	배면사면:90°
-----	-----------------	-----------------	-----	-----	-----	-------	-----	-------	------	----------



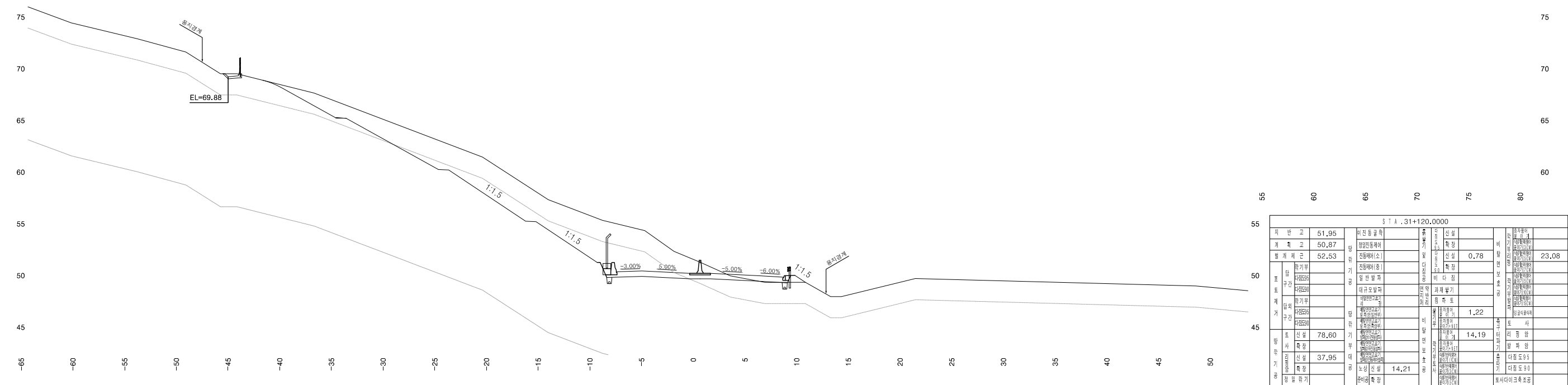
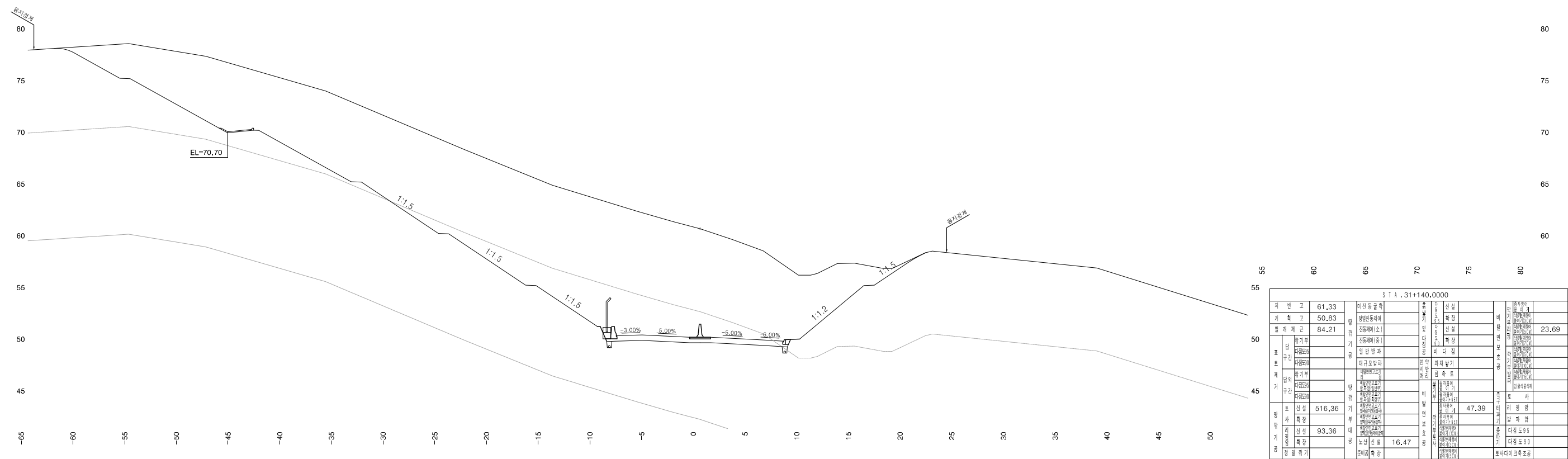
Bieniawski의 RMR분류												
간 격(m)		연 장(m)		틈 새(mm)		거칠기		충전물(mm)		중화도		
> 2.0	S1	< 1.0	P1	tight	A1	매우거칠	R1	void		F1	Fresh	6
0.6 ~ 2.0	S2	1.0 ~ 3.0	P2	< 0.1	A2	거칠	R2	hard	< 5	F2	S.W.	5
0.2 ~ 0.6	S3	3.0 ~ 10.0	P3	0.1 ~ 1.0	A3	약간거칠	R3		> 5	F3	M.W.	3
0.06 ~ 0.2	S4	10.0 ~ 20.0	P4	1.0 ~ 5.0	A4	매끄러움	R4	soft	< 5	F4	H.W.	1
< 0.06	S5	> 20.0	P5	> 5.0	A5	경면화	R5		> 5	F5	C.W.	0

표기기호		표기기호	
	엎리		지하수용출구간
	절리		단층
	역전된절리		

5. 깎기비탈면 횡단면도

서울~문산고속도로 민간투자사업
제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포

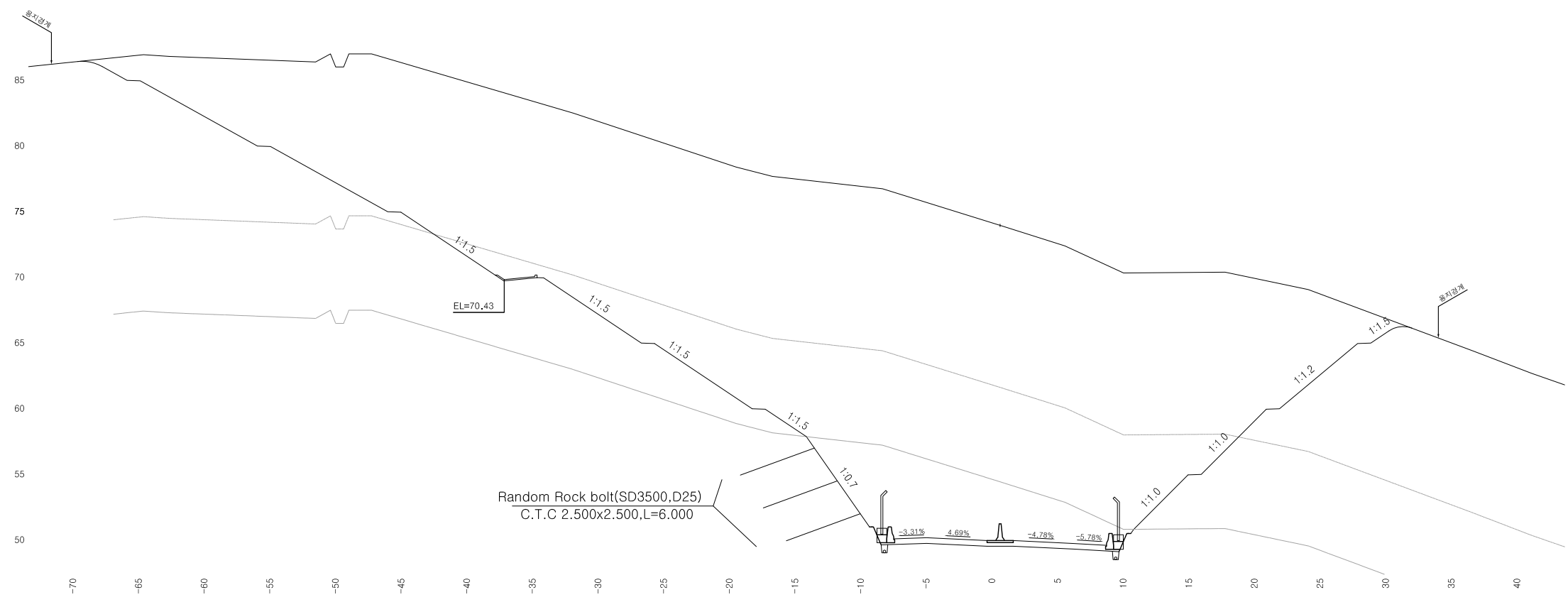
횡단면도(237)
(STA.31+120.00~31+140.00)



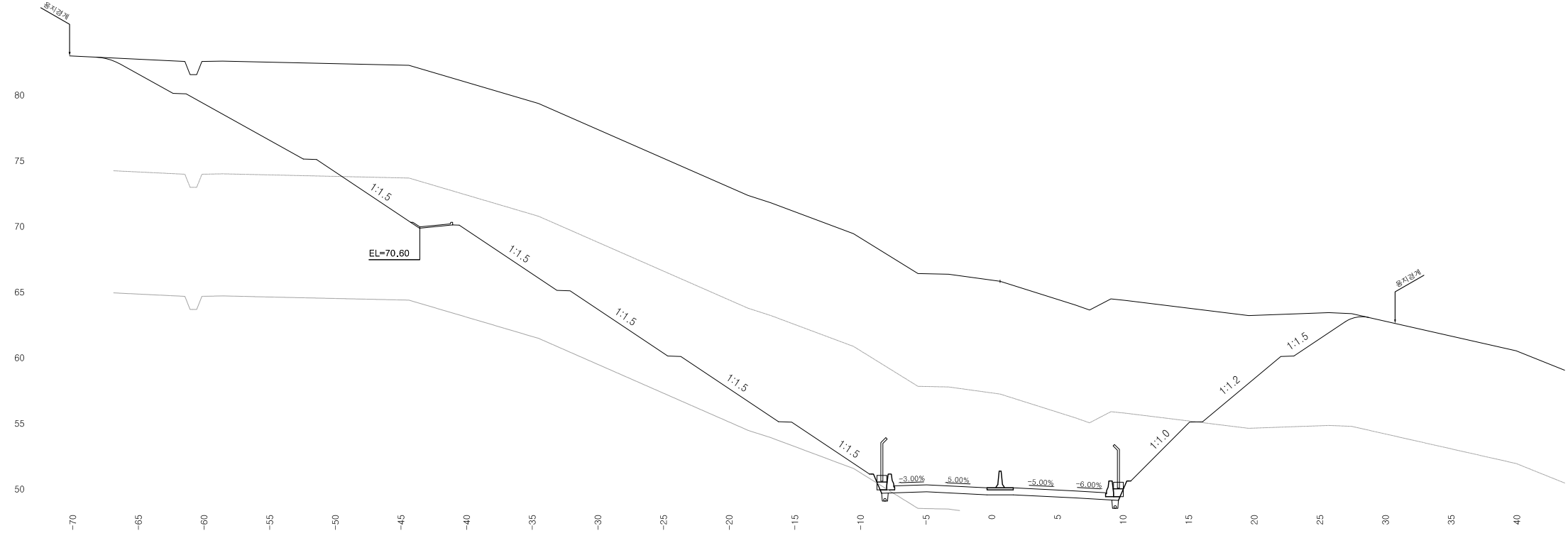
 서울지방국토관리청  서울문산고속도로주식회사	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△							위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 횡단면도(237) (STA.31+120.00~31+140.00)
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△							축척	1:200		
	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인		조완형	박정훈	윤성희	도면번호	C0020102-237	편철번호	1,237
					개정번호	날짜	개 정 내 용		사업책임자	분야별책임자	설계자				적용표준

서울~문산고속도로 민간투자사업
제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포

횡 단 면 도(238)
(STA.31+160.00~31+180.00)

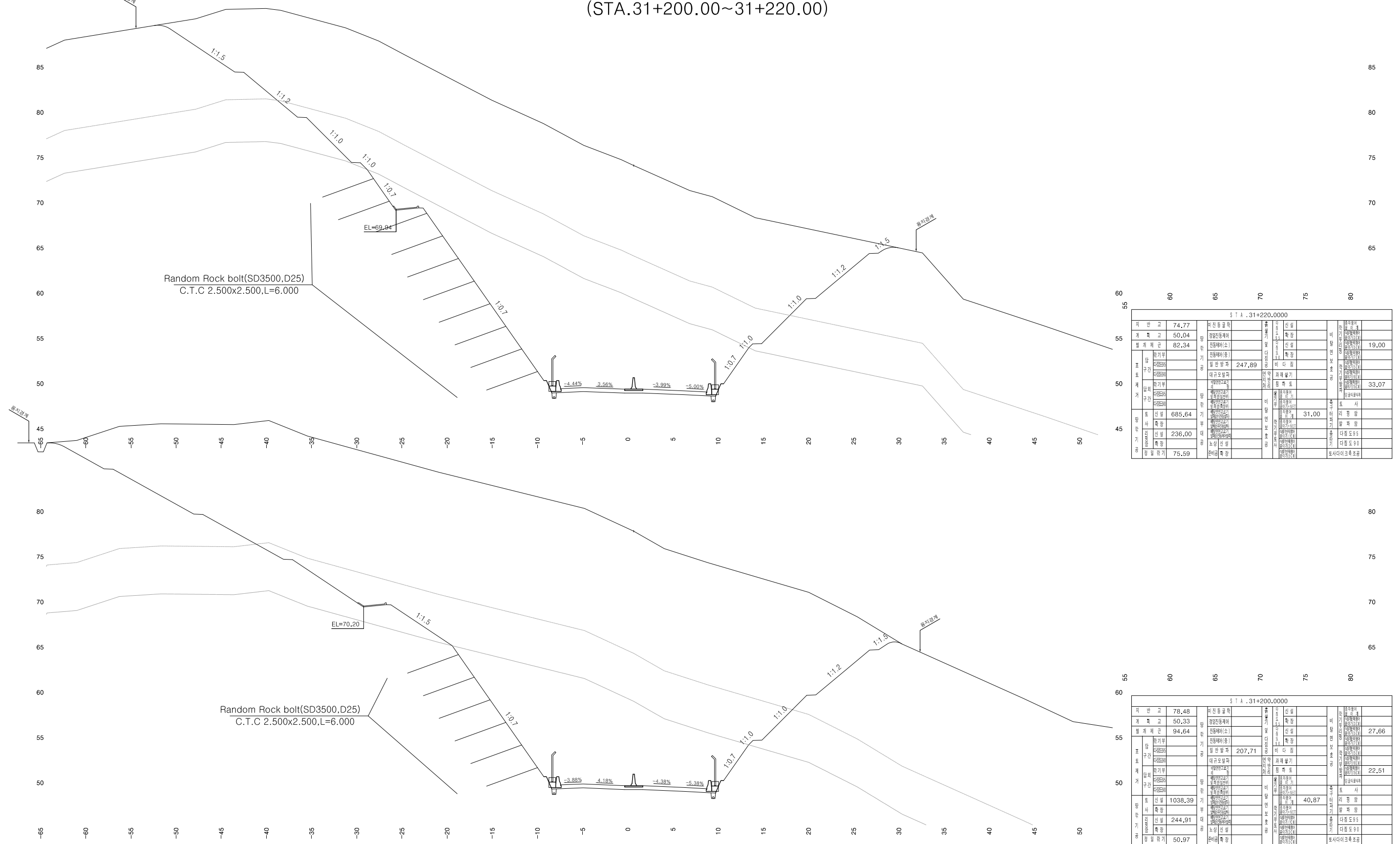


S T A . 31+180.0000											
지 반 고	74.56	미진 동 굴 측									
개 축 고	50.56	정원진동굴측									
발 계 제 근	101.65	진동예(소)									
표 토 재 가	단 기 부	용 만 물 파	86.22								
	구 간	대 구 오 발 파									
	단 기 부	대 구 오 발 파									
	구 간	대 구 오 발 파									
토 신 설	1003.66	대 구 오 발 파									
사 신 설	295.72	대 구 오 발 파									
개 축 제 근	23.83	대 구 오 발 파									



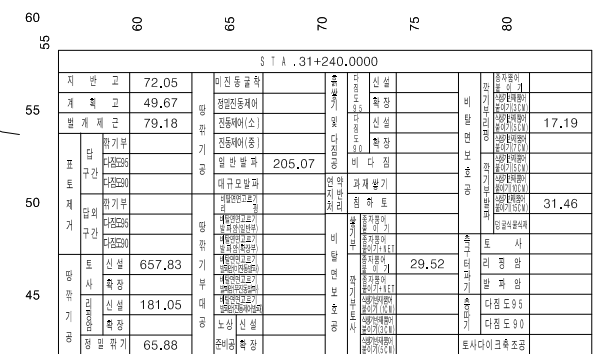
S T A . 31+160.0000											
지 반 고	66.46	미진 동 굴 측									
개 축 고	50.73	정원진동굴측									
발 계 제 근	96.96	진동예(소)									
표 토 재 가	단 기 부	용 만 물 파									
	구 간	대 구 오 발 파									
	단 기 부	대 구 오 발 파									
	구 간	대 구 오 발 파									
토 신 설	682.77	대 구 오 발 파									
사 신 설	366.05	대 구 오 발 파									
개 축 제 근	0.25	대 구 오 발 파									

횡 단면 도(239)
(STA.31+200.00~31+220.00)

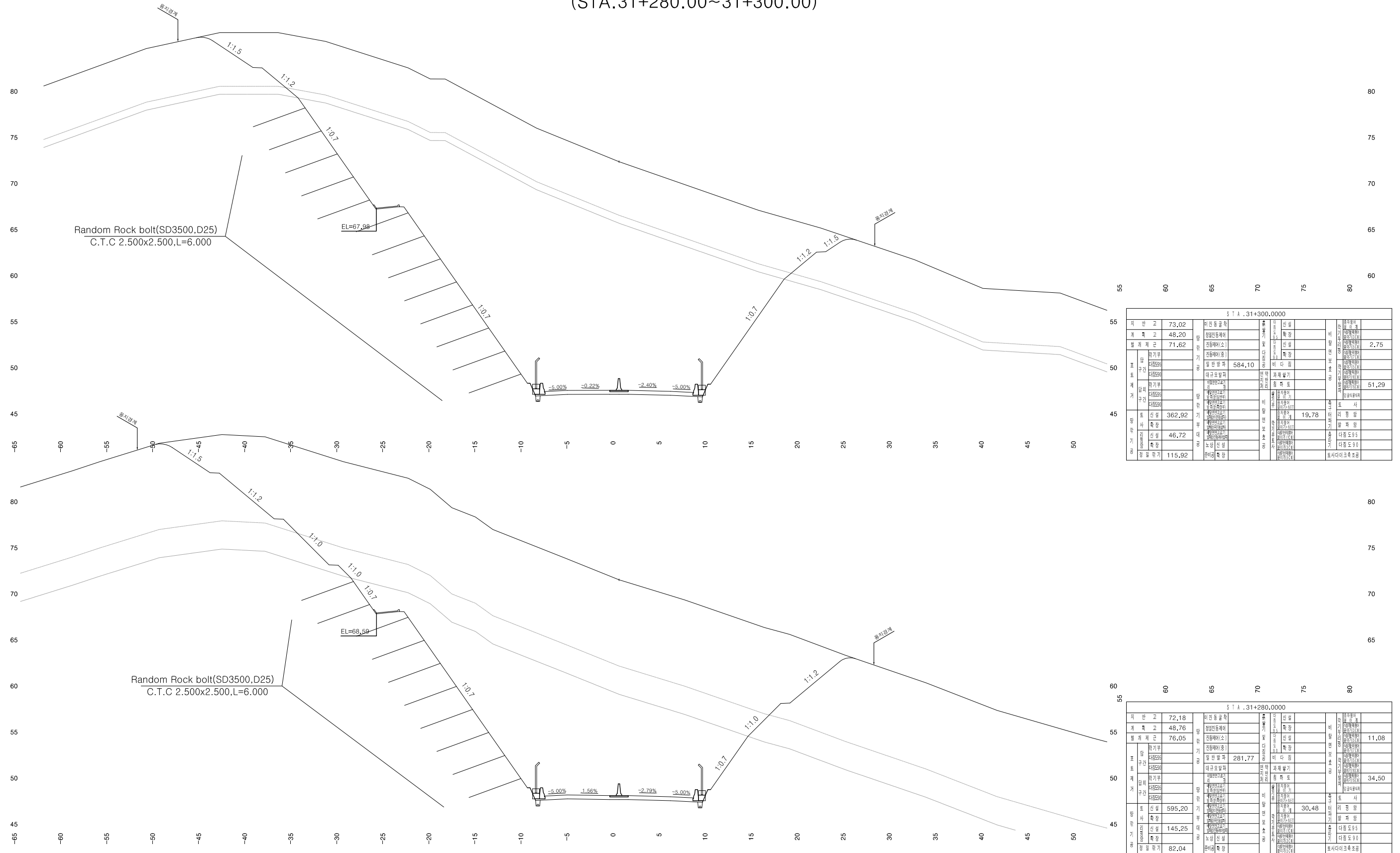


 서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△						위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 환단면도(239) (STA.31+200.00~31+220.00)	
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△						축척	1:200			
	 서울문산고속도로주식회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형 	박정훈 	윤성희 S.H.Yoon	도면번호	C0020102-239	편철번호	1.239
					개정번호	날짜	개 정 내 용	사업책임자	분야별책임자	설계자				적용표준	GED-01-0828

횡 단 면 도(240)
(STA.31+240.00~31+260.00)

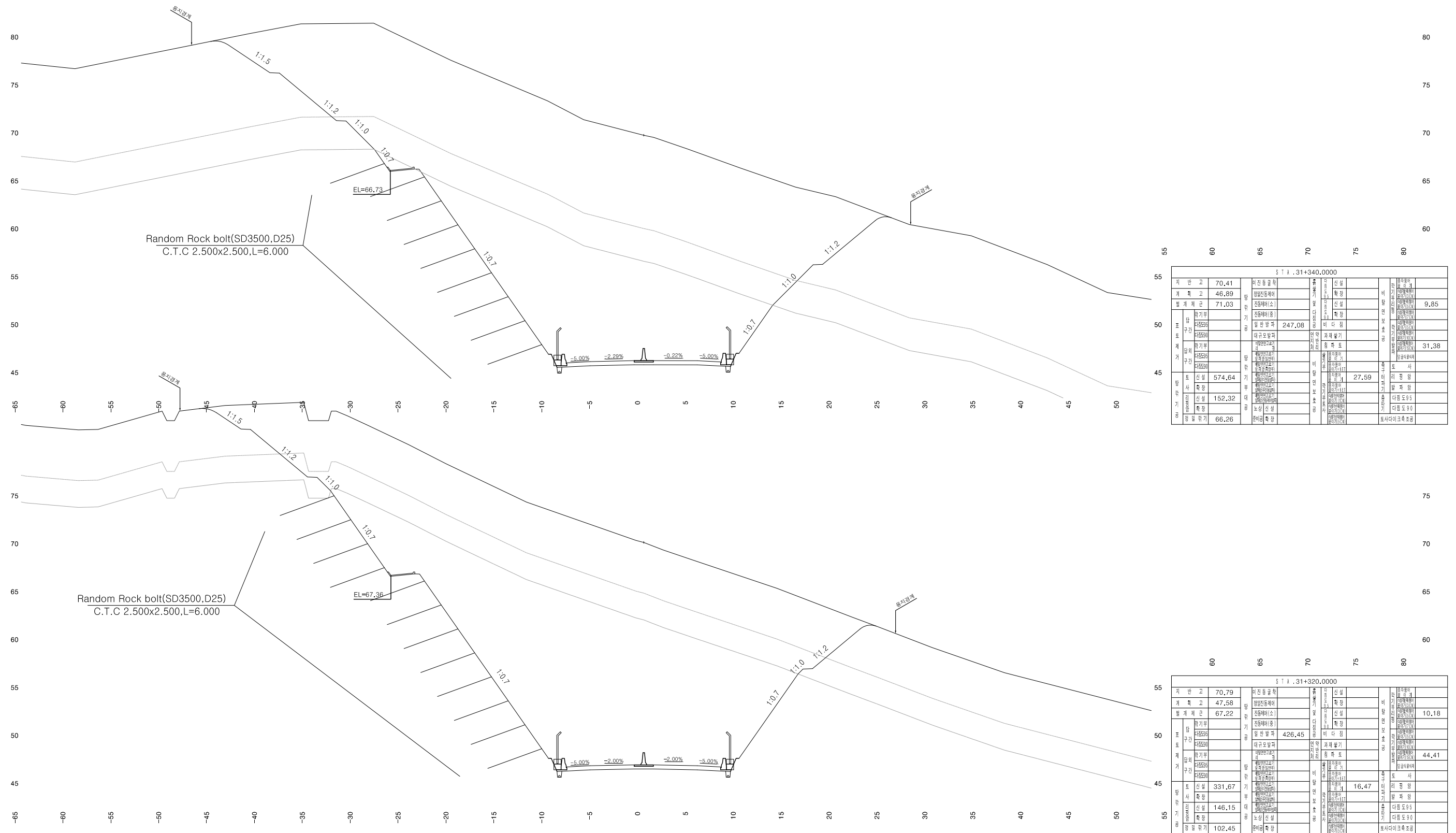


횡단면도(241)
(STA.31+280.00~31+300.00)



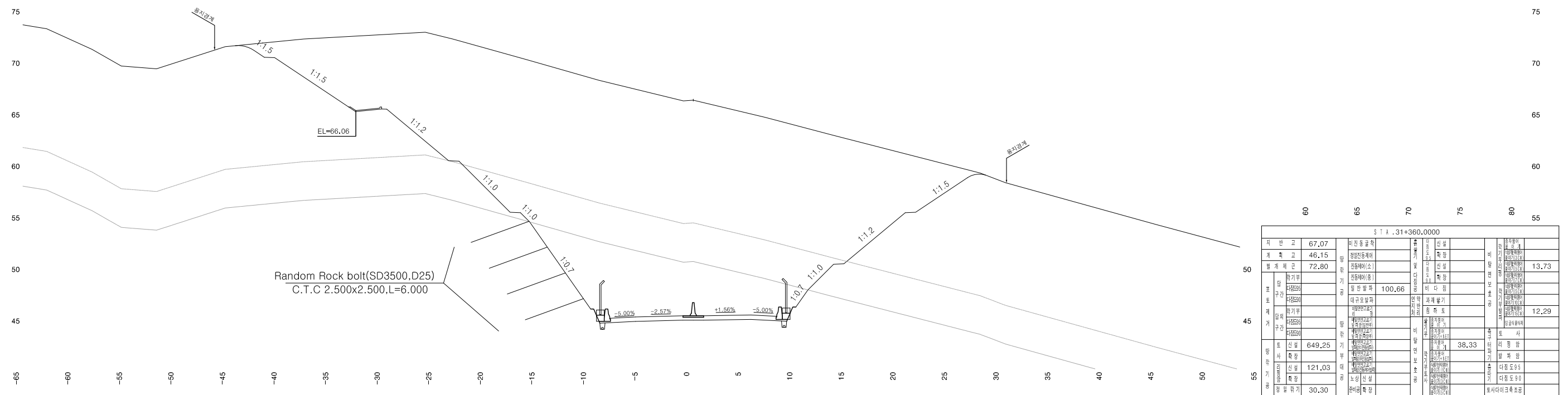
 서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△					위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 환단면도(241) (STA.31+280.00~31+300.00)		
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△					축척	1:200				
	 서울문산고속도로주식회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형 	박정훈 	윤성희 S.H.Yoon	도면번호	C0020102-241	편철번호	1.241
					개정번호	날짜	개 정 내 용	사업책임자	분야별책임자	설계자				적용표준	GED-01-0828

횡단면도(242)
(STA.31+320.00~31+340.00)



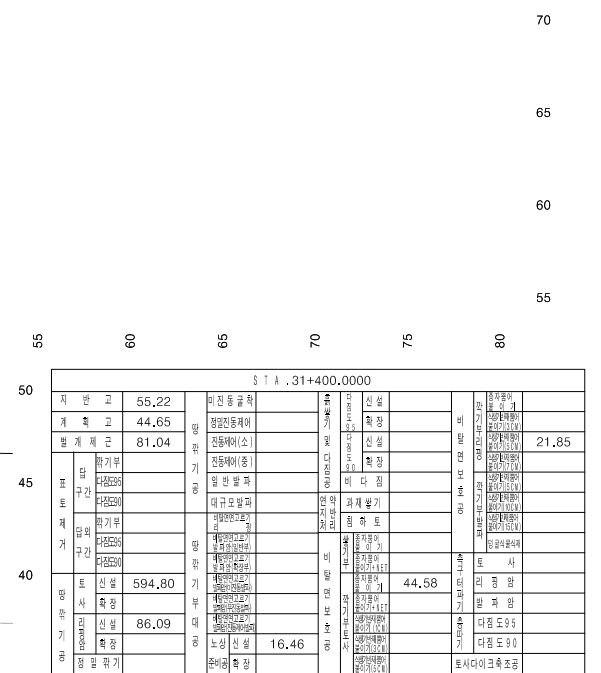
 서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△					위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 환단면도(242) (STA.31+320.00~31+340.00)		
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△					축척	1:200				
	 서울문산고속도로주식회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형 	박정훈 	윤성희 S.H.Yoon	도면번호	C0020102-242	편철번호	1.242
					개정번호	날짜	개 정 내 용	사업책임자	분야별책임자	설계자				적용표준	GED-01-0828

횡단면도(243)
(STA.31+360.00~31+380.00)



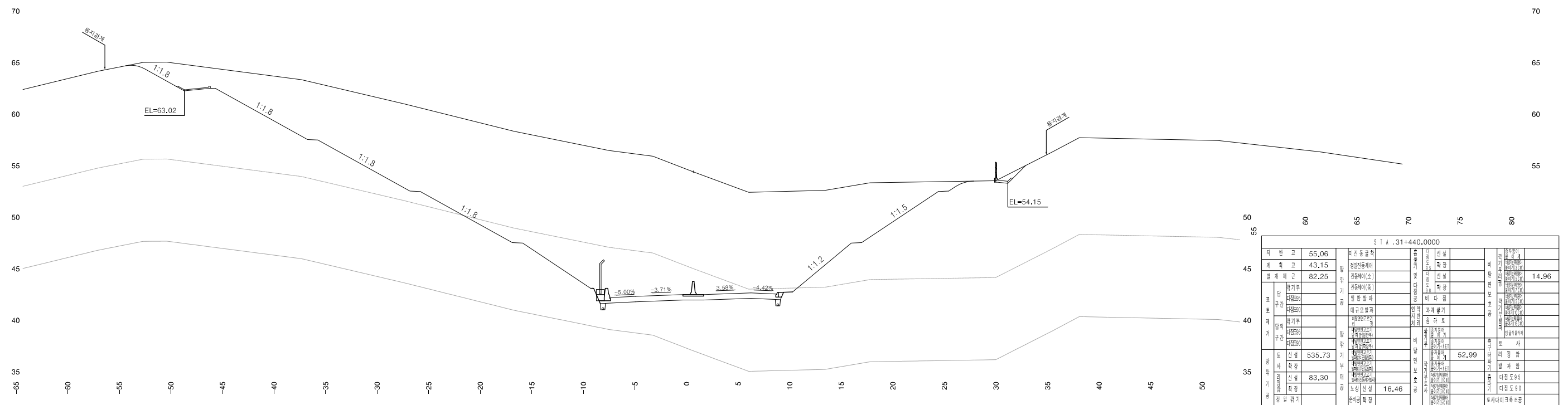
 서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△					위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 환단면도(243) (STA.31+360.00~31+380.00)		
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△					축척	1:200				
	 서울문산고속도로주식회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형 	박정훈 	윤성희 S.H.Yoon	도면번호	C0020102-243	편철번호	1.243
					개정번호	날짜	개 정 내 용	사업책임자	분야별책임자	설계자				적용표준	GED-01-0828

횡단면도(244)
(STA.31+400.00~31+420.00)



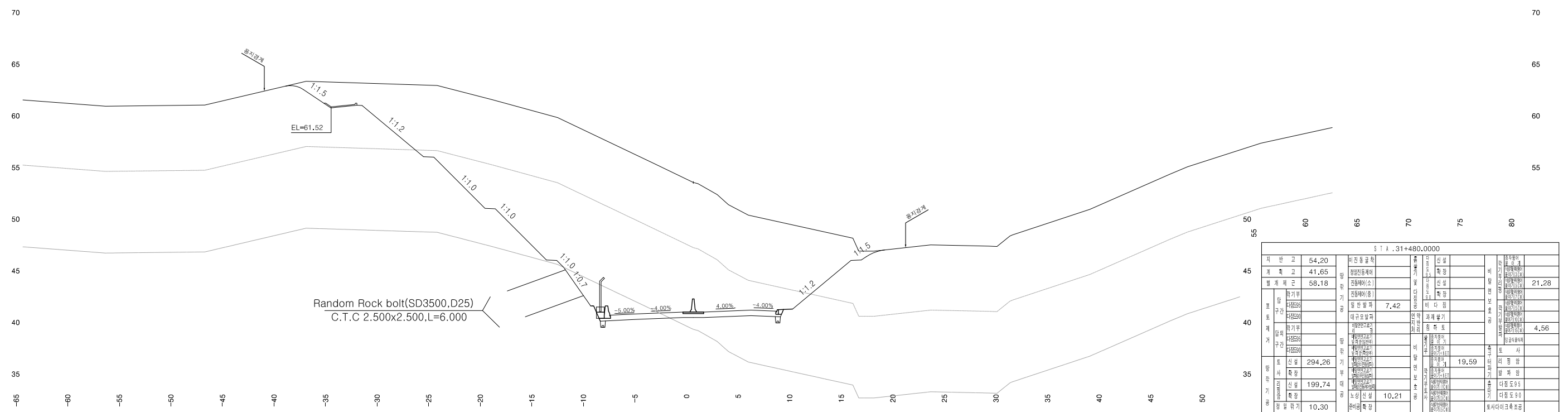
 서울지방국토관리청	사 업 명		서울~문산고속도로 민간투자사업					△						위치정보	21200~32760.54	도 면 명	본 선 횡단면도(244) (STA.31+400.00~31+420.00)	
	시설/공구		제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포					△						축척	1:200			
	 서울문산고속도로주식회사	건설분야		토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인		조완형 	박정훈 	윤성희 S.H.Yoon		도면번호	C0020102-244	편철번호	1,244
					개정번호	날짜	개 정 내 용			사업책임자	분야별책임자	설계자						
																	적용표준	GED-01-0828

횡 단면도(245)
(STA.31+440.00~31+460.00)



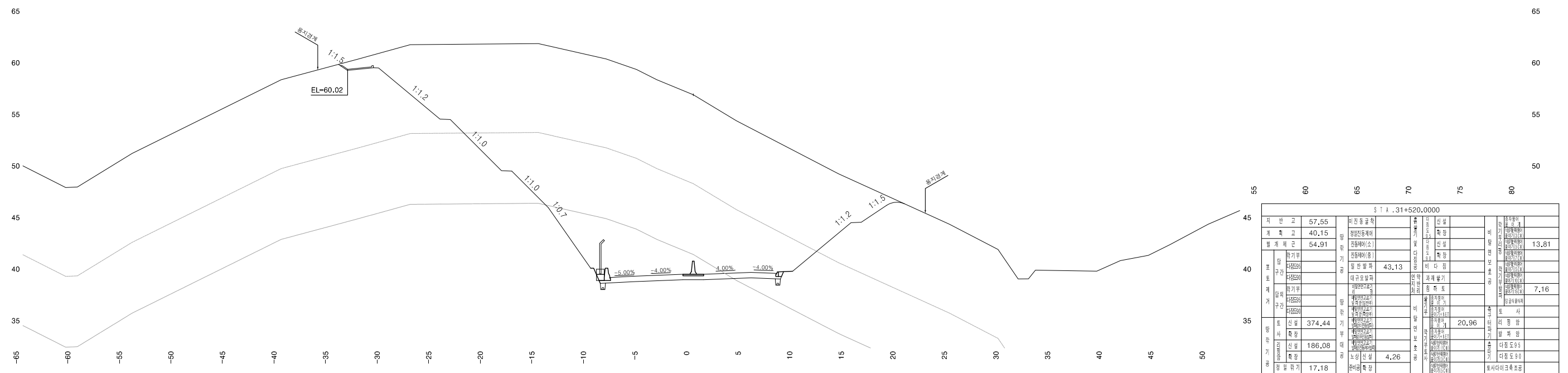
 서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△						위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 환단면도(245) (STA.31+440.00~31+460.00)		
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△						축척	1:200				
	 서울문산고속도로주식회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형 	박정훈 	윤성희 S.H.Yoon	도면번호	C0020102-245	편철번호	1.245	
			개정번호	날짜	개 정 내 용			사업책임자	분야별책임자	설계자					적용표준	GED-01-0828

횡단면도(246)
(STA.31+480.00~31+500.00)



 서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△						위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 환단면도(246) (STA.31+480.00~31+500.00)		
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△						축척	1:200				
	 서울문산고속도로주식회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형 	박정훈 	윤성희 S.H.Yoon	도면번호	C0020102-246	편철번호	1.246	
					개정번호	날짜	개 정 내 용	사업책임자	분야별책임자	설계자					적용표준	GED-01-0828

횡단면도(247)
(STA.31+520.00~31+540.00)



 서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업			△					위치정보	21200~32760.54	도면명	본 선 환단면도(247) (STA.31+520.00~31+540.00)		
	시설/공구	제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포			△					축척	1:200				
	 서울문산고속도로주식회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	△	2014.	실시설계 승인	조완형 	박정훈 	윤성희 S.H.Yoon	도면번호	C0020102-247	편철번호	1.247
					개정번호	날짜	개 정 내 용	사업책임자	분야별책임자	설계자				적용표준	GED-01-0828