제 출 문

서울문산고속도로주식회사 귀하

귀 사와 계약 체결한 **『서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검) 용역』**을 성실히 수행하고 그 결과를 본 2종사면 정밀안전점검 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2022년 12월 31일

㈜ 명 성 엔 지 니 어 링

대표이사 김 선 무 (인)

절토사면(STA.28+720~28+880(좌)) 정밀안전점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대표자	정 대 창		
공동수급	독자수행 100%	계약방법	일반경쟁		
시설물구분	도로	종 류	도로사면	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액 (천원)	1,100	안전등급	B
시설물위치	경기도 파주시 월롱면 능산리 산 33-16	시설물규모	연장 : 160.0m, 높이 : 32.8m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	- 없음
점 검 주요결과	- 수목전도 - 소단배수로 파손, 실란트 파손, 토사퇴적
주요 보수·보강	- 단면보수, 실란트 충전, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
책임기술자	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 소단배수로 토사퇴적, 파손
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

절토사면(STA.28+720~28+880(좌)) 정밀안전점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
■ 본 사면에 대한 정밀안전점검 결과, 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태인 “B" 등급의 양호한 상태로 평가되었다. ■ 사면 전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 배수시설, 보호시설이 설치된 상태이다. 상부자연사면은 관목류가 발달되어 있으며, 사면부 식생상태가 양호한 상태로 인장균열, 지반변형 등의 파괴징후는 관찰되지 않은 양호한 상태이다. 다만, 소단배수로에 발생한 파손, 토사퇴적 및 폐기물 적치 등의 손상은 강우시 원활한 배수를 위하여 조치가 필요하며, 사면보호/보강시설은 기능발휘에 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다. 책임기술자 : 이 상 훈 (서명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 항목		상태평가	결함 종류	보수·보강(안)
파괴징후	인장균열	a	-	-
	지반변형	a	-	-
	구조물변형	a	-	-
파괴현황		a	-	-
지반상태	절리방향-사면방향	d	13 °	주의관찰
	절리경사-사면경사	e	-23 °	주의관찰
	절리상태	b	유리	주의관찰
사면형상	사면경사	b	평균사면경사 51 °	주의관찰
자연요인	강우 및 지하수	e	199㎜(파주, 22년6월30일)	주의관찰
인위요인	절취상태	a	매우 좋음	주의관찰
	배수조건	b	보통	단면보수, 정비
	보호/보강	a	양호함	주의관찰

나. 안전성평가

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
해당사항 없음	-	-	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용	-	-

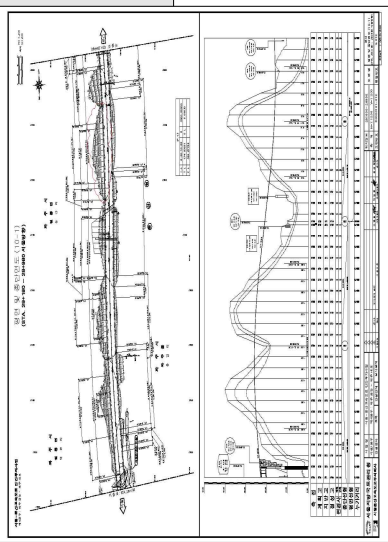
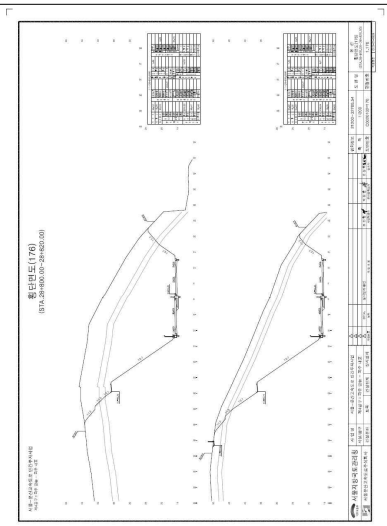
라. 현장시험

시험명	시험위치	반발경도(Ro)	추정강도(㎫)	판 정
반발경도시험	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

시험명	시험위치	평균측정치(㎜)	판 정
토양경도시험	1구간	16.0	모래질실트 / 조밀함
	-	-	-
	-	-	-

・반발경도시험을 통한 암반 판정은 현장조사를 실시한 결과, 사면보호공(Seed Spray, 식생기반 취부공법)으로 인해 노출된 암을 확인할 수 없는 상태로 조사되었다. 반발경도시험 불가.
・토양경도시험 결과, 평균관입깊이 16.0㎜로 측정되었다. 토성은 모래질실트로 조밀한 상태로 판정되었다.

절토사면(STA.28+720~28+880(좌)) 현황표

<table>
<tr><td>시설물번호</td><td colspan="2">SL2020-0000039</td><td>관리번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">절토사면(STA.28+720~28+880(좌))</td><td>시설물구분</td><td colspan="2">절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="4">경기도 파주시 월롱면 능산리 산 33-16</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치좌표</td><td colspan="4">시점 : 37° 49′ 03.0″ 126° 46′ 57.0″</td></tr>
<tr><td colspan="4">종점 : 37° 49′ 07.0″ 126° 46′ 57.0″</td></tr>
<tr><td>관리이정</td><td colspan="4">본선구간 26.400 ~ 26.560km(좌)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td>160.0m</td><td>높 이</td><td colspan="2">32.8m</td></tr>
<tr><td>경사/방향</td><td>58/087</td><td>노 선</td><td colspan="2">고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">서울문산고속도로주식회사</td><td>관리주체구분</td><td colspan="2">민간</td></tr>
<tr><td rowspan="2">주변환경</td><td>인공구조물</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>주변지형</td><td>준산악지형</td><td>상부사면경사</td><td colspan="2">33 °</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시공현황</td><td>준공년도</td><td>2020.11</td><td>시 공 자</td><td colspan="2">(주)대우건설</td></tr>
<tr><td>설 계 자</td><td>(주)신성엔지니어링</td><td>감 리 자</td><td colspan="2">(주)신성엔지니어링</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="4">식생공, 낙석방지울타리, 낙석방지망, 옹벽-L형, 점검계단</td></tr>
<tr><td rowspan="2">비 고</td><td colspan="3">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">평면도</td><td colspan="2">횡단면도</td></tr>
</table>

절토사면(STA.28+720~28+880(좌)) 위치도 및 전경사진

위치도

전경사진

절토사면(STA.28+720~28+880(좌)) 부위별 사진

1소단 배수로 전경	점검계단 전경
2단 식생공 전경	상부자연사면 전경
하부 전경	낙석방지울타리 전경

절토사면(STA.29+700~30+200(우)) 정밀안전점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대표자	정 대 창		
공동수급	독자수행 100%	계약방법	일반경쟁		
시설물구분	도로	종 류	도로사면	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액 (천원)	510	안전등급	A
시설물위치	경기도 파주시 월롱면 능산리 326-29	시설물규모	연장 : 1,100.0m, 높이 : 30.9m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	- 없음
점 검 주요결과	- 소단배수로 균열, 토사퇴적
주요 보수·보강	- 균열보수, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
책임기술자	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 소단배수로 토사퇴적, 균열
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

절토사면(STA.29+700~30+200(우)) 정밀안전점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
■ 본 사면에 대한 정밀안전점검 결과, 문제점이 없는 최상의 상태인 “A" 등급의 우수한 상태로 평가되었다. ■ 사면 전반에 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. 책임기술자 : 이 상 훈 (서명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A
결함발생 항목		상태평가	결함 종류	보수·보강(안)
파괴징후	인장균열	a	-	-
	지반변형	a	-	-
	구조물변형	a	-	-
파괴현황		a	-	-
지반상태	절리방향-사면방향	c	-26 °	주의관찰
	절리경사-사면경사	a	10 °	주의관찰
	절리상태	b	유리	주의관찰
사면형상	사면경사	b	평균사면경사 45 °	주의관찰
자연요인	강우 및 지하수	e	199㎜(파주, 22년6월30일)	주의관찰
인위요인	절취상태	a	매우 좋음	주의관찰
	배수조건	b	양호	단면보수, 정비
	보호/보강	a	양호함	주의관찰

나. 안전성평가

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
해당사항 없음	-	-	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용	-	-

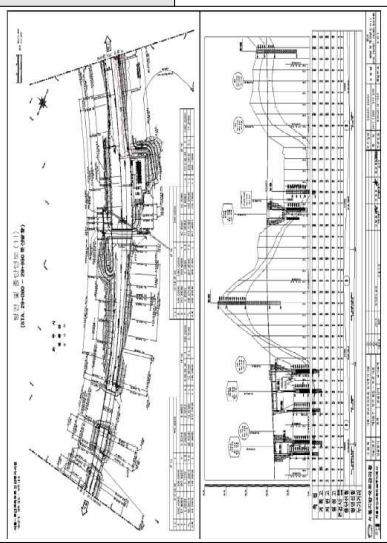
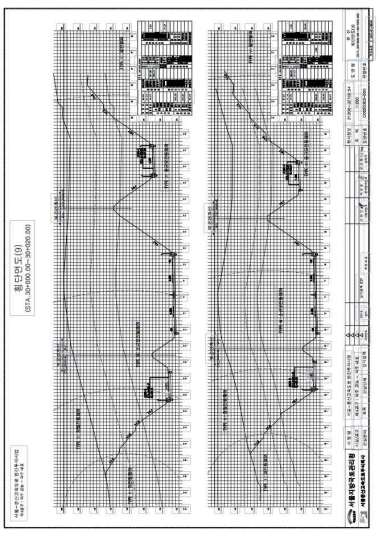
라. 현장시험

시험명	시험위치	반발경도(Ro)	추정강도(㎫)	판 정
반발경도시험	3구간 27.820k	49.5	100.1	보통암
	-	-	-	-
	-	-	-	-

시험명	시험위치	평균측정치(㎜)	판 정
토양경도시험	1구간	16.6	모래질실트 / 조밀함
	2구간	16.1	모래질실트 / 조밀함
	3구간	15.6	모래질실트 / 조밀함

・슈미트해머에 의한 암반강도 측정결과, 보정반발경도는 49.5로 측정되었으며, 추정강도 100.1㎫로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
・토양경도시험 결과, 평균관입깊이 16.2㎜로 측정되었다. 토성은 모래질실트로 조밀한 상태로 판정되었다.

절토사면(STA.29+700~30+200(우)) 현황표

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	1,100.0m	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				
	평면도		횡단면도	

절토사면(STA.29+700~30+200(우)) 위치도 및 전경사진

위치도

전경사진

절토사면(STA.29+700~30+200(우)) 부위별 사진

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

절토사면(STA.31+100~31+600(좌)) 정밀안전점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	**점검기간**	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	**대표자**	정 대 창		
공동수급	독자수행 100%	**계약방법**	일반경쟁		
시설물구분	도로	**종 류**	도로사면	**종 별**	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	**점검금액 (천원)**	510	**안전등급**	B
시설물위치	경기도 파주시 월롱면 능산리 산 33-16	**시설물규모**	연장 : 560.0m, 높이 : 35.5m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	- 없음
점 검 주요결과	- 숏크리트 균열, 백태 - 소단배수로 균열, 망상균열, 파손, 토사퇴적
주요 보수·보강	- 균열보수, 단면보수, 표면처리, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
책임기술자	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 숏크리트 균열부, 소단배수로 토사퇴적, 파손
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

절토사면(STA.31+100~31+600(좌)) 정밀안전점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
■ 본 사면에 대한 정밀안전점검 결과, 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태인 “B" 등급의 양호한 상태로 평가되었다. ■ 사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설, 설치되어 있으며, 사면 보강공법으로 록볼트, 숏크리트 공법이 적용된 상태이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었고, 관목류가 발달되어 있는 상태이다. 사면부 식생상태가 양호한 상태로, 인장균열, 지반변형 등의 파괴징후는 관찰되지 않았다. 다만, 소단배수로 균열 및 파손, 토사퇴적 등이 발생되었으며, 배수기능에 큰 문제는 없는 상태이나, 유지관리 차원에서 조치가 필요하다. 또한, 숏크리트 시공부 일부구간에서 균열, 백태가 조사되었으며, 기능발휘에 큰 문제가 없는 상태이나, 원활한 기능발휘 및 내구성 확보를 위해 보수가 필요한 것으로 판단된다. 책임기술자 : 이 상 훈 (서명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본

상태평가 결과 및 보수・보강				상태평가 결과 : B
결함발생 항목		상태평가	결함 종류	보수・보강(안)
파괴징후	인장균열	a	-	-
	지반변형	a	-	-
	구조물변형	a	-	-
파괴현황		a	-	-
지반상태	절리방향-사면방향	a	95 °	주의관찰
	절리경사-사면경사	e	-49 °	주의관찰
	절리상태	b	유리	주의관찰
사면형상	사면경사	b	평균사면경사 54 °	주의관찰
자연요인	강우 및 지하수	e	199㎜(파주, 22년6월30일)	주의관찰
인위요인	절취상태	a	매우 좋음	주의관찰
	배수조건	c	보통	균열보수, 단면보수, 정비
	보호/보강	a	양호함	균열보수, 주의관찰

나. 안전성평가

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
해당사항 없음	-	-	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용	-	-

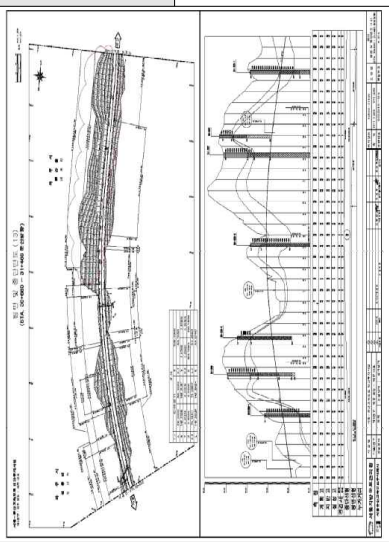
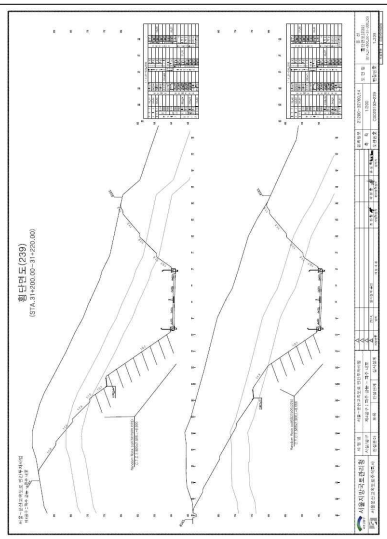
라. 현장시험

시험명	시험위치	반발경도(Ro)	추정강도(㎫)	판 정
반발경도시험	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

시험명	시험위치	평균측정치(㎜)	판 정
토양경도시험	1구간	16.5	모래질실트 / 조밀함
	2구간	16.2	모래질실트 / 조밀함
	3구간	15.9	모래질실트 / 조밀함

・반발경도시험을 통한 암반 판정은 현장조사를 실시한 결과, 사면보호공(Seed Spray, 식생기반 취부공법)으로 인해 노출된 암을 확인할 수 없는 상태로 조사되었다. 반발경도시험 불가.
・토양경도시험 결과, 평균관입깊이 16.3㎜로 측정되었다. 토성은 모래질실트로 조밀한 상태로 판정되었다.

절토사면(STA.31+100~31+600(좌)) 현황표

<table>
<tr><td>시설물번호</td><td colspan="2">SL2020-0000041</td><td>관리번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">절토사면(STA.31+100~31+600(좌))</td><td>시설물구분</td><td colspan="2">절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="4">경기도 파주시 문산읍 내포리 산 24-33</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치좌표</td><td colspan="4">시점 : 37° 50′ 07.0″ 126° 46′ 10.0″</td></tr>
<tr><td colspan="4">종점 : 37° 50′ 24.0″ 126° 46′ 09.0″</td></tr>
<tr><td>관리이정</td><td colspan="4">본선구간 28.720~29.280km(좌)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td>560.0m</td><td>높 이</td><td colspan="2">35.5m</td></tr>
<tr><td>경사/방향</td><td>69/089</td><td>노 선</td><td colspan="2">고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">서울문산고속도로(주)</td><td>관리주체구분</td><td colspan="2">민간</td></tr>
<tr><td rowspan="2">주변환경</td><td>인공구조물</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>주변지형</td><td>준산악지형</td><td>상부사면경사</td><td colspan="2">29 °</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시공현황</td><td>준공년도</td><td>2020.11</td><td>시 공 자</td><td colspan="2">(주)대우건설</td></tr>
<tr><td>설 계 자</td><td>(주)신성엔지니어링</td><td>감 리 자</td><td colspan="2">(주)신성엔지니어링</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="4">식생공, 록볼트, 숏크리트, 낙석방지울타리, 옹벽-L형, 점검계단</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="5"> 
평면도
 
횡단면도</td></tr>
</table>

절토사면(STA.31+100~31+600(좌)) 위치도 및 전경사진

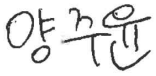
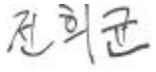
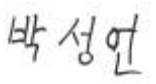
위치도

전경사진

절토사면(STA.31+100~31+600(좌)) 부위별 사진

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

참 여 기 술 자 명 단

참여구분	참여분야	이 름	등 급	직 책	날 인
사업 책임기술자	사업책임	이 상 훈	특급기술자	부 장	
참여기술자	보고서 작성 및 외관조사	정 지 운	특급기술자	이 사	
	보고서 작성 및 외관조사	장 진 원	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	황 상 윤	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	서 동 진	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	양 주 윤	초급기술자	과 장	
	보고서 작성 및 외관조사	손 기 영	초급기술자	대 리	
	보고서 작성 및 외관조사	전 희 균	초급기술자	주 임	
	보고서 작성 및 외관조사	박 성 언	초급기술자	사 원	

보고서 목차

⊙제출문

⊙정밀안전점검 결과표, 요약표, 현황표, 위치도, 전경

⊙요약문(요약보고서 별도제출)

제 1 편 공통편

제 1 장 정밀안전점검 개요 ····· 1

1.1 과업의 목적 ····· 3
1.2 과업의 범위 및 내용 ····· 3
1.3 과업수행 절차 및 일정 ····· 5
1.4 대상시설물 개요 ····· 7
1.5 사용장비 및 시험기기의 현황 ····· 7
1.6 자료수집 및 분석 ····· 8

제 2 장 외관조사 개요 ····· 11

2.1 외관조사 개요 ····· 13
2.2 사면 손상상태조사 ····· 13
2.3 사면 파괴요인조사 ····· 16

제 3 장 내구성조사 개요 ····· 27

3.1 절토사면 시험 개요 ····· 29

제 4 장 상태평가 기준 및 절차 ····· 37

4.1 상태평가 개요 ····· 39
4.2 상태평가 기준 ····· 39
4.3 상태평가등급 산정절차 ····· 47
4.4 종합평가 기준 및 방법 ····· 47

제 5 장 보수공법 및 유지관리방안 ····· 49

4.1 보수 · 보강공법 개요 ····· 51
4.2 보수 · 보강공법 ····· 52
4.3 유지관리 방안 ····· 64

제 2 편 시설물편

1. 절토사면(STA.28+720~28+880(좌)) ····· Ⅱ - 01 - 1

1.1 시설물 개요 ····· Ⅱ - 01 - 3
1.2 자료수집 및 분석 ····· Ⅱ - 01 - 12
1.3 현장조사 및 시험 ····· Ⅱ - 01 - 21
1.4 상태평가 ····· Ⅱ - 01 - 34
1.5 종합평가 및 안전등급 지정 ····· Ⅱ - 01 - 38
1.6 보수·보강 및 유지관리 방안 ····· Ⅱ - 01 - 39
1.7 종합결론 ····· Ⅱ - 01 - 41

2. 절토사면(STA.29+700~30+200(우)) ····· Ⅱ - 02 - 1

2.1 시설물 개요 ····· Ⅱ - 02 - 3
2.2 자료수집 및 분석 ····· Ⅱ - 02 - 15
2.3 현장조사 및 시험 ····· Ⅱ - 02 - 24
2.4 상태평가 ····· Ⅱ - 02 - 40
2.5 종합평가 및 안전등급 지정 ····· Ⅱ - 02 - 47
2.6 보수·보강 및 유지관리 방안 ····· Ⅱ - 02 - 48
2.7 종합결론 ····· Ⅱ - 02 - 49

3. 절토사면(STA.31+100~31+600(좌)) ····· Ⅱ - 03 - 1

3.1 시설물 개요 ····· Ⅱ - 03 - 3
3.2 자료수집 및 분석 ····· Ⅱ - 03 - 19
3.3 현장조사 및 시험 ····· Ⅱ - 03 - 28
3.4 상태평가 ····· Ⅱ - 03 - 46
3.5 종합평가 및 안전등급 지정 ····· Ⅱ - 03 - 53
3.6 보수·보강 및 유지관리 방안 ····· Ⅱ - 03 - 54
3.7 종합결론 ····· Ⅱ - 03 - 56

■ 부 록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도(별권)
3. 측정, 시험 계측성과표
4. 상태평가 결과자료
5. 시설물관리대장 사본
6. 사진첩
7. 사용장비 및 기기의 사진
8. 사전조사 자료 일체

제1편 공 통 편

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

제1장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적
1.2 과업의 범위 및 내용
1.3 과업수행 절차 및 일정
1.4 대상시설물 개요
1.5 사용장비 및 시험기기의 현황
1.6 자료수집 및 분석

제 1 장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

본 용역은 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법(약칭 : 시설물안전법) 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의거 실시하는 안전점검 및 동법 제40조에 따른 성능평가를 시행하여 비탈면·옹벽 관련 재해를 예방하고, 시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견함으로써 신속하고 적절한 하자보수 조치를 취하고 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사·측정·평가하여 향후 시설물의 유지관리 및 정기·정밀점검·하자보수·성능평가 등 필요한 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

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

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

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

1.2.2 과업수행기간

2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부, 국토안전관리원, 2021.12)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

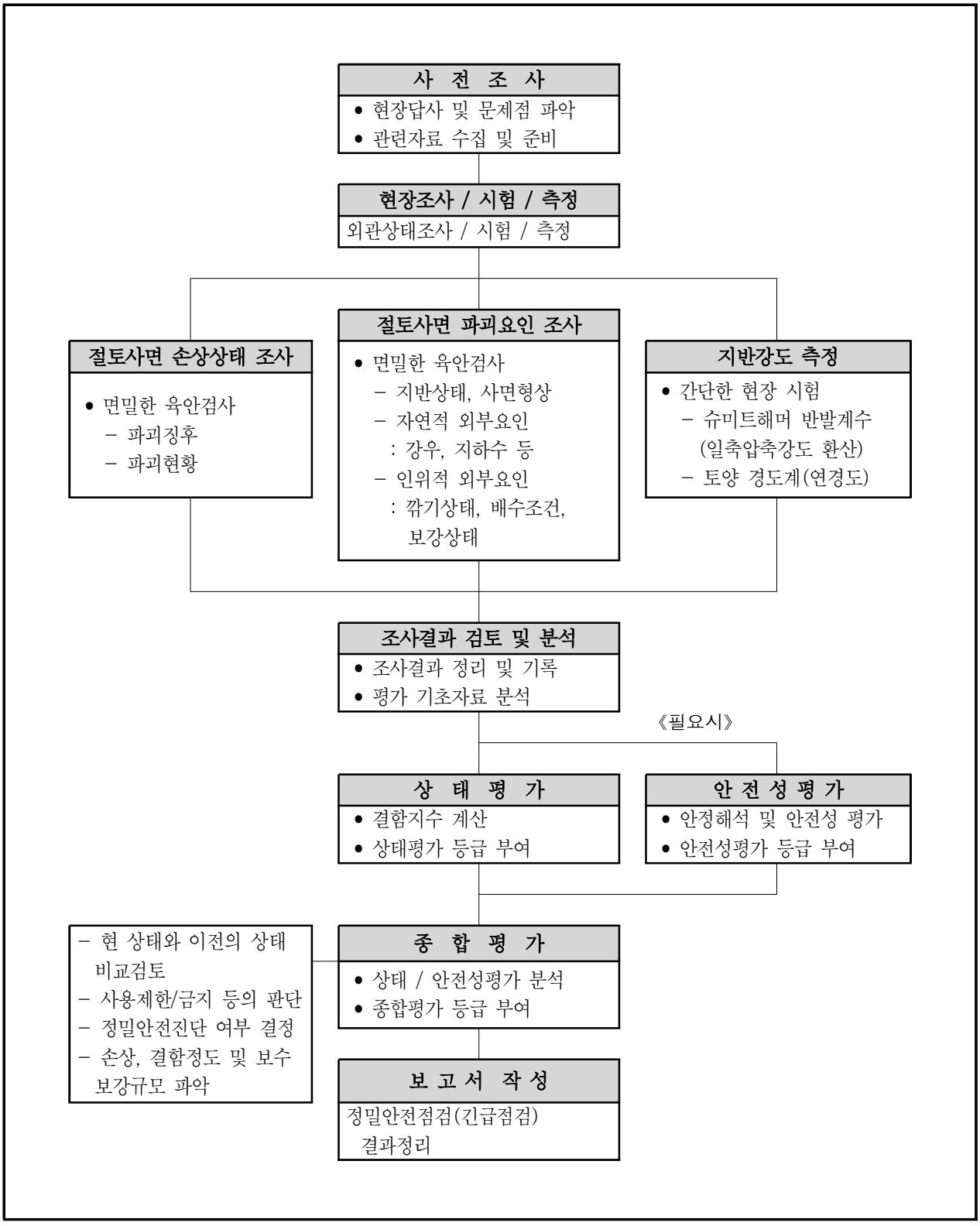
【표 1.2.1】 과업의 내용

과업의 범위		과업의 내용	비고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서) 2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토 (초기점검, 22년 상반기 정기안전점검)	시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2021.21) 적용
현장조사 및 시험	현장 조사	1) 사면의 제원 및 시공상태 조사 2) 사면 파괴징후 및 파괴현황 등 외관조사 3) 외관망도 작성	
	현장 시험	1) 암반 강도 조사(반발경도시험) 2) 토양경도 측정	
상태평가		1) 외관조사 결과 분석 2) 현장시험 결과 분석 3) 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 4) 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견(안전등급 지정)	
종합평가 및 안전등급 지정		1) 상태평가 결과를 이용하여 안전등급 지정	
보수 및 보강대책 수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법 제시 3) 보수·보강 물량 및 보수·보강 우선순위 제시	
유지관리 대책 수립		1) 유지 관리상 중점점검사항 제시 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		1) 보고서 작성 및 제출	

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차

본 과업의 정밀안전점검 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.3.1】 정밀안전점검 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전점검 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.3.1】 정밀안전점검 과업수행 일정

공 종	2022년 8월 18일 ~ 2022년 12월 31일											비 고
	8월	9월			10월			11월		12월		
	18	10	20	30	10	20	31	15	30	15	31	
1. 자료수집 및 분석 · 관계도서 수집 및 분석 현장답사 및 점검계획 수립												- 8/18 착수
2. 현장조사 및 시험 · 외관조사 · 재료시험 및 측정												-현장조사 및 시험 -구조물별 조사팀 운영 -필요시 추가조사
3. 상태평가 · 상태평가 결과작성												-현장조사와 내업작업 병행 실시
4. 종합평가 및 안전등급 지정 · 종합평가 · 안전등급 지정												
5. 보수·보강 및 유지관리 방안 제시 · 보수·보강방안 제시 · 유지관리방안 제시												
6. 보고서 작성 · 보고서 작성 · 보고서 수정 및 납품												- 12/31 준공예정
공정율(%) 진행	5	7	10	10	10	10	15	15	5	5	8	
공정율(%) 누계	5	12	22	32	42	52	67	82	87	92	100	

1.4 대상시설물 개요

순번	시설물명	관리이정(km)	연장(m)	높이(m)
1	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))	26.400~26.560	160.0	32.8
2	절토사면(STA.29+700~30+200(우))	27.400~27.900	500.0	30.9
3	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))	28.720~29.280	560.0	35.5

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 점검장비는 다음과 같다.

【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기

장 비 명		규 격	용 도	활용방법	사 진	비고
균 열 측정기	PSM-20	PIKA	균열폭 측정	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인		
디지털 카메라		-	외관조사 보조기구	구조물 현황 사진 촬영		
반 발 경 도 측정기	Schmidt hammer	NR식	강도추정	약 3cm 간격에 20회 정도 타격하여 그 값의 평균치를 구함		
클리노미터		-	-	불연속면의 주향/경사 측정		
프로파일 게이지		-	-	불연속면거칠기 측정		
버니어 캘리퍼스		-	-	부재 상세치수 측정		
기타		줄자, 안전장구, 작업용사다리, 점검망치, 무전기 개인 안전장비(안전모, 안전화, 신호봉 등), 카메라 등				

1.6 자료수집 및 분석

1.6.1 자료수집 및 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◦ 공 통 – 준공 내역서, 실시설계 보고서 – 각종 계산서 – 토질 및 지반조사 보고서 – 기타 특이사항 보고서	보유	(FMS 보유)
	◦ 설계도면 – 위치도, 평면도, 단면도(종・횡) – 상,하단부 구조물도	보유	준 공 도 (FMS 보유)
시설물 관리대장	◦ 기본 현황 ◦ 상제 제원 ◦ 유지관리 이력	보유	(FMS 보유)
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 – 재료증명서 , 품질시험기록 – 각종 시험 기록 ◦ 사고기록	보유	(FMS 보유)
안전점검 및 정밀안전진단 자료		–	준공후 최초로 실시하는 정밀안전점검
시설물 보수・보강 자료		미보유	보수・보강 미실시

1.6.2 설계 및 시공 자료

대상시설물은 준공도를 보유하고 있으며, 금회 준공도 참조하여 점검을 실시하였다. 검토여부는 각 시설물의 2장 자료수집 및 검토편에 수록하였다.

1.6.3 기존 점검 및 진단 자료

각 시설물의 2장 자료수집 및 검토편에 수록하였다.

1.6.4 시설물 보수・보강 자료

대상시설물은 보수 및 보강은 2장 자료수집 및 검토편에 수록 하였다.

NO	보수 시기	내 용	보수비(천원)	비고
1	–	–	–	

1.6.5 내진설계 여부 확인

대상시설물은 내진설계는 2장 자료수집 및 검토편에 수록하였다.

NO	시설물명	내진등급	비고
1	-	-	

1.6.6 자료수집 및 분석 결과요약

대상시설물은 준공도를 보유하고 있어 금회 점검시 참조하여 점검을 실시하였다.

제2장 외관조사 개요

2.1 외관조사 개요

2.2 사면 손상상태조사

2.3 사면 파괴요인조사

제 2 장 외관조사 개요

2.1 외관조사 개요

본 과업의 대상구조물인 절토사면의 외관조사 결과는 국토교통부에서 제시한 '시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(절토사면편, 국토교통부, 국토안전관리원, 2021.12)'에 근거하여 구조물에 발생된 손상정도에 따라 조사하였으며 세부평가 방법은 다음과 같다.

2.2 사면 손상상태조사

2.2.1 절토사면 상태변화의 점검항목

【표 2.2.1】 정밀안전점검 내용 및 항목

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

2.2.2 항목별 점검요령

가. 개 요

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

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

나. 조사영역 및 사면의 분할

사면 분할은 사면을 바라보며 우측을 시점, 좌측을 종점으로 하되, 사면의 수직고가 5m 이하로 낮아지는 지점에서 분할한다. 상태평가 및 안전성평가를 위한 구간 분할은 동일사면에 대하여 다음과 같이 분할한다. 다만 구간분할을 하지 않았을 경우에는 그 사유를 보고서에 포함하여야 한다.

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

다. 사면 손상상태 조사

1) 파괴징후

① 인장균열

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

② 지반변형

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

③ 구조물 변형

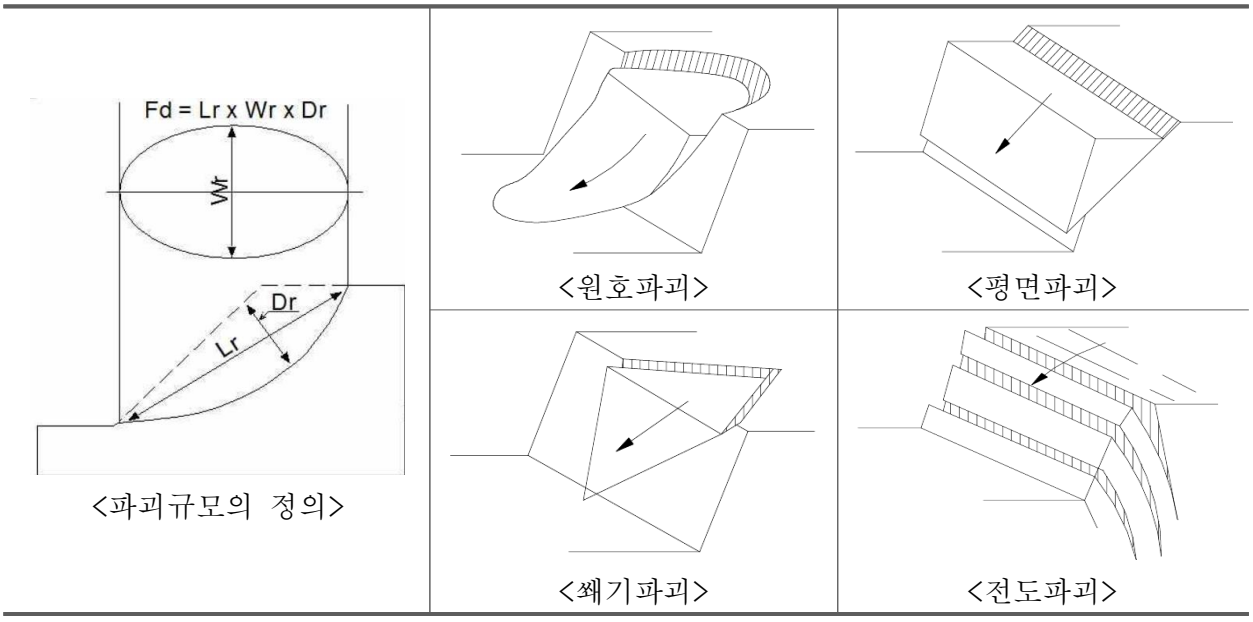
조사대상 사면에 존재하는 시설물은 옹벽, 배수시설 등이 있으며, 이들의 변형은 지반의 변형을 외적으로 표현해 주는 지표가 될 수 있다. 응력의 집중이나 기타의 원인에 의해 발생한 시설물의 변형 여부 및 발생위치, 개소수 등을 전반적으로 조사하여야 한다.

조사대상 사면에 점검로가태에 대해 전반적으로 육안점검을 실시하며, 넝쿨식물 등의 피복에 따른 점검로의 사용성 저 설치되어 있는 경우에는 연결부 체결상태, 지반인접부의 세굴상태 등 점검로의 상하여부도 파악하여야 한다. 단, 점검로의 상태가 절토사면의 안전성에 영향을 미치는 것은 아니므로 별도의 외관조사망도 작성은 필요하지 않으며, 상태평가에도 반영하지 않는다.

④ 파괴현황

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

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



【그림 2.2.1】 파괴규모의 정의 및 대표적인 파괴 형상

2.3 사면 파괴요인조사

2.3.1 지반상태

가. 토질조건

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

나. 토층심도율

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

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

다. 풍화

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

○ 필요장비

· 지질해머

· 끝이 뾰족한 칼

○ 조사수량

상태평가 및 안전성평가를 위하여 분할된 구간마다 풍화등급을 조사한다.

○ 결과분석

암반의 풍화상태는 [표 2.3.1]과 같이 ISRM이 제시한 6단계의 풍화등급에 따라 기록한다.

【표 2.3.1】 풍화등급의 6단계 분류법

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

라. 연약암반의 지반강도 특성

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

마. 불연속면 특성조사

불연속면은 암반에서 나타나는 모든 연약면을 총괄적으로 나타내며, 작은 단열구조로부터 큰 단층까지 다양한 규모를 가진다. 불연속면은 대개 물리적으로 분리되어 있는 면으로 매우 작은 인장강도를 갖거나 인장강도가 없다. 따라서 암반으로 구성된 절토사면의 경우 불연속면의 존재는 사면의 안전성에 절대적인 영향을 미치며 대부분의 경우 불연속면을 따라 붕괴가 발생한다.

불연속면 특성조사의 경우 정밀안전점검 수준에서는 육안관찰에 의한 대표적인 방향에 대해 실시하고 정밀안전진단의 경우 10m 이상의 측선을 이용한 선조사법(scanling method)을 실시하거나 조사창 측정법(window method)을 실시한다.

선조사법으로 조사를 할 경우 지반의 구조적인 변화를 고려해 3회 이상 실시할 것을 권장하며, 횟수는 절개면의 연장에 따라 조정될 수 있다.

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

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

① 불연속면의 방향성

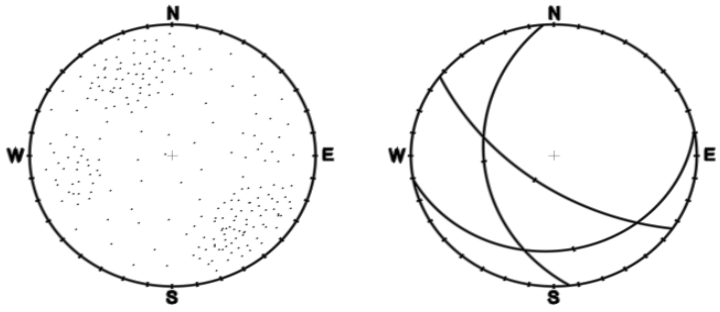
불연속면의 방향성은 사면의 방향성과 연관되어 안전성에 미치는 가장 중요한 인자중의 하나로 공간에서 불연속면의 분포경향을 나타낸다.

■ 조사 방법 및 수량

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

정밀안전점검시 전문가의 판단에 따라 절토사면에서 관찰되는 불연속면군을 육안으로 판단하여 대표적인 방향성이라고 판단되는 방향을 각 조사영역으로 구간 분할된 각 불연속면군당 2-3개씩 측정하여 기록한다.

정밀안전진단시 불연속면군을 결정하기 위해 노두면에서 선조사법나 조사창측정법을 이용하여 충분한 양의 불연속면에 자료를 획득하여야한다. 그러나 노두면이 관찰되지 않을 경우 시추작업 후 공내 조사기법(bore hole TV, camera, televiewer, Bips 등)을 이용하여 약 80~300개 정도의 측정자료를 수집해야 하며, 150개 정도가 적정한 수준이다.



(a) 극점표시법 (b) 대원표시법

【그림 2.3.1】 불연속면의 표시방법

② 간격

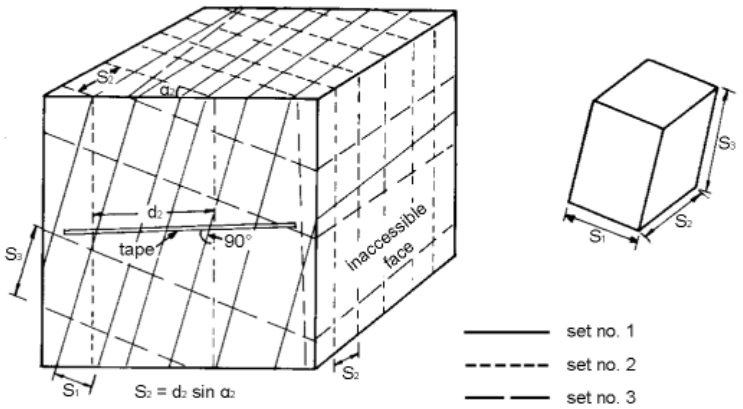
불연속면의 간격은 불연속면 사이의 수직거리로서, 사면내에서 암반블록의 크기를 결정할 뿐만 아니라 수리전도도나 용수특성에도 영향을 미치게 된다.

■ 조사 방법 및 수량, 결과분석

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

결과분석시 각 불연속면군의 최소간격, 최대간격, 최빈간격을 기록하여야 하고, 히스토그램으로 불연속면 간격의 분포특성을 알 수 있다. 일반적으로 불연속면 간격에 대한 용어는 다음과 같이 나타낸다.

$$S = d_m \sin\alpha$$



【그림 2.3.2】 노두 관찰을 통한 불연속면 간격 측정방법

【표 2.3.2】 불연속면 간격 분류 기준

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

③ 연장성

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

■ 조사 방법 및 수량, 결과분석

불연속면의 길이를 10m 이상의 줄자를 사용하여 측정하여 숫자로 기록한다. 분면속면의 연장성을 표현하는 방법은 다음과 같다.

【표 2.3.3】 연장성 분류 기준

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

④ 거칠기

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

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

■ 조사 방법 및 수량, 결과분석

전문가의 육안관찰로 암반블록 활동이 예측되는 방향의 거칠기를 관찰하여 거칠기의 등급을 결정한다. 불연속면의 거칠기 측정 결과는 다음과 같이 기재한다.

【표 2.3.4】 불연속면 거칠기 등급

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

⑤ 틈새(간극)

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

■ 조사 방법 및 수량, 결과분석

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

【표 2.3.5】 틈새(간극) 분류 기준

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

⑥ 충전물

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

충전물은 그 발생기원의 다양성으로 인하여 전단강도, 투수도 등과 같은 암반의 물리적 거동에 복잡하게 작용하며, 이러한 물리적 거동은 충전물의 광물학적 특성, 충전물의 입도, 함

수율과 투수성, 기존의 전단변위 등에 기인한다. 충전물의 함수율과 투수도 및 전단변위 등에 영향을 미칠 수 있다.

■ 조사 방법 및 수량, 결과분석

밀리미터 단위를 측정할 수 있는 자를 이용하여 불연속면의 간극 내에 채워져 있는 물질의 두께를 측정하고 재료를 기입한다. 충전물 재료와 두께에 따라서 다음과 같이 분류하여 기록한다.

【표 2.3.6】 충전물 분류 기준

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

⑦ 누수

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

■ 조사 방법 및 수량, 결과분석

사면의 불연속면에서 누수 개소를 조사하여 각 누수상태를 평가한다. 불연속면을 따른 누수 상태는 다음에 따른다.

【표 2.3.7】 누수상태 분류 기준

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

⑧ 블록형상

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

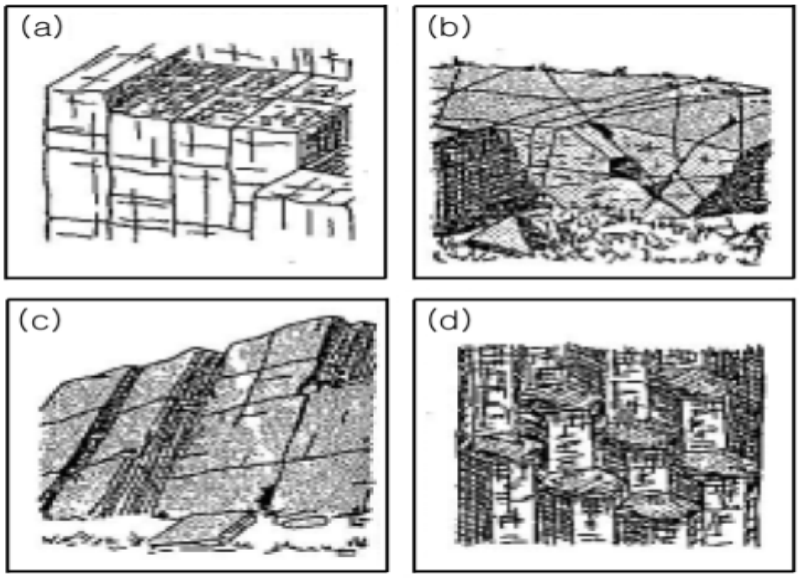
니며 이러한 경우에는 쐐기형 또는 다면체의 형태를 보인다.

■ 조사 방법 및 수량, 결과분석

육안조사로 사면을 구성하고 있는 암반의 개략적인 블록 형상을 기록한다. 블록의 형상은 다음에 따라 분류하여 기재한다.

【표 2.3.8】 블록형상 분류 기준

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



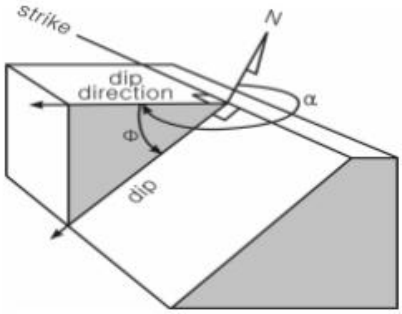
(a) 블록상 (b) 불규칙상 (c) 판상 (d) 각주상

【그림 2.3.3】 암반 블록의 형상

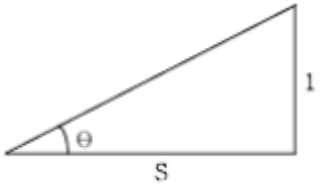
2.3.2 사면형상

가. 사면경사

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



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



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

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

나. 집수지형

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

2.3.3 자연적 외부요인 (강우 및 지하수 조건)

강우에 대한 항목은 해당지역의 평년 최대 강우강도를 시우량, 1일강우량 등의 형식으로 구분하여 획득하며, 지하수 조건은 시추조사시 지하수위를 함께 조사하거나 물리탐사를 이용한다.

암반사면의 경우 절리 틈으로부터 흘러나오는 지하수로부터 추정할 수 있다.

2.3.4 인위적 외부요인

가. 표면보호

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

나. 보호/보강상태

사면의 안전성을 확보하기 위하여 활동력을 억제시키거나, 저항을 증가시키기 위한 공법을 절토사면에 시공한 경우 시공된 부대시설(록볼트 및 앵커공, 쏘일네일링, 숏크리트공, 낙석방지공, 옹벽 등)이 그 역할을 충분히 발휘하는지 조사하여 판단할 필요가 있다.

적용공법에 따라 다소의 차이는 있지만 시설의 결함, 노후화 및 기타사항을 조사하여 평가기준에 적용한다. 설치되어 있는 옹벽 및 앵커 등의 보강시설은 다음의 내용을 참고하여 현장조사 및 평가를 실시하여야 한다.

- 옹벽의 경우 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[안전점검·진단 편]」중 「옹벽」의 유형별 상태평가 기준을 참고하여 평가한다. 특히, 옹벽은 결함에 대한 지속적인 추적관리가 요구되므로 외관조사망도를 작성하여 보고서에 첨부한다.

- 앵커의 경우「그라운드 앵커 설계·시공 및 유지관리 매뉴얼」의 정밀점검 및 정밀안전진단 점검항목을 참고하여 조사한 결과로부터 평가한다.

다. 배수조건

수량의 다소에 관계없이 용수가 지속된다면 사면상의 식생공이 점착치 못하게 되고 원지반을 침식시키게 되므로 용수부분에 대한 처리가 필요하다.

또한 용수는 사면의 불안정성을 증대시키는 역할을 할 수 있다. 용수를 적게 하는 방법으로는 사면어깨배수공, 소단배수공, 집수정이나 보링을 통한 집수를 배수 처리하는 방법 등이 있으며, 용수를 처리하는 방법은 도랑굴착, 호스, 집수매트, 돌망태(개비온) 등을 통한 배수방법이 있다.

판단기준은 배수가 양호하여 건조상태와 같이 간극수압이 발생하지 않을 경우에 해당되는 항목을 좋음으로 하여 5단계로 육안조사를 통하여 평가한다.

제3장 내구성조사 개요

3.1 절토사면 시험 개요

제 3 장 내구성조사 개요

3.1 절토사면 시험 개요

3.1.1 토사사면의 시험

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

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

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

3.1.2 암반강도시험

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

가. 시험방법

1) 일축압축강도시험(Uniaxial Compressive Strength Test)

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

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

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

2) 점하중 시험(Point Load Test)

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

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

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

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

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

여기서 P = 하중, De =

- 시험편의 등가직경으로서 코어의 축에 수직한 방향으로 가압하는 경우

$$D_e^2 = D^2$$

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

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

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

3) 슈미트해머 반발경도법(Schmidt Hammer Rebound Hardness Test)

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

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

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

4) 불연속면 전단시험

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

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

나. 시험수량

1) 안정성평가를 위하여 분할된 구간마다 조사를 실시한다.

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

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

다. 결과 분석

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

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

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

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

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

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

【표 3.1.1】 타격 방향에 따른 반발값 보정표

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

4) 암반 강도의 판정

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

【표 3.1.2】 암반강도 판정 기준

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

5) 불연속면 전단시험 결과분석

수직응력을 달리하면서 전단강도 값을 얻고, 수직응력 대 전단응력 그래프를 통해 회귀직선을 구한 후 회귀직선의 기울기와 절편으로 불연속면의 마찰각 및 점착력을 구한다.

【표 3.1.3】 반발값에 따른 암반강도

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

- 電力中央硏究所資料引用

3.1.3 계측기 점검 및 계측계획과 방법

가. 계측기 점검

사면에 계측기가 설치되어 있는 경우에는 계측기 현황, 작동유무, 계측자료 분석결과(이전 계측자료와의 비교검토 등) 등을 보고서에 명시한다.

특히, 붕괴징후가 관찰되는 등 안전성에 심각한 문제를 야기할 수 있는 시설물에 대해서는 정기적인 계측결과를 검토 분석함으로써 지속적인 유지관리가 반드시 이루어져야 한다.

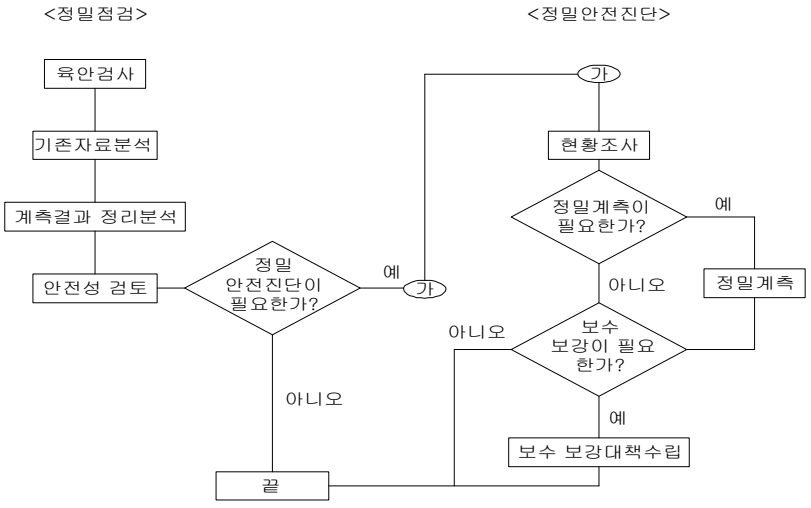
나. 계측계획과 방법

계측이 필요하다고 인정되는 시설물에 대하여는 위치 및 개소를 선정하여 정기적으로 계측을 시행하고 그 기록(계측위치, 계측기기의 종류, 계측결과의 값, 위치별 개소가 표기된 도면 등)을 보관하여야 한다. 계측을 실시한 경우에는 시설물 계측지점을 표시 보존함으로써 연계성 있는 계측을 할 수 있도록 도면과 계측지점을 일치시켜 기록을 보존한다.

정밀안전진단 결과 계측이 필요한 것으로 판단되는 절토사면에 대하여서는 [표 3.1.4]와 같이 계측하고자 하는 항목과 내용에 따라 적절한 계측기를 설치하여야 한다. [그림 3.1.1]은 정밀안전진단 시 계측의 필요성을 판단하는 흐름도이다.

[표 3.1.4] 진단항목별 계측내용

계측항목	계 측 내 용	계 측 기 기	비 고
지 표·지 질	- 지표변위량	- 지표면 신축계 - 지표면 경사계 - 측량기 등	
지중수평변위	- 지층내 수평 이동	- 지중 수평변위계 등	
배 수	- 강우량 - 간극수압	- 우량계 - 지하수위계 - 간극수압계 등	



[그림 3.1.1] 계측자료 활용의 흐름도

3.1.4 재료시험 기준수량

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

각 표에 제시된 현장조사 · 재료시험 내용 및 기준수량은 상태평가, 안전성 평가를 위해 분할한 구간별로 실시한다.

【표 3.1.4】 토사사면 조사 · 시험 항목 및 수량

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

【표 3.1.5】 암반사면 조사 · 시험 항목 및 수량

항 목	조사부위	조사항목	최소 수량	조사방법	비 고
일축압축시험	전구간	일축압축강도	정밀안전점검시 생략가능 /정밀안전진단시 3회	시료채취	
점하중시험	전구간	점하중강도	정밀안전점검시 생략가능	현장조사/ 시료채취	
슈미트해머 반발경도시험	전구간	반발치	필요수량	현장조사	
절리면 전단시험	전구간	전단강도, 마찰각	정밀안전점검시 생략가능 /정밀안전진단시 1회	시료채취	
풍화등급	불연속면, 구간	풍화상태	필요수량	육안조사	
불연속면 방향성	불연속면	경사 및 경사방향	필요수량	현장조사	
불연속면 간격	불연속면	간격	필요수량	현장조사	
불연속면 연장성	불연속면	길이	필요수량	현장조사	
불연속면 거칠기	불연속면	거칠기	필요수량	현장조사	
불연속면 간극	불연속면	틈	필요수량	현장조사	
불연속면내 충전물	불연속면	충전물 종류 및 두께	필요수량	현장조사	
누수상태	불연속면	누수량	필요수량	육안조사	
블록형상	전구간	블록형상	필요수량	육안조사	
시추조사	전구간	지반상태	필요시 시행	시추	

제4장 상태평가 기준 및 절차

4.1 상태평가 개요

4.2 상태평가 기준

4.3 상태평가등급 산정절차

4.4 종합평가 기준 및 방법

제 4 장 절토사면 상태평가 기준 및 절차

4.1 상태평가 개요

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

4.2 상태평가 기준

4.2.1 지반특성에 따른 절토사면의 분류

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

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

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

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

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

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

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

【표 4.2.1】절토사면의 분류

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

4.2.2 상태평가 항목

절토사면의 상태평가를 위한 조사항목은 사면의 손상상태와 파괴요인의 평가로 구분하여 실시한다.

가. 절토사면 손상상태 평가 항목

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

【표 4.2.2】절토사면의 손상상태 평가항목

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

나. 절토사면 파괴요인 평가 항목

절토사면의 파괴요인 조사는 사면 파괴의 원인이나 요소로 작용하는 인자들에 대한 조사로서 절토사면 상태평가의 간접적 평가내용이다.

조사항목은 크게 사면의 내부 파괴요인 항목과 외부 파괴요인 항목으로 나눌 수 있으며 자세한 내용은 다음 표에 기술하였다.

【표 4.2.3】 절토사면의 파괴요인 평가항목

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

4.2.2 상태평가 기준

가. 상태평가 항목별 세부기준 및 결함지수 산정 방안

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

절토사면의 유형별 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

○ 사면 손상상태 지수는 손상상태 항목 점수의 합을 총점 24점으로 나누어 계산

○ 사면 파괴요인 지수 역시 파괴요인 항목 점수의 합을 총점 52점으로 나누어 계산

○ 사면 결함지수는 사면 손상상태 항목 점수와 사면 파괴요인 항목 점수의 합을 총점 76으로 나누어 계산

① 토사사면

a. 사면 손상상태 지수(f1)

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

b. 사면 파괴요인 지수(f2)

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

c. 사면 상태평가 지수(F)

결함지수 (F) = ∑(①~⑫) / 76

② 연약암반 사면

a. 사면 손상상태 지수(f1)

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

b. 사면 파괴요인 지수(f2)

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

c. 사면 상태평가 지수(F)

결함지수 (F) = ∑(①~⑫) / 76

③ 파쇄암반 사면

a. 사면 손상상태 지수(f1)

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

b. 사면 파괴요인 지수(f2)

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

c. 사면 상태평가 지수(F)

결함지수 (F) = ∑(①~⑫) / 76

④ 절리암반 사면

a. 사면 손상상태 지수(f1)

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

b. 사면 파괴요인 지수(f2)

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

c. 사면 상태평가 지수(F)

결함지수 (F) = ∑(①~⑫) / 76

나. 절토사면의 상태평가 기준

절토사면 상태평가등급은 세부 평가 항목별 평가에 의해 산출된 결함지수(F)에 따라 A, B, C, D, E의 5등급으로 구분한다.(<표 4.2.4> 참조)

사면 손상상태 지수(f1)와 사면 파괴요인 지수(f2)는 상태평가 등급 결정과정에서는 사용되지 않지만 평가 대상 절토사면을 보다 객관적이고 구체적으로 판단할 수 있는 유용한 지표가 될 수 있다.

【표 4.2.4】 절토사면의 파괴요인 평가항목

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

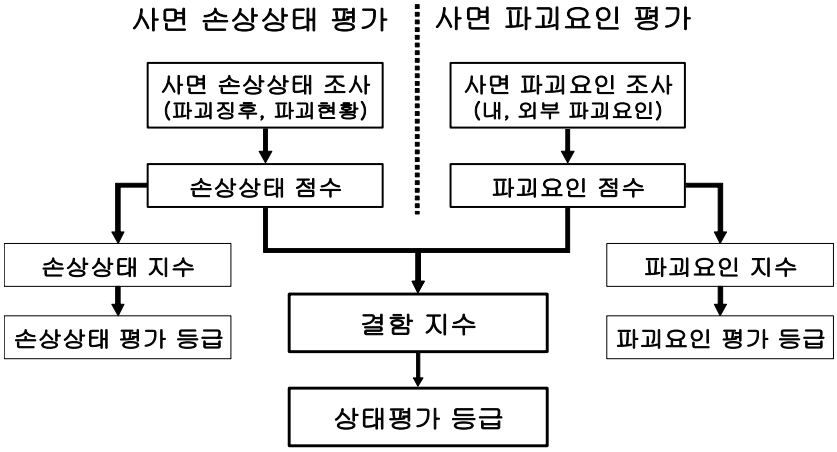
※ 인장균열, 지반변형, 구조물변형 등이 진행성으로 확인되는 경우 상태평가등급을 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.

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

4.3 상태평가등급 산정절차

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

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



【그림 4.3.1】 상태평가 결과 산정 과정

4.4 종합평가 기준 및 방법

4.4.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 4.4.1]의 종합평가지수에 따라 결정한다.

[표 4.4.1] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

종합평가지수(E)	종합평가 기준	비 고
0.00 ≤ (E) 〈 0.15	A	
0.15 ≤ (E) 〈 0.30	B	
0.30 ≤ (E) 〈 0.55	C	
0.55 ≤ (E) 〈 0.75	D	
0.75 ≤ (E)	E	

4.4.2 종합평가등급 산정 방법

가. 종합평가등급 산정

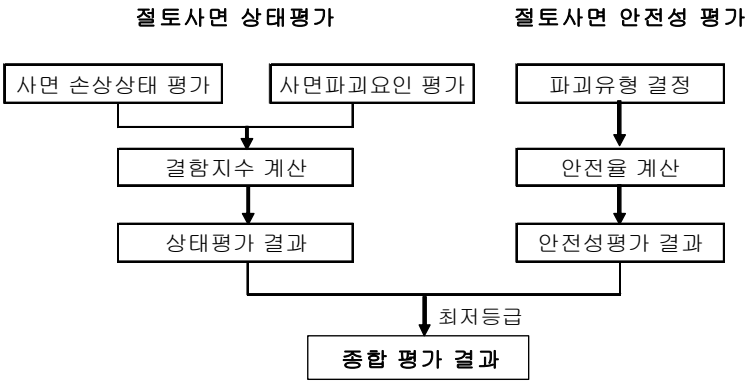
절토사면 상태평가와 안전성평가 결과 2개 등급 중 최저등급을 절토사면 종합평가결과로 결정한다. ([그림 4.4.1] 참조)

1) 정밀안전점검

절토사면의 손상상태 평가와 파괴요인 평가를 종합하여 절토사면 상태평가 결과를 결정하며, 절토사면 안전성평가를 시행한 경우에는 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교하여 최저등급을 절토사면 종합평가 결과로 결정한다.

2) 정밀안전진단

절토사면 상태평가 결과(손상상태 평가 + 파괴요인 평가)와 안전성평가 결과 중 최저등급을 절토사면 종합평가 결과로 결정한다.



[그림 4.4.1] 종합평가 결과 산정 과정

나. 종합평가 결과 산정 방법

상태평가와 안전성평가를 모두 시행했을 경우의 종합평가 결과 산정 예시는 다음 표와 같다.

[표 4.4.2] 절토사면의 종합평가 결과 산정 예

절토사면 종합평가 결과 산정표				
시설물명	○○ 절토사면		표번호	
평가구분	결함지수	평가결과	비 고	
상태평가	F=0.38	C	근거표번호	
안전성평가	안전율=1.98 (우기시)	A	근거표번호	
종합평가	-	C		
종합평가 결과	・ 상태평가 등급과 안전성평가 등급 중 최소 등급을 선택 ・ 절토사면의 종합평가결과 : C			

제5장 보수공법 및 유지관리방안

5.1 보수·보강공법 개요

5.2 보수·보강공법

5.3 유지관리 방안

제 5 장 보수공법 및 유지관리방안

5.1 보수·보강공법 개요

5.1.1 일 반

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

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

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

5.1.2 보수·보강 우선순위의 결정

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

○ 보수보다 보강을, 주요부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.

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

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

5.2 보수·보강공법

5.2.1 보수·보강의 필요성 판단

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

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

5.2.2 보수·보강의 수준 결정

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

○ 현상유지(진행억제)

○ 실용상 지장이 없는 성능까지 회복

○ 초기 수준이상으로 개선

○ 개축

5.2.3 보수·보강공법의 선정

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

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

[표 5.2.1]은 절토사면에서 사용되는 보수·보강공법의 개요이다.

【표 5.2.1】 절토사면 대책공법의 종류 및 적용

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

【표 5.2.1】 절토사면 대책공법의 종류 및 적용 (계속)

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

5.2.4 보수 · 보강공법의 종류

절토사면의 보수 · 보강은 다음의 4 종류로 구분된다.

가. 경사완화 및 구조물에 의한 보강공법

나. 표면보호공법

다. 낙석방지공법

라. 배수공법

가. 경사완화 및 구조물에 의한 보강공법

1) 경사완화(절취공법)

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

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

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

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

2) 록볼트(rock bolt)

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

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

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

3) 앵커(anchor)

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

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

4) 소일네일링(soil nailing)

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

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

5) 억지말뚝

억지말뚝 공법은 절토사면의 활동하중을 말뚝의 수평저항으로 받아 활동을 억지시키는 공법이다.

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

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

6) 다우웰(dowel)

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

7) 콘크리트 버팀벽(buttress)

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

8) 옹벽

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

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

9) 마이크로 파일(micro pile)

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

10) 보강토 공법

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

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

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

나. 표면보호공법

1) 식생공

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

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

재와 병행하여 이용한다.

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

2) 돌쌓기, 블록쌓기

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

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

3) 돌붙임, 블록붙임

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

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

4) 콘크리트 격자

① 콘크리트 격자 블록

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

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

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

② 현장타설 콘크리트 격자

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

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

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

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

5) 모르터 및 콘크리트 뿜어붙이기(숏크리트)

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

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

6) 개비온(gabion)

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

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

다. 낙석방지공법

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

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

1) 뜬돌제거

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

2) 록볼트 및 앵커

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

3) 와이어로프 걸이

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

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

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

4) 낙석방지망

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

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

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

5) 낙석방지울타리

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

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

효과적으로 대처하기 힘든 경우에는 낙석방지울타리를 설치하는 것이 바람직하다.

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

8) 피암터널

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

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

9) 낙석방지 옹벽

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

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

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

10) 낙석 방지 제방 및 도랑(ditch)

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

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

라. 배수공법

1) 산마루측구

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

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

2) 소단배수로

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

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

3) 도수로

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

4) 수평배수공

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

수평배수공의 길이는 2m 이상이 바람직하다.

규모가 큰 지반활동지대에서는 배수터널이나 여러 본의 보정공을 조합하여 처리한다.

5)집수정

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

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

【표 5.2.2】 토사사면의 원리별 대책공법 종류

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

【표 5.2.3】 암반 사면의 원리별 대책공법 종류

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

5.3 유지관리 방안

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

본 과업을 통하여 제시된 외관조사망도를 바탕으로 본 보고서『제1편 제2장 외관조사 개요』에서 제시한 「점검부위 및 손상종류」 사항을 참고하여 유지관리 한다.

※ 시설물 점검시 각 시설물별 유지관리 지침과 외관 조사망도 활용 요망.
※ 시설물 보수·보강 이력사항에 대한 기록관리 철저 요망.
※ 시설물의 보수는 제1편 제5장을 참조하며, 보수·보강 필요부재에 대해서는 충분한 검토 및 보수 실시설계 후 제시된 방안으로 보강하는 것이 바람직하다.
※ 보수·보강 수행시 공사에 따른 특기사항은 기록, 정리하여 향후 유지관리 자료로 활용할 수 있도록 하여야 한다.

제2편 시 설 물 편

1. 절토사면

(STA.28+720 ~28+880(좌))

1.1 시설물 개요

1.2 자료수집 및 분석

1.3 현장조사 및 시험

1.4 상태평가

1.5 종합평가 및 안전등급 지정

1.6 보수·보강 및 유지관리 방안

1.7 종합결론

1. 절토사면(STA.28+720~28+880(좌))

1.1 시설물의 개요

절토사면(STA.28+720~28+880(좌))은 경기도 파주시 월롱면 능산리(고속국도 17호선 26.400~26.560km, 본선 좌측)에 위치하며, 총 연장 160.0m, 높이 32.8m로 2020년 11월 준공된 2종 절토사면이다.

1.1.1 일반사항

【표 1.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2020-0000039		관리번호	-
시설물명	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))		시설물구분	절토사면
위 치	행정구역	경기도 파주시 월롱면 능산리 산 33-16		
	위치좌표	시점 : 37° 49′ 03.0″ 126° 46′ 57.0″		
		종점 : 37° 49′ 07.0″ 126° 46′ 57.0″		
	관리이정	본선구간 26.400 ~ 26.560km(좌)		
제 원	연 장	160.0m	높 이	32.8m
	경사/방향	58/087	노 선	고속국도 17호선
관리주체	서울문산고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물	-		
	주변지형	준산악지형	상부사면경사	33 °
시공현황	준공년도	2020.11	시 공 자	(주)대우건설
	설 계 자	(주)신성엔지니어링	감 리 자	(주)신성엔지니어링
	부대시설	식생공, 낙석방지울타리, 낙석방지망, 옹벽-L형, 점검계단		
비 고	-			

1.1.2 위치도 및 전경사진

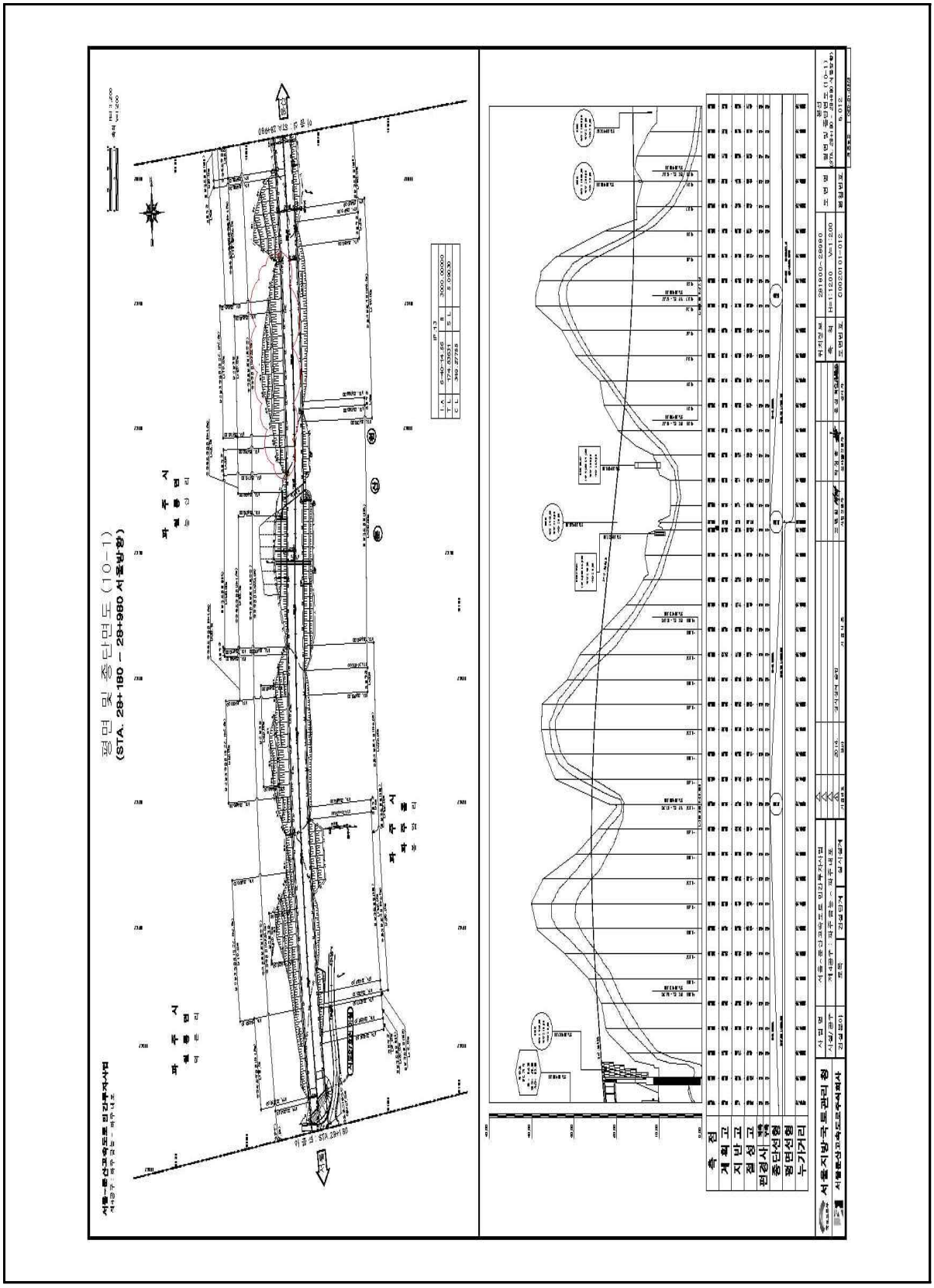
【그림 1.1.1】 위치도

【그림 1.1.2】 전경사진

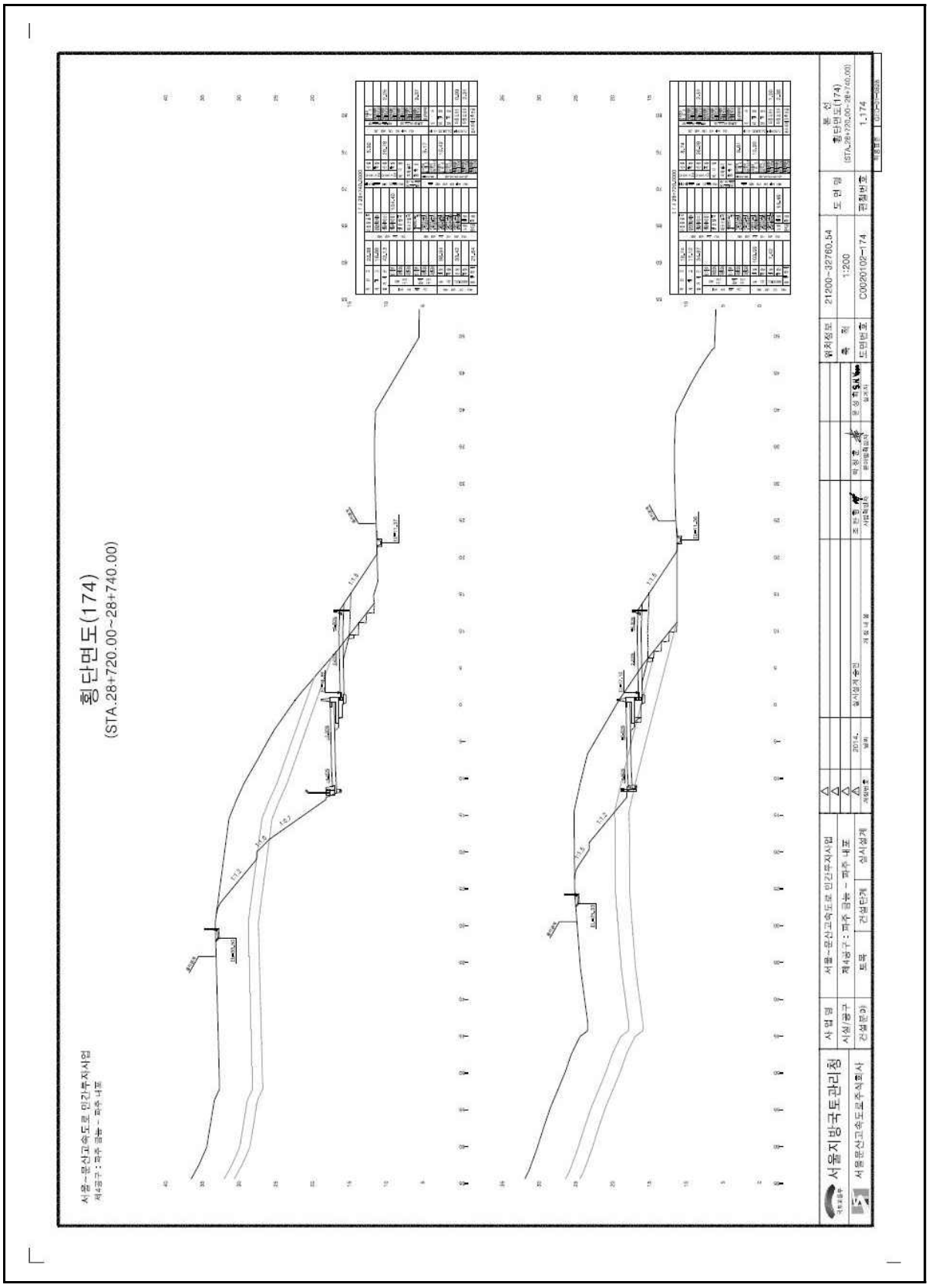
1소단 배수로 전경	점검계단 전경
2단 식생공 전경	상부자연사면 전경
하부 전경	낙석방지울타리 전경

【그림 1.1.3】 부재별 현황

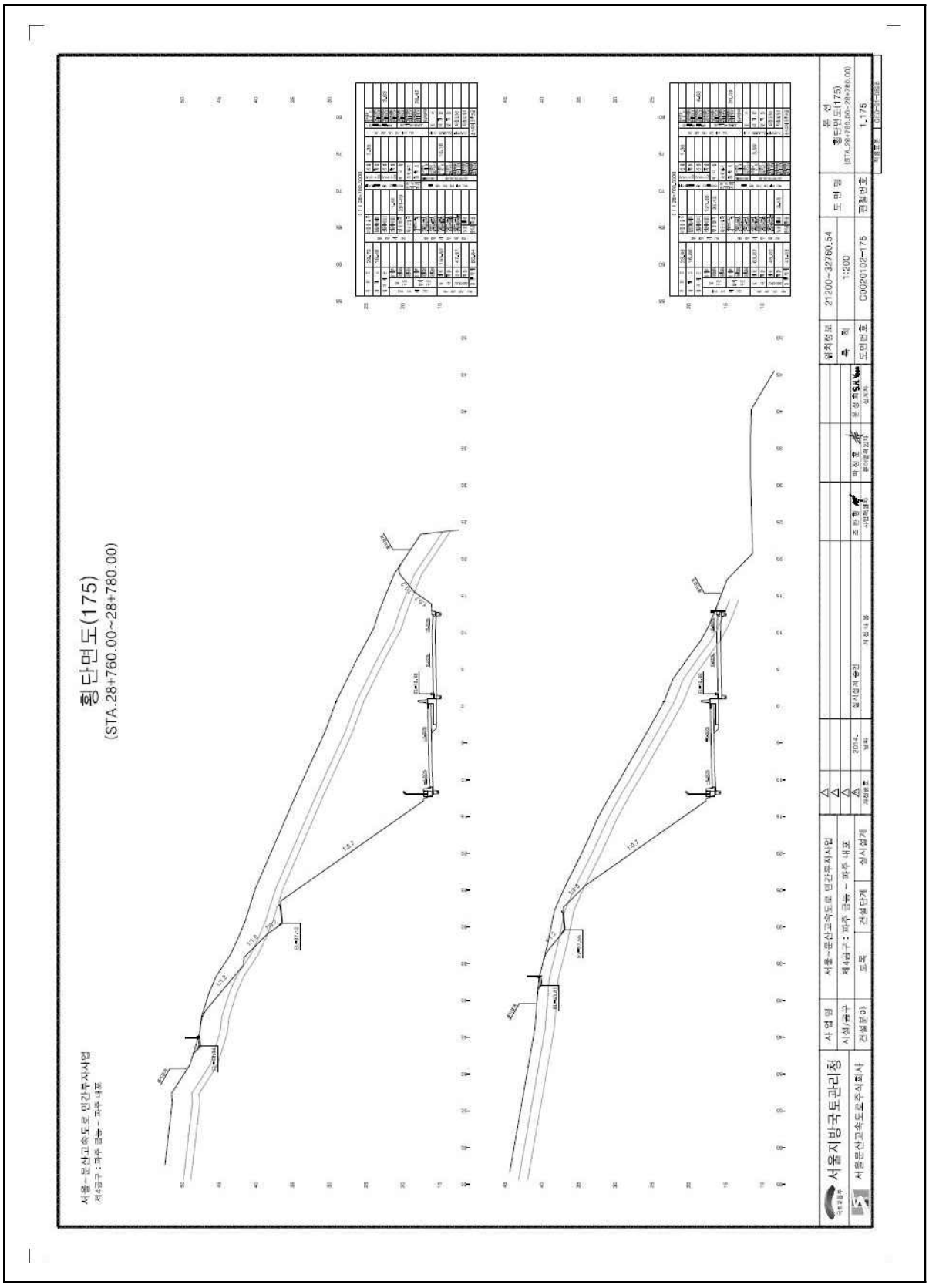
1.1.3 시설물 일반도



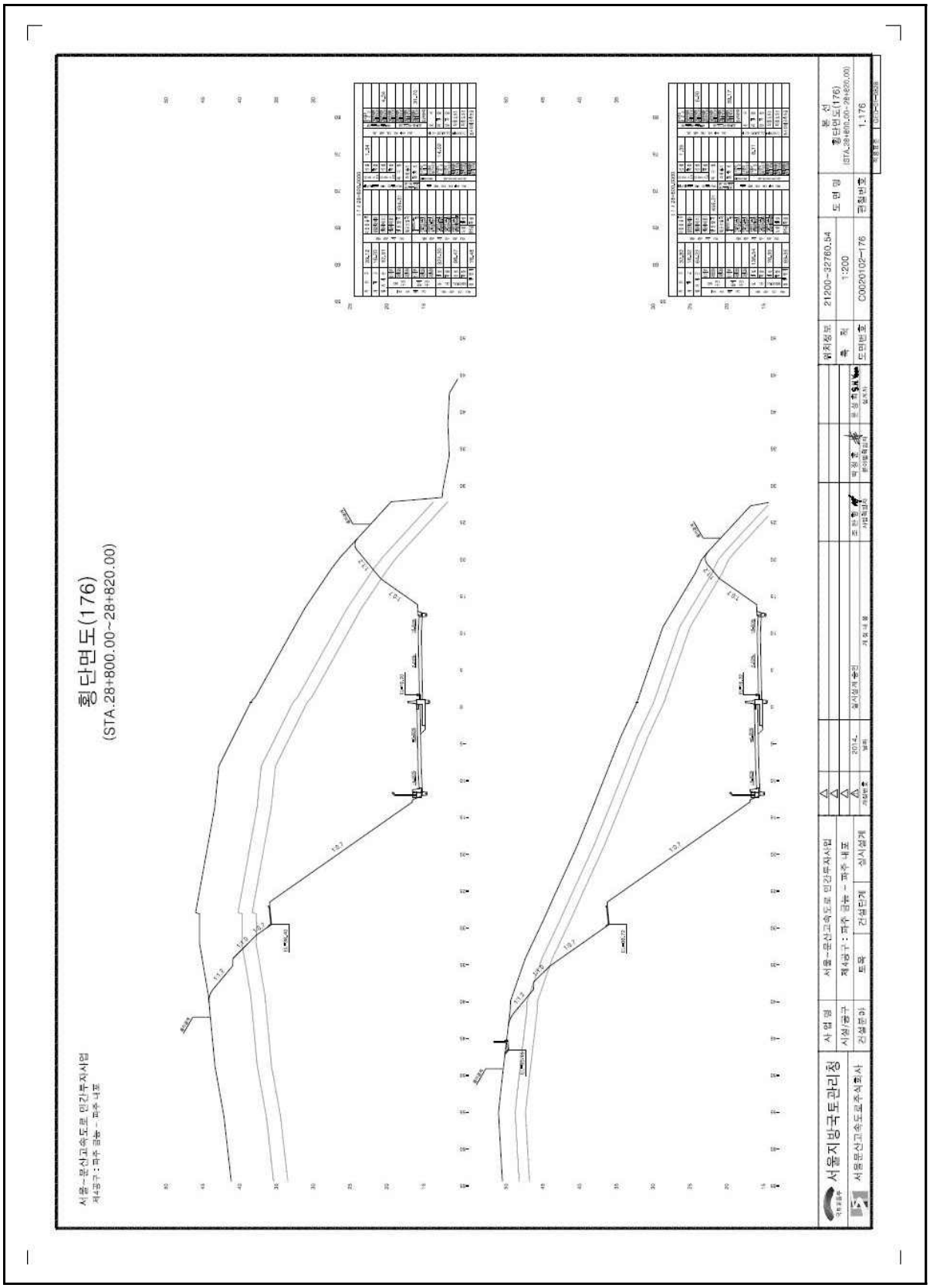
【그림 1.1.4】 평면도


횡단면도(174)
(STA.28+720.00~28+740.00)
서울~문산고속도로 민간투자사업
제4공구 : 파주 금능 - 파주 내포
서울지방국토관리청
서울문산고속도로㈜
서울~문산고속도로 민간투자사업
제4공구 : 파주 금능 - 파주 내포
횡단면도(174)
(STA.28+720.00~28+740.00)
1:200
C0020102-174
1.174

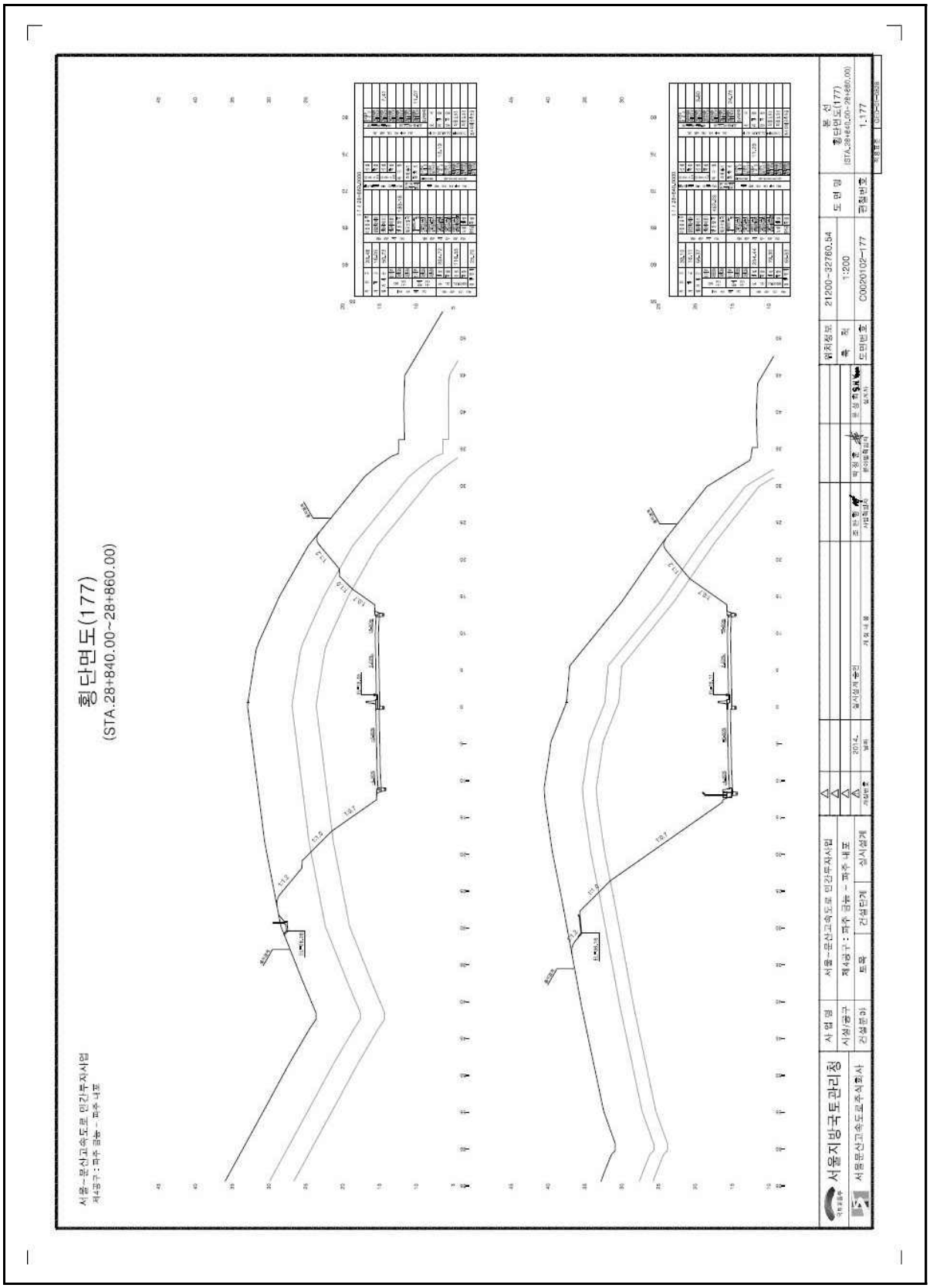
【그림 1.1.5】 횡단면도(1)


횡단면도(175)
(STA.28+760.00~28+780.00)
서울~문산고속도로 민간투자사업
제4공구 : 파주 금능 ~ 파주 내포
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
21200~32760.54
1:200
C0020102-175
1.175

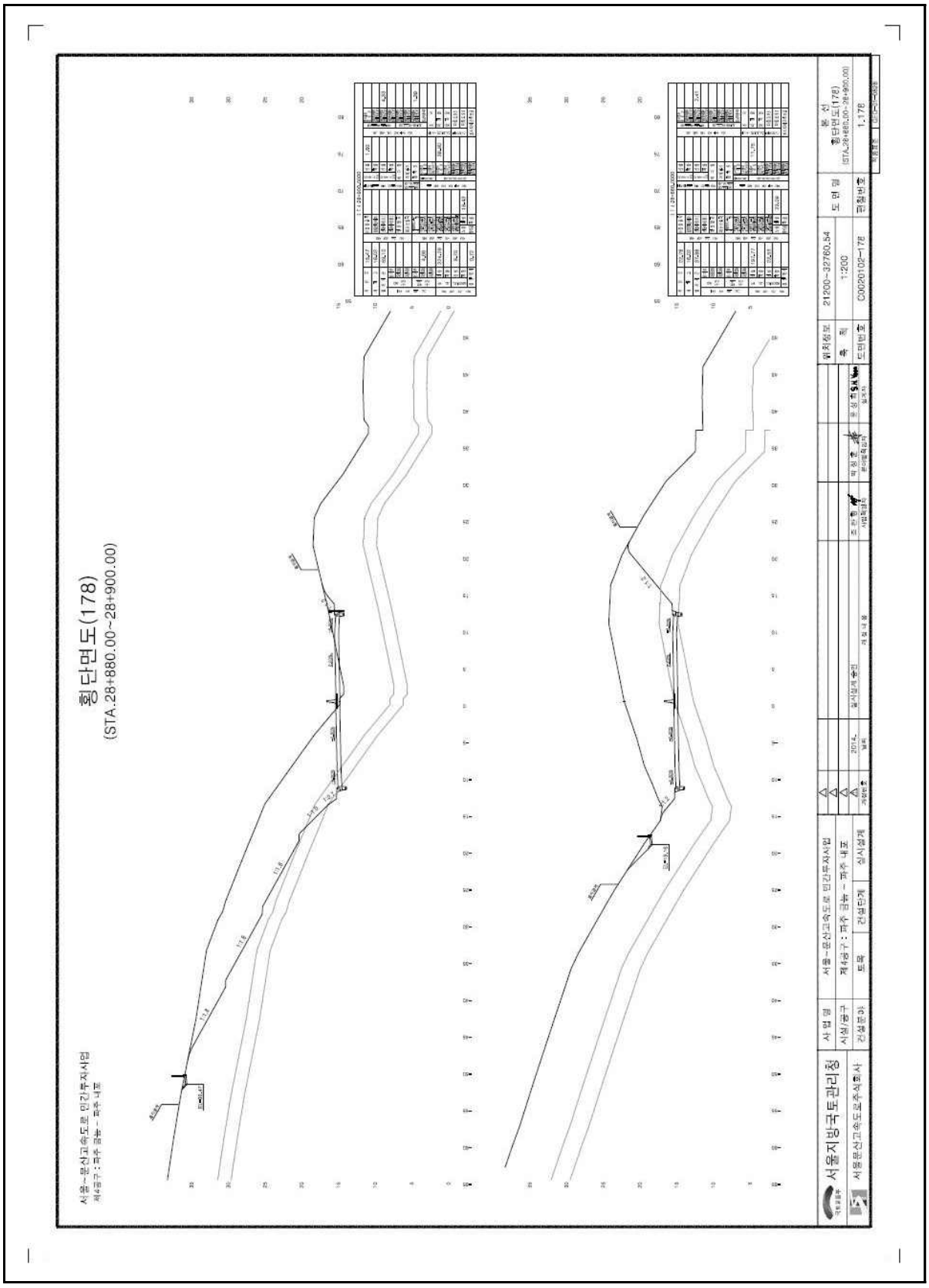
【그림 1.1.6】 횡단면도(2)


횡단면도(176)
(STA.28+800.00~28+820.00)
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
서울-문산고속도로 민간투자사업
횡단면도(176)
(STA.28+800.00~28+820.00)
1:200
C0020102-176
1.176

【그림 1.1.7】 횡단면도(3)


횡단면도(177)
(STA.28+840.00~28+860.00)
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
횡단면도(177)
(STA.28+840.00~28+860.00)
1:200
C0020102-177
1.177

【그림 1.1.8】 횡단면도(4)


횡단면도(178)
(STA.28+880.00~28+900.00)
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
서울-문산고속도로 민간투자사업
계성구 : 파주 금능 - 파주 내포
횡단면도(178)
(STA.28+880.00~28+900.00)
1:200
C0020102-178
1.178

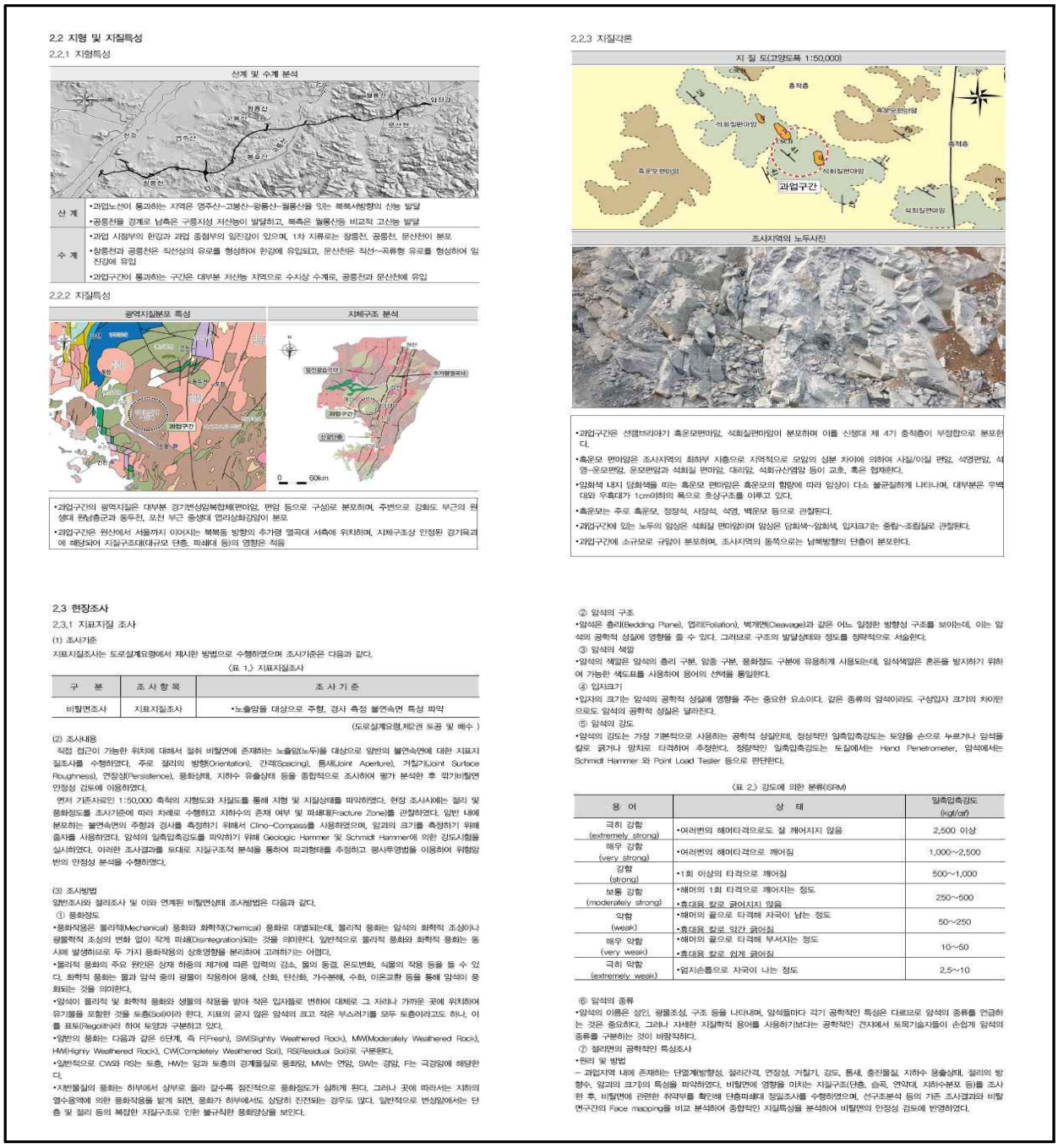
【그림 1.1.9】 횡단면도(5)

1.2 자료수집 및 분석

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

1.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질특성, 현장조사



2.2 지형 및 지질특성

2.2.1 지형특성

산계 및 수계 분석

산 계	•과업노선이 통과하는 지역은 영주산~고봉산~왕릉산~월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산능 비교적 고산능 발달
수 계	•과업 시점부의 한강과 과업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 직선상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 직선~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •과업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

2.2.2 지질특성

광역지질분포 특성 / 지체구조 분석

•과업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 강화도 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 옌리상화강암이 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

지 질 도(고양도폭 1:50,000)

조사지역의 노두사진

•과업구간은 선캠브리아기 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.

•압화석 내지 담화석을 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 일반의 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 깍기비탈면 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. 일반 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

일반조사와 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.

•일반의 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 흔히들 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/cm²)
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

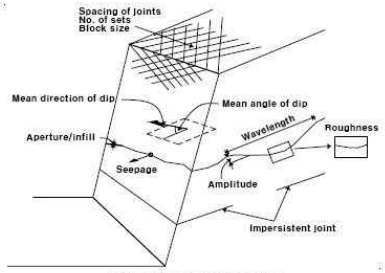
⑥ 암석의 종류

•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, 충진물질, 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(Persistance)

– 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			

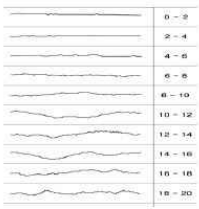
•절리 거칠기 (Roughness)

– 불연속면의 거칠기는 평균 평면에 대한 불연속면에 나타나는 작은 규모의 요철(uneveness)이나 큰 규모의 만곡(waviness)으로 정의된다. 실제에 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 본문 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 Features (폐쇄형)	1~10cm	Very Wide	Open Features (개방형)
0.1~0.25mm	Tight				
0.25~0.5mm	Partly Open		10~100cm	Extremely Wide	
0.5~2.5mm	Open	Gapped Features (틈새형)			
2.5~10mm	Moderately Wide		〉 1m	Cavernous	
〉 10mm	Wide				

•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 압축압축강도는 Schmidt Hammer시험이나 긁기 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	압축압축강도 (kgf/cm2)
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 충진하고 있는 물질을 말하며, 모암 보다는 일반적으로 강도가 약한 경우가 많다. 일반적으로 충진물질은 모래, 점토, 녹니석, 실트 등이며 충적토, 압쇄암, 단층각력암 등이나 벽면을 얇게 피복하는 광물 등도 포함된다.

– 단단한 광맥(방해석, 석영, 황철광 등)으로 충진된 경우를 제외하고는 일반적으로 깨끗한 면의 불연속면보다는 전단강도가 낮다. 그리고 충진된 불연속면의 거동은 간극에 대립하여 충진된 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)

– 일반에 교차되어 나타나는 불연속면군의 수는 암반의 외관이나 역학적 거동에 상당한 영향을 준다. 매우 조밀한 간격을 갖는 많은 수의 불연속면군이 나타나는 비틸면의 파괴형태는 평면형이나 전도형 파괴에서 회전형이나 원형파괴로 변화될 수 있다.

〈표 10.〉 절리군의 표현방법

구 분	설 명	구 분	설 명
I	• 괴상(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

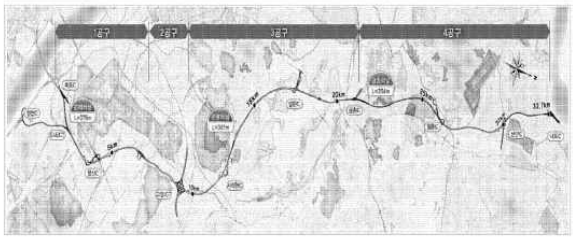
1.1 조사목적

사 업 명	• 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계
사 업 목 적	• 사업구간에 대한 최적설계와 시공에 필요한 지반공학적 정보 제공 • 터널설계 및 지보패턴 선정을 위한 암반등급 산정 • 교량 기초설계와 비탈면 안정해석을 위한 지반자료 제공 • 조사된 자료를 종합·분석하여 경제적이고 효율적인 설계 및 시공을 위한 자료 제공

1.2 조사위치

사업위치	• 경기도 고양시 덕양구 강매동(덕양구 덕은동) ~ 경기도 파주시 문산읍 내포리

구 분	구 간(STA.)	연 장	비 고
1공구	0+000~7+260	• 본선 7.3km, 지선 2.0km	• 지선, 현천IC, 북로JCT, 도내JCT
2공구	7+260~9+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	• 월롱IC, 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	-	-
현장조사 및 시험	물리탐사	2012. 05	2012.10 ~ 11	-	-
	시추조사	2012. 03 ~ 06	2012. 10 ~ 12	2013. 02 ~ 05	2014. 06 ~ 08
	현장시험	2012. 03 ~ 07	2012. 10 ~ 12	2013. 02 ~ 04	-
	실내시험	2012. 06 ~ 07	2012. 11 ~ 12	2013. 04 ~ 05	-
성과분석 및 보고서 작성		2012. 07 ~ 2014. 09			

1.4 조사장비

조 사 항 목		조 사 장 비
지표지질조 사	지표지질조사	• Clinocompass, Profile gauge, Schmidt hammer
	선구조분석	• Landsat-5 TM & DEM • 항공사진
물리탐사	전기비저항탐사	• SAS4000(ABEM, 스웨덴)
	탄성파탐사	• TERRALOCMK6(ABEM, 스웨덴)
현장조사 및 시험	시추조사	• 유압식 시추기 및 부속장비 1식
	SPT효율시험	• Foundation Pile Diagnostic System-5
	현장투수시험	• 줄자, Stop Watch
	수압시험	• Single Packer, 유량계, Stop Watch, 부대장비
	공내재하시험	• Goodman Jack/Elastometer-2/LLT
	공내전단시험	• BST(Handy Geotechnical Ins. Co, 미국)
	공내영상촬영	• Geologger-3 OBI System(OYO, 일본)
	하향식탄성파탐사	• TERRALOCMK6(ABEM, 스웨덴)
	S-PS검층	• Suspenson PS Logger 3660A(OYO, 일본)
	밀도검층	• Micro Logger (Robertson, 영국)
실내시험	토질시험	• 시험기 1식
	암석시험	• 시험기 1식

물리탐사

현장시험

공내검층

실내시험

1.1 토질의 분류 및 기재방법

• 흙의 공학적 특성을 파악하여 토질설계의 기초 자료로 활용

○ 개 요

흙의분류	• 흙의 공학적 분류는 1차 분류 수행 후, 최종적으로 통일분류법(USCS)을 기준으로 분류
기재방법	• 시추주상도의 지층구분은 통일된 기호를 사용하고 N값은 사질토의 상대밀도 및 점성토의 연경도를 추정하는데 사용
기술내용	• 지층상태는 매립층, 전답층, 붕적층, 충적층, 풍화토, 풍화암으로 지층 구분 • 함수상태는 건조(Dry), 습윤(Moist), 젖음(Wet), 포화상태(Saturated)로 구분 • 색조는 흑, 갈, 홍, 적, 황색등에 담(연한)과 암(진한)의 접두어를 사용

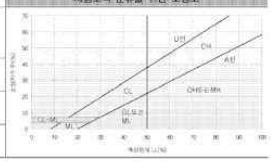
1.1.1 토질의 분류방법

○ 육안관찰에 의한 분류방법(구조물기초 설계기준, 2008)

구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓을	
		건 조 상 태	습 윤 상 태
모 래 (Sand)	• 개개입자의 크기가 판별될 수 있는 입상을 보임 • 건조 상태에서 흩어내림	• 덩어리로 되지 않고 흐트러짐	• 덩어리지나 가볍게 건드리면 흐트러짐
실트섞인 모래 (Silty Sand)	• 입상이나 실트, 점토가 섞여서 약간 점성 있음 • 모래질의 특성 우세함	• 덩어리지나 가볍게 건드리면 흐트러짐	• 덩어리지며 조심스럽게 다루면 부서지지 않음
모래섞인 실트 (Sandy Silt)	• 적당량 세립사와 소량의 점토를 함유하고 실트 입자 50% 이상 • 건조되면 덩어리가 쉽게 부서져서 가루가 됨	• 덩어리지며 만져도 부서지지 않음 • 부서지면 밀가루와 같은 감촉	• 덩어리지며 자유롭게 다루어도 부서지지 않음 • 물을 부으면 서로 엉킴
실 트 (Silt)	• 세립사와 점토 함량이 극소량이고 실트입자 함량이 80% 이상 • 건조되면 덩어리나 쉽게 부서져서 밀가루 감촉의 가루로 됨	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 물에 젖으면 엉킴
점 토 (Clay)	• 건조되면 아주 딱딱한 덩어리의 상태로 됨 • 건조 상태에서 잘 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 찰흙 상태로 됨

구 분	습윤상태에서 손가락으로 끈모양으로 굴때
모 래 (Sand)	• 끈모양으로 꼬아지지 않음
실트섞인 모래 (Silty Sand)	• 끈모양으로 꼬아지지 않음
모래섞인 실트 (Sandy Silt)	• 끈모양으로 꼬아지지 않으나 작게 끊어지고 부드럽고 약간의 점성 있음
실 트 (Silt)	• 완전히 꼬아지지는 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아지고 부드러움
점 토 (Clay)	• 길고 쉽게 꼬아지며, 점성 큼

○ 통일분류법

주 요 구 분			기호	대표적인 흙	분 류 기 준		
조립토 (Coarse-Grained Soil) #200체(0.075mm)에 50%이상 남음	자갈 #4체(4mm)에 50% 이상 남음	세립분이 약간 또는 거의 없는 자갈	GW	• 입도분포가 좋은 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음	세립분의 함유율에 의한 분류 : 200번체 통과율이 5%이하인 경우 GW, GP, SW, SP		Cu > 4 (Cu=D_{60}/D_{10}) 1<Cg<3 (Cg=$(D_{30})^2/(D_{10}\times D_{60})$)
			GP	• 입도분포가 나쁜 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음			GW의 조건이 만족되지 않을 때
		세립분을 함유한 자갈	GM	• 실트질의 자갈, 자갈·모래·실트의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 밑 또는 소성지수가 4이하	소성지수가 4~7이면서 Atterberg 한계가 A선 위에 존재 할 때는 2중 문자로 표시
			GC	• 점토질의 자갈, 자갈·모래·점토의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 위 또는 소성지수가 7이상	
	모 래 (Sand) #4체(4mm)에 50% 이상 통과	세립분이 약간 또는 거의 없는 모래	SW	• 입도분포가 좋은 모래 또는 자갈질의 모래, 세립분은 약간 또는 없음	200번체 통과율이 12%이상인 경우 GM, GC, SM, SC		Cu > 6 1< Cg <3
			SP	• 입도분포가 불량한 모래 또는 자갈질 모래			SW의 조건이 만족되지 않을 때
		세립분을 함유한 모래	SM	• 실트질의 모래, 모래와 실트의 혼합토	200번체 통과율이 5~12%인 경우 2중 문자로 표시	Atterberg 한계가 A선 밑에 있거나 소성지수가 4 이하	소성지수가 4~7이면서 Atterberg 한계가 A선 위에 존재 할 때는 2중 문자로 표시
			SC	• 점토질의 모래, 모래와 점토의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 밑에 있거나 소성지수가 7 이상	
세립토 (Fine-Grained Soil) #200체(0.075mm) 50%이상 통과	액성한계 50% 이하인 실트나 점토		ML	• 무기질의 실트, 미우 가는 모래, 암분, 소성이 작은 실트질의 세사나 점토질의 세립사	• 소성도(Plasticity Chart)는 세립토에 함유된 세립분과 세립토를 분류하기 위해 사용 • 소성도의 빗금친 곳은 2중 표기		
			CL	• 소성이 중간값 이하인 유기질 점토, 자갈질 점토, 모래질 점토, 실트질 점토			
			OL	• 소성이 작은 유기질 실트 및 점토			
	액성한계 50% 이상인 실트나 점토		MH	• 무기질 실트, 운모질 또는 규소의 세사 또는 실트질 흙, 탄성이 큰 실트	세립토의 분류를 위한 소성도		
			CH	• 소성이 큰 무기질 점토, 탄성이 큰 점토			
			OH	• 탄성이 중간값 이상인 유기질 점토			
고유기성 흙			Pt	• 이탄 및 그 밖의 유기질을 많이 함유한 흙			

1.2 암반의 분류 및 기재방법

- 일반적으로 연암, 보통암, 경암으로 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 제시한 "공학적 목적을 위한 암석시료의 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(연함), 암(진한)의 명암 및 혼색의 서술용어를 사용
- 강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류

1.2.1 암반의 분류방법

기본방향

- 지반조사시 암반의 분류는 TCR, RQD, 시추 굴진상태 및 시추 굴진속도, 풍화상태를 관찰하여 시추주상도에 기재하고, 한국도로공사의 분류기준을 참고로 하여 풍화암, 연암, 보통암, 경암으로 구분
- 토공의 작업성(리퍼빌리티)에 의거한 분류는 토사, 리핑암, 발파암으로 구분

○ 토공작업 리퍼빌리티에 따른 암반의 분류(도로설계편람, 2012)

구 분		토 공 작 업		
		토 사 (도저)	리 핑 암	발 파 암
표준관입시험 (N값)		50/10 미만	50/10 이상	-
불연속면의 발달 빈도	BX 크기	-	TCR=5% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=5~10% 이상이고 RQD=0~5% 이상
	NX 크기	-	TCR=20% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=20% 이상이고 RQD=10% 이상
탄성파속도	A그룹 암종	700m/sec 미만	700~1,200m/sec 미만	1,200m/sec 이상
	B그룹 암종	1,000m/sec 미만	1,000~1,800m/sec 미만	1,800m/sec 이상

주) · A그룹 암종 : 편마암, 사질편암, 석회암, 사암, 응회암, 역암, 화강암, 안산암 · B그룹 암종: 흑색편암, 녹색편암

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

기본방향

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

○ 국내의 암반분류 기준

구 분	분류목적	분류요소	주 요 내 용	비 고
도로설계편람	토 공	• 탄성파속도 (자연암석) • 내암강도 • 암석종류	• 암석의 꺾기 난이도를 기준으로 분류 • 일축압축강도에 의한 암종별 특성치 범위 규정	국토교통부 (2012)
용역협회기준	시 추 암석분류	• 탄성파속도 • 일축압축강도	• 시추주상도상의 암석종류 기재시 탄성파속도 및 일축압축강도에 의한 분류	한국엔지니어링 진흥협회 (2004)
서 울 시	토목공사	• TCR, RQD • 일축압축강도 • 절리면 간격	• TCR, RQD에 의한 암반분류 • 암종별 일축압축강도 및 절리면 간격 등을 고려한 분류내용 기재	서울시 지반조사편람 (2006)
서울 지하철	터 널	• TCR, RQD • 일축압축강도 • 절리면 간격 • RMR과 연계	• 서울지하철 분류기준에 의하여 TCR, RQD에 의한 암반분류 • 암종별 일축압축강도 및 절리면 간격 등을 고려한 분류내용 기재	서울지하철 9호선 설계기준(안) (1997)
고 속 철 도	터 널	• 일축압축강도 • 탄성파속도 • 변형계수 • 지반강도비 • TCR, RQD • 현장 육안관찰	• RQD 및 일축압축강도 등 개별요소에 의해 암반등급 결정 가능성 제시 • 변형계수 및 지반강도의 범위 제시	고속철도 전문시방서 지반분류 (2006)
한국도로공사	터 널	• RQD, TCR • RMR • Q-System • 탄성파속도 • 일축압축강도	• 기존 암반분류 기준으로 적용, RQD 및 일축압축강도 등 개별요소에 의해 암반등급결정 범위 제시	한국도로공사 암반분류기준 (2005)

2.3 현장조사

2.3.1 시추조사

기본방향

- 지반의 성상을 조사하고 시료의 채취 및 각종 원위치 공내시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료 제공
  - -지반의 수직적 분포상태, 파쇄대 및 단층대 확인, 지반 공학적 특성 파악 및 시료 채취
  - -암질상태, 균열상태, 파쇄구간의 분포 및 암석의 강도정수를 구할 수 있는 시료 확보

○ 방법

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

시 추 작 업 전 경 (BH-30)

시 추 작 업 전 경 (BH-234)

○ 적용현황

- 터널구간은 설계에 필요한 지반상태 파악을 위해 계획고하 0.5D까지 시추
- 교량구간은 기초의 침하에 영향을 주지 않는 심도인 풍화암 7.0m, 연암 3.0m, 경암 1.0m 이상 시추
- 깎기구간은 계획고하 2.0m 까지 시추
- 쌓기구간은 침하에 영향을 주지 않는 30/30이상 3회 또는 풍화암 3.0m 시추

결과활용

- 지층상태 및 지지층 확인, 암반분류, 현장시험 및 채취된 시료를 이용하여 실내 토질 및 암석시험 실시
- 주상도 작성으로 암반분류 및 지보패턴 설계에 활용
- 단면도 작성으로 비탈면 설계에 활용

2.3.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

○ 시험굴조사

기본방향

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

시험 방법

- 시험전 표준사 단위중량을 측정
- 시험장소의 지표면을 정리 후 준비된 굴착도구로 흙을 채취 후 '시험기+모래' 무게를 측정, 시험기를 밑판 위에 밀착시킨 후 밸브를 열어 모래를 자유낙하 시킴
- 모래의 흐름이 멈추면 밸브를 닫고 시험기를 들어내고, 밑판 위의 모래를 쓸어모아 시험기에 담음
- 채취된 습윤토 무게와 '시험기+남은 모래' 무게 측정
- 급속 건조기로 마년 흙의 함수비를 측정

시험전경(원지반 상태)

결과활용

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

○ 현장밀도시험

기본방향

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

▮ 시험 방법(모래치환법)

- 시험 장소의 지표면을 수평으로 고름
- 지표면에 밑판을 밀착 후 내측의 흙을 팜
- 파낸 흙의 전체중량을 측정함
- 밑판구멍에 깔때기를 맞추어 측정기를 세움
- 밸브를 열고 병 속의 표준사 이동이 멎는 것을 확인한 후 밸브를 잠금
- 측정기와 남은 모래의 중량을 재고 시험 구멍 및 깔때기를 채우는데 필요한 모래의 중량을 구함
- 깔대기를 채우는 데 필요한 모래의 중량을 구하고 시험 구멍의 체적을 구함

○ 적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	깎 기 구 간	쌓 기 구 간	합계
수 량(회)	-	-	3	-	3

결과활용

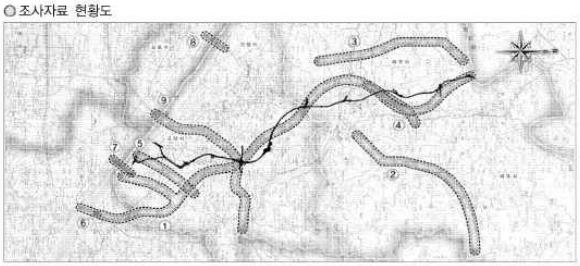
- 다짐특성 파악을 통한 시공단계에서 흙쌓기 다짐관리
- 풍화대의 단위중량 파악
- 토량 환산계수 산정

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 시설사업 지반조사보고서(2007.8)
②	• 조리~법원 도로건설공사 실시설계보고서(2005.12)
③	• 문발~낙하간 도로 확포장공사 일반보고서(2004.9)
④	• 금촌~월롱간 도로 확포장공사 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 민간투자시설사업 지반조사보고서(2007.8)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 시추조사 113공 (터널 15공, 교량 72공, 깎기 6공, 쌓기 12공, 토취장 8공) • 전기비저항 2,000m • 탄성파탐사 6,510m(터널부, 깎기부, 교량부) • 공내영상촬영 7회 • 공내진단시험 8회 • 공내재하시험 34회 • 하향식탄성파탐사 5공 • 절리면전단 6회, 삼축압축 9회, 암유용성 5회	• 토성분류시 대부분 SM으로 나타남(부분적 ML, CL분포) • 하천주변으로 점성토 연약지반 출현(4개 구간) – 층후 : 1.0~3.3m, – 토성 : ML, CL • 창릉천교 지지층 : 연암 GL(–) 15.0~19.4m에 분포 – 기초형식 : 말뚝기초, 현장타설말뚝 • 터널등과구간 암반등급 – 문봉터널 : 2~3등급, 금촌터널 : 2~3등급

1.1.2 인근지역 조사 자료 분석

○ 조리~법원 도로건설공사 실시설계보고서(2005.12)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 시추조사 77공(터널 4공, 깎기 12공, 교량 58공, 쌓기 2공, 토취장 1공) • 시험굴조사 16개소(깎기부 15개소, 토취장 1개소) • 핸드오거보링 22개소(쌓기부) • 탄성파탐사 1,555m(터널부 550m, 깎기부 1,005m) • 전기비저항탐사 720m(터널부) • 공내영상촬영 4회(깎기부) • 공내재하시험 11회(터널부 4회, 교량부 7회) • 공내전단시험 깎기부 5회 • 토질/암석시험 1식	• 토성분류시 대부분 SM으로 나타남(부분적 ML, CL분포) • 대능1교 지지층심도 : 2.5~16.5m – 기초형식 : 강관말뚝기초(시점 교대부 및 본선구간), 직접기초(본선구간 및 종점 교대부) • 깎기/쌓기(10/12개 구간) 비탈면 해석결과 일부 깎기 4개 구간에서 불안정한 것으로 해석됨 • 깎기부 일부구간 무한사면 형성 • 터널등과구간 암반등급 – 호영터널 : 3~5등급

○ 문발~낙하간 도로 확포장공사 일반보고서(2004.9)

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

○ 금촌~월롱간 도로 확포장공사 실시설계 토질조사보고서(2004.2)

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

○ 강매~원흥간 도로 개설공사 실시설계 종합보고서(1999.5)

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

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

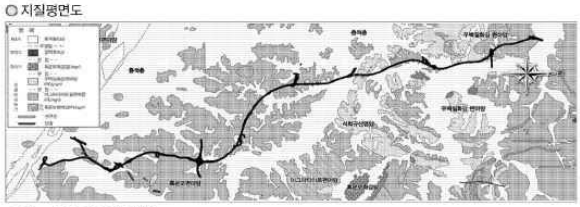
조 사 내 용	분 석 내 용
• 1공구 – 시추조사 123공(교량 104공, 깎기 14공, 성토 5공) • 2공구 – 시추조사 94공(교량 83공, 깎기 11공) – 핸드오기보링 14개소 – 시험굴조사 6개소	• 매립층, 충적층(SC, CL, SM, GM), 풍화대 및 기반암 • 성사2교 지지층심도 : 3.7~9.3m – 기초형식 : 직접기초 • 새말교 지지층심도 : 5.0~9.4m – 기초형식 : 직접기초(교각), 강관말뚝기초(교대) • 벽제교 지지층심도 : 2.3~9.7m –기초형식 : 직접기초

2.2 지표지질조사

2.2.1 지질분포특성 분석

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

○ 지질평면도



○ 분포 암종 및 특성 분석

▮ 흑운모편마암

- 사업구간 대부분 지역에 분포하며, 변성과정에서 생성된 편리가 발달하여 이방성 특성이 있음
  → 편리와 평행한 방향으로 강도는 약하고 변형이 크며, 수직인 방향으로는 강도는 강하고 변형이 적음
- 흑운모편마암은 풍화에 약함 → 편리를 구성하는 유색광물들은 풍화에 취약한 광물임

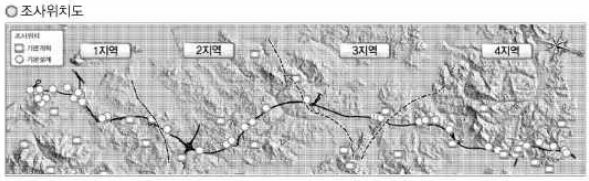
▮ 화강암

- 사업구간 시점 인근지역에 분포하며, 흑운모편마암을 관입
- 암석의 강도가 크고 입자간의 공극이 비교적 작아 하중이 가해지면 탄성변형에 가까운 변형 특성을 보임

2.2.2 절리특성 분석

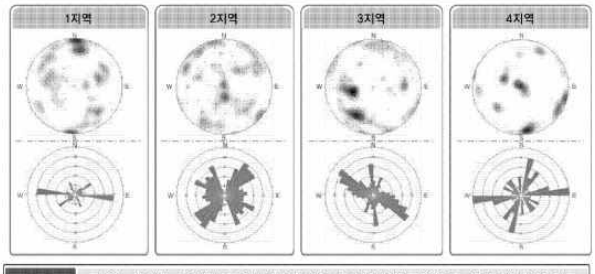
기본방향
- 깎기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악
- 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 거칠기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악

○ 조사위치도



○ 결과분석

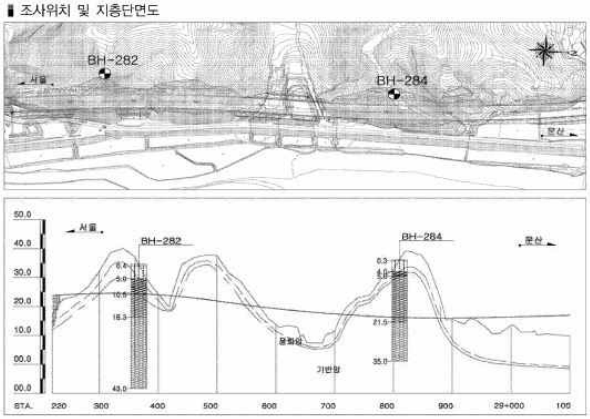
구 분	지형적 특성	지질분포 특성	절리군 특성
1지역 (사업시점~5+600)	• 독립적 산능 발달 • 저산능의 구릉지성산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 고각 및 저각절리 발달 • EW주향 절리 발달
2지역 (5+600~15+500)	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달 • 산간 소계곡부 농경지대 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 호상구조	• 절리의 방향성 다양 • NE 내지 NW주향 절리 발달
3지역 (15+500~27+200)	• 독립적 산능 발달 • 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 35~60 저각절리 우세 • NW주향 절리 발달
4지역 (27+200~사업종점)	• 월롱산 측면부 통과 • 비교적 높은 산능지대 형성	• 흑운모편마암 분포 및 편리 발달 • 주변부 석회규산염암 분포	• 고각절리 우세 • 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 깎기 4-4구간(STA.28+210~29+080) : BH-282, 284

▮조사위치 및 지층단면도



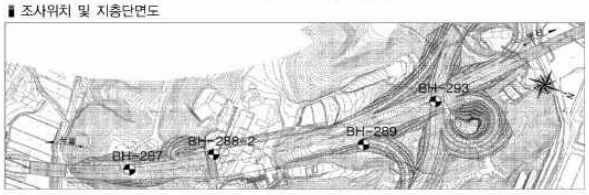
▮지층상태

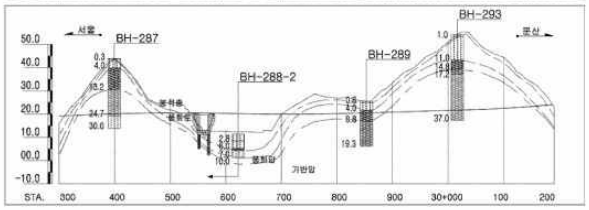
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
표토층	0.0	0.3~0.4	실트질 모래	-
풍화토	0.3~0.4	3.7~4.6	실트질 모래	32/30~50/15
풍화암	4.0~5.0	1.6~5.5	실트질 모래	50/10~50/7
연 암	5.6~10.5	7.8~15.9	편마암	50~100/0~37
보통암	18.3~21.5	13.5~24.7	편마암	55~100/10~70

구 분	지 층 개 요
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 • 갈색의 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 4.0~5.0m에서 1.6~5.5m 층후로 분포하며 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 • BH-282번공에서 암편상 코어 회수(9.4~10.5m)
연 암	• 지표하 5.6~10.5m에서 7.8~15.9m 층후로 분포하며 갈색~암회색의 편마암으로 구성 • RQD=0~37%로 매우불량~보통양호한 암질상태
보통암	• 지표하 18.3~21.5m에서 13.5~24.7m 이상 층후로 분포하며 갈색~암회색의 편마암으로 구성 • RQD=10~70%로 매우불량~양호한 암질상태

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

▮조사위치 및 지층단면도





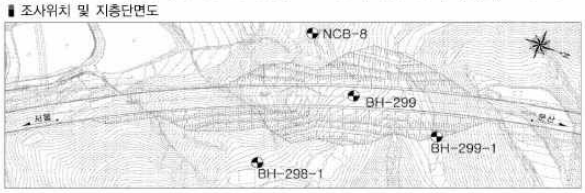
▮지층상태

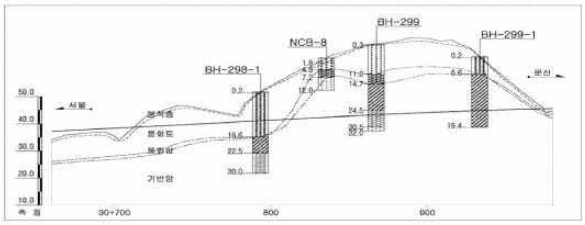
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층/매립층	0.0	0.3~2.8	실트질 모래	4/30~7/30
풍화토	0.3~2.8	1.0~10.0	실트질 모래	15/30~50/12
풍화암	3.8~11.0	3.2~9.2	실트질 모래	50/10~50/1
연 암	8.8~14.8	2.4~10.5	편마암	54~100/10~46
보통암	13.2~17.2	11.5~19.8	편마암	49~100%/0~70%
경 암	7.0~24.7	3.0~5.3	편마암	100%/63~92%

구 분	지 층 개 요
붕적층/매립층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~2.8m 층후로 분포 • 담갈색~황갈색의 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.3~2.8m에서 1.0~10.0m 층후로 분포 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 3.8~11.0m에서 3.2~9.2m 층후로 분포하며 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 8.8~14.8m에서 2.4~10.5m 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=54~100%로 보통양호~매우양호한 암질상태
보통암	• 지표하 13.2~17.2m에서 11.5~19.3m 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=0~70%로 매우불량~양호한 암질상태
경 암	• 지표하 7.0~24.7m에서 3.0~5.3m이상의 층후로 분포하며, 유백색의 편마암으로 구성 • RQD=63~92%로 양호~매우양호한 암질상태

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

▮조사위치 및 지층단면도





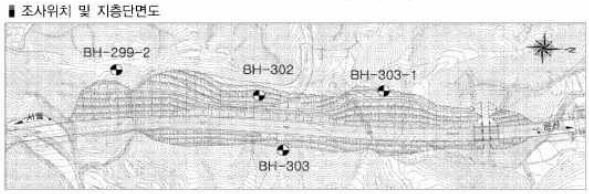
▮지층상태

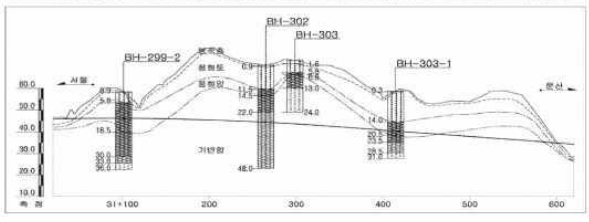
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~4.3	실트질 모래	18/30~27/30
풍화토	0.0~0.3	6.6~16.6	실트질 모래	9/30~50/14
풍화암	4.3~11.0	2.9~3.7	실트질 모래	50/10~50/3
연 암	6.6~16.6	5.9~19.4	편마암	40~100%/0~39%
보통암	24.5	6.0	편마암	100%/20~75%
경 암	7.2~30.5	1.5~7.5	편마암	90~100%/60~81%

구 분	지 층 개 요
붕적층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~4.3m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토	• 지표하 0.0~0.3m에서 6.6~16.6m 층후로 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화토	• 지표하 4.3~11.0m에서 2.9~3.7m 층후로 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 6.6~16.6m에서 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
경 암	• 지표하 7.2~30.5m에서 1.5~7.5m이상 층후로 분포, RQD=60~81%로 보통양호~매우양호한 암질상태

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

▮조사위치 및 지층단면도





▮지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	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
연 암	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%
경 암	13.0~33.0	2.5~11.0	편 마 암	96~100%/68~83%

구 분	지 층 개 요
붕적층	• 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 • 습윤하며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀로 심도에 따라 편차가 크게 나타남
풍화암	• 지표하 5.0~14.0m에서 0.8~13.5m 층후로 분포하며 굴진시 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 6.6~20.5m에서 3.0~14.6m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • 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 • TCR/RQD는 98~100%/44~76%로 보통양호~양호한 암질상태
경 암	• 지표하 13.0~33.0m에서 2.5~11.0m 이상 층후로 분포하며, 편마암으로 구성 • 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 분석기법들(한계평형, 수치해석, 파괴확률 등)의 비교를 통한 최적 설계 •비탈면 보호공법 및 유지관리 계획으로 시공 중·후 및 정기적인 비탈면의 안정성 확보

1.1.1 기본방향

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
지반정수 산정	•지반조사 결과분석 및 상관성 분석에 의한 설계 지반정수 도출 •연속체, 불연속체 지반정수의 체계적인 분석 및 결정
비탈면 안정검토	•다양한 분석기법의 도입으로 인한 해석결과의 비교, 분석으로 적정성 검증 •사업구간의 절리특성을 반영한 확률 절리망 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 에너지강도를 통한 낙석방지울타리의 설치여부 검토
비탈면 유지관리계획	•계측계획 수립, 시공 중 및 시공 후 유지관리 계획 제시

1.2.2 깎기비탈면 지반특성 및 현황

○ 깎기비탈면 지반특성

•깎기비탈면 토사층은 시추조사결과 풍화토(SM), 풍화암으로 구성되어 있고, 대체적으로 풍화대가 두텁게 분포하며, 기반암의 암종은 흑운모편마암이 주로 분포함
•깎기고 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
4공구	본선	깎기 1구간	21+600 ~ 22+580	토사	좌측	16.7	21+940	–
				토사	우측	8.7	22+040	–
		깎기 2구간	23+730 ~ 24+440	토사	우측	19.3	23+760	–
				암반	우측	19.2	23+820	–
				토사	좌측	16.3	23+860	–
				토사	좌측	12.5	24+240	–
		깎기 3구간	25+160 25+960	토사	좌측	11.3	25+880	–
					좌측	11.9	25+900	단기 터파기
		깎기 4구간	28+210 ~ 29+080	토사/암반	좌측	25.4	28+340	–
				토사	좌측	32.1	28+360	–
				암반	좌측	27.8	28+480	–
				암반	좌측	33.9	28+800	–
				토사	좌측	15.3	28+920	–
		깎기 5구간	29+300 ~ 30+180	암반	좌측	25.0	29+380	–
				토사	좌측	22.9	29+400	–
				토사	우측	21.5	29+980	–
				암반	좌측	23.9	30+020	–
				암반	우측	36.1	30+020	–
		깎기 6구간	30+680 ~ 32+460	토사	우측	23.2	30+780	–
				암반	우측	26.4	30+840	
				토사	좌측	22.3	30+880	–
				토사	우측	24.6	30+880	–
				암반	좌측	25.2	30+900	–
				암반	우측	25.2	30+920	–
				토사	좌측	35.6	31+180	–
				토사/암반	좌측	39.2	31+220	–
				암반	좌측	38.8	31+300	–
				토사	좌측	28.0	31+420	–
				토사	좌측	14.2	31+860	–
	월롱IC	Ramp-A	0+140 ~ 0+400	토사	우측	11.9	0+360	–
	산단IC	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	–

제 2 장 비탈면 안정성 검토

2.1 설계개요

기본방향	•쌓기 비탈면 중 쌓기고가 10.0m인 이상인 구간에 대하여 안정성 검토 •깎기 비탈면 중 토사층이 깊고 지층변화가 심한 구간에 대하여 대표단면 선정 •비탈면 한계평형해석 검토 후 확률분포 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

○ 개 요

•일반적으로 적용되는 한계평형해석 및 지하수 모델의 불합리성을 극복하기 위해 한계평형해석과 유한요소해석간의 연계해석을 수행
•강도감소법을 이용하여 지반내 응력 상태를 재현, 보다 실제에 가까운 파괴 활동 및 지반내 응력변화, 비탈면에서의 전단파괴 영역 및 소성범위를 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 안정한 것으로 판단
•한계평형이론에 의한 비탈면안정 해석방법은 여러 가지가 있으며 그 정확성은 강도정수의 결정과 지반의 파괴형태를 의미하는 파괴모드의 가정방식에 의해 좌우됨
•파괴모드는 토사비탈면의 경우 지층구성에 의해 원호, 평면 혹은 복합활동파괴 등으로 구분
•토사비탈면의 파괴모드는 곡면형태의 함수(원호 혹은 대수나선 등)로 가정하여 해석을 수행

가상파괴면	n번째 절편에 작용하는 힘

$$\cdot Fs = \frac{1}{\sum W_n \sin\alpha}\sum\left(cb_n + W_n \tan\phi + \Delta T \tan\phi\right)\frac{1}{m_{\alpha(n)}} \quad \cdot m_{\alpha(n)} = \cos\alpha_n + \frac{\tan\phi \times \sin\alpha_n}{F_s}$$

여기서, W_n : n번째 절편에 흙의 중량(=γ×b×h)(kN/m)
α : 경사각(°) c : 흙의 점착력 (kPa)
b_n : n번째 절편의 폭(m) ϕ : 흙의 내부 마찰각(°)
ΔT : $T_n - T_{n+1}$ n : n 절편의 측면에 작용하는 수평력

2.1.2 암반 비탈면 안정해석

•현장조사결과를 반영한 평사투영해석, SMR평가 등을 통하여 암반비탈면 안정성 예비평가
•잠재적인 파괴가능성을 내포한 비탈면에 대해 한계평형해석 및 수치해석 수행
•암반 절리특성의 불확실성을 고려한 암반비탈면의 파괴확률 산정

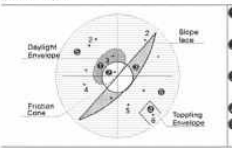
○ 개 요

•현장 지질조사를 통하여 조사된 불연속면의 절리방향과 내부마찰각을 평사투영하여 암반 비탈면 붕괴유형별 안정성 평가(DIPS)
•절리면을 따라 암괴에 미치는 응력분포와 절리면의 전단저항특성, 지하수 조건 등을 고려한 한계평형식을 적용하여 비탈면 안정해석 수행(SWEDGE, ROCPLANE)

○ 평사투영해석 (Stereographic Projection Method)

•평사투영법은 대원(Great Circle, 쐐기파괴의 가능성 예측)과 극점(Pole, 평면 및 전도파괴의 가능성 예측)으로 해석하는 두 가지 방법으로 대별
•불연속면의 간 연성선 외에 충진물 협재, 지하수 유동 등 위험요소를 내포한 절리와 단층과 같은 불연속면은 평사투영 해석시 방향성이 우세하게 나타나지 않아도 중요 위험불연속면으로 고려하여 해석

▮ 검토 방법

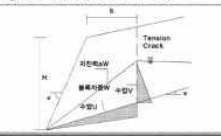


❶ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 큰 Daylight로서 불안정한 지역
❷ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 작은 Daylight로서 안정한 지역
❸ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 작으며, Daylight도 아닌 안정한 지역
❹ 지역 : Toppling 붕괴의 위험성이 잠재된 불안정한 지역
❺ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 크더라도 Daylight나 Toppling Envelope이 아니므로 안정한 지역

○ 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)



•단위두께의 절편으로 생각, 파괴블록의 양측면은 미끄럼 저항이 없는 자유면으로 간주
•미끄럼 안정균열은 비탈면에 평행(비탈면의 주향과 안정균열의 주향이 같음)
•파괴면의 자중, 수압에 의한 양압력 및 수압 등은 블록의 중심을 통하여 작용 $h/H = \sqrt{\cot\omega\tan\alpha} - \cot\alpha$
ω : 불연속면의 경사 α : 비탈면의 경사

1.2.2 시설물 점검이력

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

【표 1.2.1】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	449	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))사면은 사면부 식생공 및 낙석방지망 시공되어있고, 하부 낙석방지울타리, 옹벽-L형이 설치되어 있다. 보호·보강공의 상태는 양호한 상태이다. 현재, 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 실란트파손, 토사 및 폐기물적치, 1단 사면 폐기물적치가 일부 조사되었다. 해당 손상에 의한 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 강우시 손상이 진전될 수 있으므로, 보수실시여부 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	정비, 실란트충진
2	정기안전점검 (하반기)	㈜명성 엔지니어링	449	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))사면은 사면부 식생공 및 낙석방지망 시공되어있고, 하부 낙석방지울타리, 옹벽-L형이 설치되어 있다. 보호·보강공의 상태는 양호한 상태이다. 현재, 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 실란트파손, 파손, 토사 및 폐기물적치, 1단 사면 토사퇴적, 2단 자연사면 수목전도가 일부 조사되었다. 해당 손상에 의한 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 강우시 손상이 진전될 수 있으므로, 보수실시여부 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	정비, 실란트충진, 단면보수
3	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	449	- 사면 토사퇴적 - 2단 자연사면 수목전도 - 소단배수로 폐기물적치, 토사퇴적, 실란트 파손, 파손
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	정비, 실란트충진, 단면보수 등

1.2.3 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 1.2.2】 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.	

1.2.4 시설물 보수 이력

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

【표 1.2.3】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

1.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

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

【표 1.2.4】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용	-	-

1.3 현장조사 및 시험

1.3.1 현황 및 특성

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

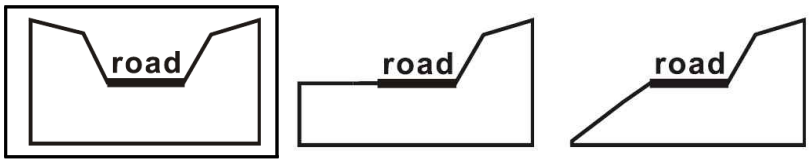
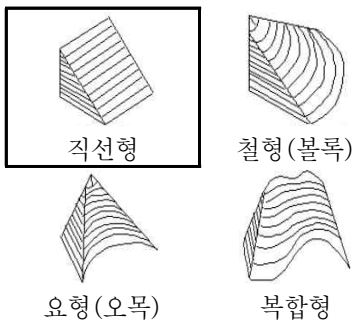
가. 일반현황 조사결과

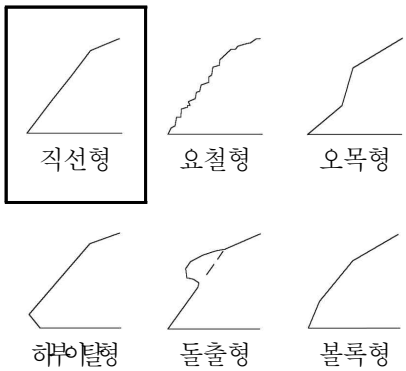
【표 1.3.1】 일반현황 조사결과

<table>
<tr><td>조사일자</td><td colspan="2">2022. 10. 21.</td><td>조 사 자</td><td colspan="2">정 지 운</td></tr>
<tr><td>일 기</td><td colspan="2">맑음</td><td>준공년도</td><td colspan="2">2020년 11월 06일</td></tr>
<tr><td>행정구역</td><td colspan="5">경기도 파주시 월롱면 능산리 산 33-16</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위 치</td><td colspan="5">시점 : 37° 49′ 03.0″ 126° 46′ 57.0″</td></tr>
<tr><td colspan="5">종점 : 37° 49′ 07.0″ 126° 46′ 57.0″</td></tr>
<tr><td colspan="5">관리이정 : 26.400 ~ 26.560km(좌)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">절토사면</td><td colspan="3">길 이 : 160.0m</td><td colspan="2">높 이 : 32.8m</td></tr>
<tr><td colspan="5">경 사/경사방향 : 58/087(평균경사 51°)</td></tr>
<tr><td colspan="3">구성물질 : 발파암, 리핑암, 토사</td><td colspan="2">토층심도 : 약 2.8m</td></tr>
<tr><td colspan="5">소 단 : 5개 (폭 1.0m 소단 4개, 폭 3.0m 소단 1개)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">낙석/뜬돌</td><td colspan="3">낙석 존재유무 : 없음</td><td colspan="2">낙석의 양 : -</td></tr>
<tr><td colspan="5">낙석 평균크기 : -
낙석 최대크기 : -</td></tr>
<tr><td colspan="3">뜬돌 존재유무 : 없음</td><td colspan="2">뜬돌의 양 : -</td></tr>
<tr><td colspan="5">뜬돌 평균크기 : -
뜬들 최대크기 : -</td></tr>
<tr><td rowspan="6">절토사면
시공현황</td><td>종 류</td><td colspan="2">위 치</td><td colspan="2">상 태</td></tr>
<tr><td>식생현황</td><td colspan="2">26.400~26.560k</td><td colspan="2">양호</td></tr>
<tr><td>낙석방지울타리</td><td colspan="2">26.430~26.530k</td><td colspan="2">양호</td></tr>
<tr><td>낙석방지망</td><td colspan="2">26.420~26.520k</td><td colspan="2">양호</td></tr>
<tr><td>소단배수로</td><td colspan="2">26.440~26.535k</td><td colspan="2">파손, 토사퇴적 등</td></tr>
<tr><td>점검용 계단</td><td colspan="2">26.400~26.440k, 26.475k</td><td colspan="2">양호</td></tr>
<tr><td rowspan="2">붕괴이력</td><td>유 형</td><td colspan="2">규 모</td><td colspan="2">위 치</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>기 타</td><td>점검로 : ☑유 □무</td><td colspan="2">양호</td><td colspan="2">□보수필요 ☑보수불필요</td></tr>
</table>

나. 사면특성 조사결과

【표 1.3.2】 사면특성 조사결과

<table>
<tr><td rowspan="3">주변지형의 특성</td><td>주변 지형</td><td colspan="4">준산악지형</td></tr>
<tr><td>종단면 형상</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td>기타 특징</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>절토사면의 특성</td><td>종횡단면</td><td colspan="4"> 

종단면특성

</td></tr>
<tr><td rowspan="7">상부 자연비탈면</td><td>경 사 도</td><td colspan="4">33°</td></tr>
<tr><td>인장균열</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>포행흔적</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>수목의 기울어짐</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>인공구조물</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>산마루측구</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>계곡부</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td rowspan="3">식 생</td><td>① 종 류</td><td>초 본</td><td>관 목</td><td>침 엽 수</td><td>활 엽 수</td></tr>
<tr><td>② 밀 도</td><td>하</td><td>하</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>③ 근계특징</td><td colspan="4">천근성 (O), 심근성 ( )</td></tr>
</table>

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 1개의 단일 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

【표 1.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	26.400~26.560	160.0	32.8	절리암반사면	

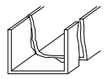
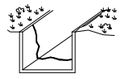
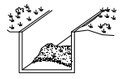
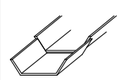
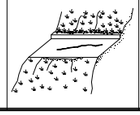
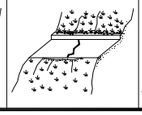
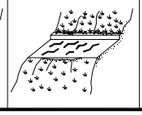
1.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)

절토사면명 : 절토사면(STA.28+720~28+880(좌)) / 관리이정 26.400~26.560km

[방향 : 58/087 , 연장 : 160.0m , 높이 : 32.8m]

사면명	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))
관리이정	STA.26+400~26+560(좌)
연장(m)/높이(m)	160/32.8
사면의경사방향	58/087

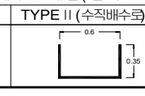
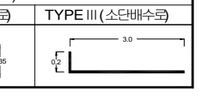
배 수 시 설 손 상 유 형 (T Y P E)

A-배수로파손	B-배수로균열	C-배수로토사퇴적	D-뒷채움토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (종방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로파손
									

범 례

절토사면 / 관리이정 STA.26+400~26+560(좌)

배 수 로 제 원 (단 위 : m)

TYPE Ⅰ (산마루측구)	TYPE Ⅱ (수직배수로)	TYPE Ⅲ (소단배수로)
		

1.3.3 외관조사 결과

절토사면(STA.28+720~28+880(좌))은 고속국도 17호선의 관리이정 26.400~26.560k에 위치하며, 연장 160.0m, 높이 32.8m로 구성물질은 암반사면으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 배수시설 등이 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 상태이다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설, 이격거리내 시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리, 낙석방지망, 점검계단이 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 소단배수로, 산마루측구가 시공되어 있는 것으로 확인되었다.
- 소단배수로는 배수로 내에 토사 및 폐기물이 적치된 상태이며, 일부 구간에서 파손, 실란트 파손이 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	26.430~26.500k 전면 식생상태
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	2단 사면부, 점검계단 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	사면하부(이격부) 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	야생동물울타리 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	도로부, 낙석방지울타리 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	점검계단 전경
원 인	상태양호
대 책	-

【사진 1.3.1】 외관조사 결과 주요현황

<table>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td>현 황 | 26.440~26.500k 토사퇴적, 폐기물 적치
원 인 | 우수로 인한 토사침식, 폐기물 처리 미흡
대 책 | 정비</td>
<td>현 황 | 26.515k 소단배수로 파손
원 인 | 균열부 손상진전
대 책 | 단면보수</td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td>현 황 | 26.520k 소단배수로 실란트 파손
원 인 | 실란트 노후화
대 책 | 실란트 재시공</td>
<td>현 황 | 26.528k 소단배수로 파손
원 인 | 다짐미흡, 배수로 자중, 우수유입
대 책 | 주입보수</td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td>현 황 | 26.535k 2단 수목전도
원 인 | -
대 책 | 정비</td>
<td>현 황 | 26.540k 토사퇴적 및 식생
원 인 | 토사유입
대 책 | 정비</td>
</tr>
</table>

【사진 1.3.1】 외관조사 결과 주요현황(계속)

【표 1.3.4】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	-	-	-	지속관찰	
사면부	수목전도	EA	3	3	정비	
사면하부	상태양호	-	-	-	지속관찰	
부대시설	상태양호	-	-	-	지속관찰	
배수시설	폐기물적치	㎡	10.35	1	정비	
	토사 및 폐기물적치	㎡	124.0	1	정비	
	토사퇴적 및 식생	㎡	16.0	1	정비	
	실란트파손	m	2.0	1	실란트 충전	
	파손	㎡	0.4	2	단면보수	

1.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 1.3.5】 외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	-
사면부	수목전도	정비
사면하부	상태양호	-
배수시설	소단배수로 파손 토사퇴적 및 식생, 폐기물 적치 실란트 파손	단면보수 정비 실란트 충전
부대시설	상태양호	-
결과요약	사면 전면에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 배수시설, 보호시설이 설치된 상태이다. 상부자연사면은 관목류가 발달되어 있으며, 사면부 식생상태가 양호한 상태로 인장균열, 지반변형 등의 파괴징후는 관찰되지 않은 양호한 상태이다. 다만, 소단배수로에 발생한 파손, 토사퇴적 및 폐기물 적치 등의 손상은 강우시 원활한 배수를 위하여 조치가 필요하며, 사면보호/보강시설은 기능발휘에 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.	

나. 전회차 손상물량 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

1.3.5 재료시험

절토사면(STA.28+720~28+880(좌))은 비탈면 분류결과, 절리암반사면으로 판정되었고, 재료시험 및 불연속면 특성조사 등을 실시하여, 다음에 수록하였다.

가. 반발경도시험

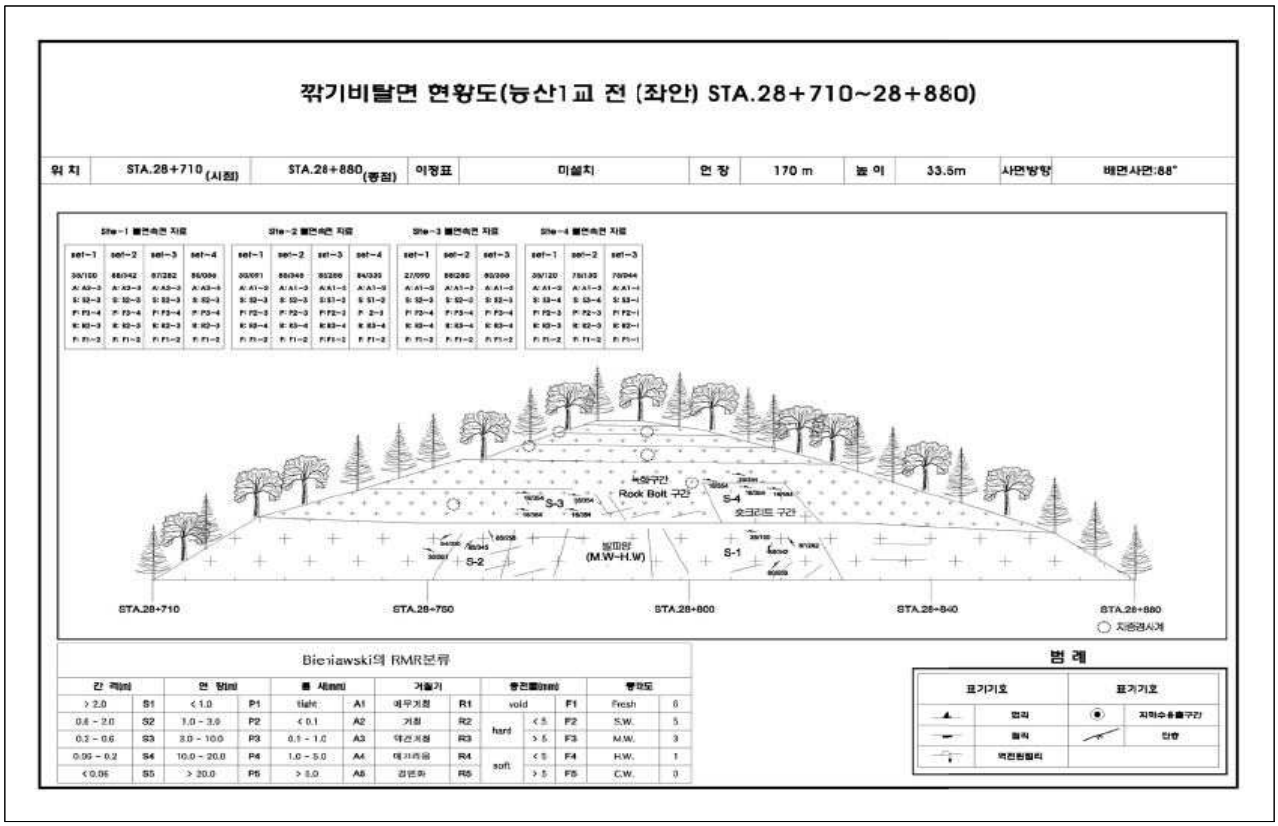
반발경도시험을 통한 암반 판정은 현장조사를 실시한 결과, 사면보호공(Seed Spray, 식생기반 취부공법)으로 인해 노출된 암을 확인할 수 없는 상태로 조사되었다.

사면의 횡단면도를 확인한 결과, 경사도는 1:0.7로 연암인 것으로 확인되었고, 암반강도 판정기준에 의해 70~100Mpa 정도의 일축압축강도를 지니고 있는 것으로 판단된다.

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



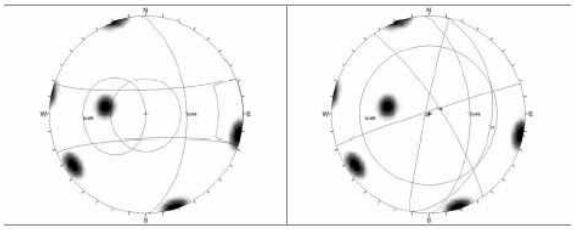
2) 불연속면 조사 결과

(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.

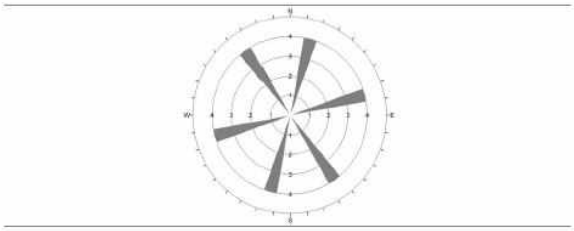
〈표 12.〉 Site-1 불연속면 조사 결과

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 쐐기 파괴 발생 가능성이 있는 것으로 검토되었다.



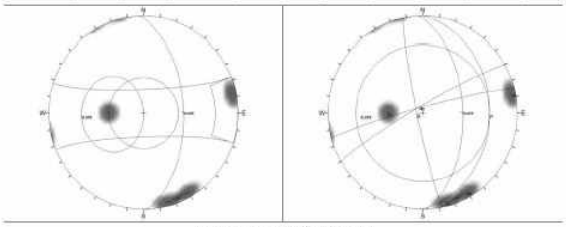
〈그림 17.〉 Site-1 절리분포 현황

(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.

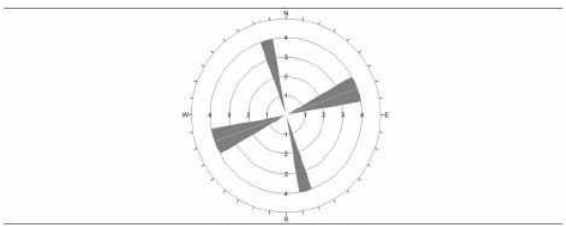
〈표 13.〉 Site-2 불연속면 조사 결과

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.



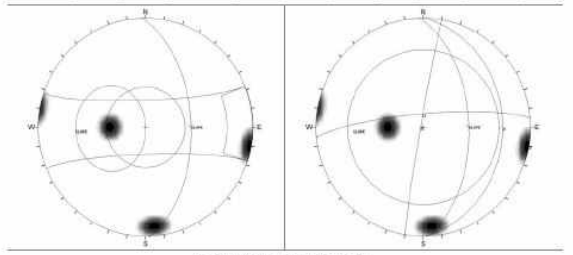
〈그림 19.〉 Site-2 절리분포 현황

(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.

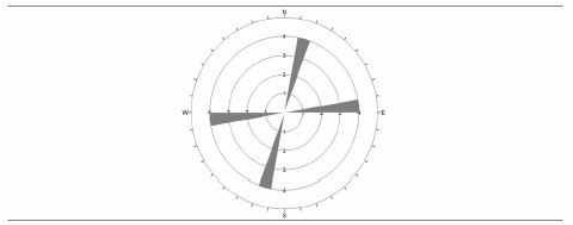
〈표 14.〉 Site-3 불연속면 조사 결과

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.



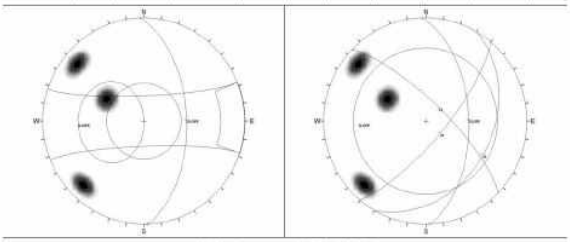
〈그림 21.〉 Site-3 절리분포 현황

(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.

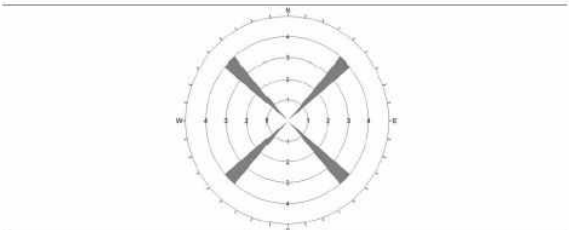
〈표 15.〉 Site-4 불연속면 조사 결과

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 쐐기파괴 발생 가능성이 있는 것으로 검토되었다.



〈그림 23.〉 Site-4 절리분포 현황

다. 토양경도 시험

사면 상부에 존재하는 토사면의 지반상태를 평가하기 위하여 토양경도계(산중식 경도계)를 사용하여 20m 구간별로 총 6개소에 대해 각 10회씩 측정하여 평균하고 토양경도지수를 mm 단위로 나타내었다.

대상 비탈면의 토성은 모래질 실트로 확인되었으며, 최소 14.4, 최대 17.6, 평균 16.0로 조사되어 조밀한 상태로 측정되었다.

【표 1.3.6】 토양경도시험 측정결과

구분	측정위치	측정치(mm)										평균 mm	지반 분류
1	26.420k	17.5	18.1	17.9	13.4	13.5	15.1	16.4	18.9	17.5	17.4	16.6	모래질 실트
2	26.440k	14.2	15.9	17.4	17.9	18.2	15.8	18.5	12.1	15.1	14.5	16.0	모래질 실트
3	26.460k	15.8	14.9	18.4	19.2	18.7	15.9	18.4	18.2	18.5	17.6	17.6	모래질 실트
4	26.480k	13.2	14.9	14.5	13.8	15.4	14.8	13.8	13.4	14.8	15.8	14.4	모래질 실트
5	26.500k	12.5	15.7	14.5	18.4	17.5	14.6	13.2	18.7	14.9	17.9	15.8	모래질 실트
6	26.520k	14.4	15.5	15.9	18.5	16.5	15.1	16.5	15.2	15.7	14.8	15.8	모래질 실트

라. 토층심도 조사

본 사면의 준공도면을 통한 조사결과 토층심도는 약 2.8m 정도인 것으로 확인되었다.

1.4 상태평가

1.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 160.0m의 사면으로서, 지반특성에 따른 사면분류를 실시하였고 외관조사시 실시한 구간분할과 동일하게 단일구간으로 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다.

【표 1.4.1】 사면분할 현황

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	26.400~26.560	160.0	32.8	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 1.4.3]에 수록하였다.

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

【표 1.4.2】 비탈면 분류기준

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>토층심도율</th><th>압축강도</th><th>블록크기비</th><th>주요 파괴유형</th><th>비고</th></tr>
<tr><td colspan="2">토사사면</td><td>> 0.4</td><td>-</td><td>-</td><td>원호, 표층</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">암반
사면</td><td>연약암반사면</td><td rowspan="3">≤ 0.4</td><td>≤10 MPa</td><td>-</td><td>표면, 원호
평면, 쐐기</td><td>제3기층 등</td></tr>
<tr><td>파쇄암반사면</td><td rowspan="2">>10 MPa</td><td>≤ 0.01</td><td>쐐기, 평면
원호, 전도</td><td>단층파쇄대 등</td></tr>
<tr><td>절리암반사면</td><td>> 0.01</td><td>쐐기, 평면
전도, 낙석</td><td>일반암반사면</td></tr>
<tr><td colspan="7">- 토층심도율이 0.2 ~ 0.4일 경우,
혼합 사면으로 규정하여 토사 사면과 암반 사면의 특성을 모두 고려할 필요가 있음</td></tr>
</table>

- 토층심도율(SR)

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

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

- 암반의 블록크기 비(BR)

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

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

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

- 초기점검보고서 내 암반 블록크기

$Ib_1 = 0.369$, $Ib_2 = 0.349$, $Ib_3 = 0.435$

$Ib = \frac{\sum_{i=1}^{3}}{3} = \frac{Ib_1 + Ib_2 + Ib_3}{3} = 0.384$

【표 1.4.3】 비탈면 분류결과

(㎫=10.2kg/㎠)

구 분		분류 기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\,depth}{Slope\,height} = \frac{2.8}{32.8} = 0.085$로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10㎫	-	-	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\,size \in dex}{Slope\,height} = \frac{0.384}{32.8} = 0.012$로 0.01초과	절리암반	

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

1.4.2 상태평가 결과

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

가. 상태평가 조사결과표

【표 1.4.4】 사면 손상상태 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))		표번호	[표 1.4.4]		
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 1.4.5】 사면 파괴요인 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))		표번호	[표 1.4.5]			
1. 지반상태							
일련번호	구 분		상 태		상태점수		비고
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	100° - 087° = 13°		5		
1-6		절리경사-사면경사	35° - 58° = -23°		7		
1-7		절리상태	유리 (절리상태 점수 2.6점)		2		
2. 사면형상							
1-8	절리암반	사면의 경사	평균사면경사 51°		1		
3. 자연적 외부요인							
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	199㎜(파주, 22년6월30일)		4	4	
		지하수위	사면 높이의 1/3		1		
4. 인위적 외부요인							
1-10	절리암반	절취상태	매우 좋음		0		
1-11	배수조건		보통		2		
1-12	보호/보강상태		양호함		0		
조사일시	2022. 10. 21		조사자	정 지 운			

나. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.28로서 평가결과는 “B등급”로 산정되었다.

평가결과에 가장 주된 인자는 사면 절리방향, 경사, 일강우량으로 해당사항에 대해서는 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

【표 1.4.6】 상태평가결과 산정표

시설물명			절토사면(STA.28+720~28+880(좌))				표번호
근거표번호			[표 1.4.4], [표 1.4.5]				[표 1.4.6]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상상태	파괴징후	① 인장균열 ② 지반변형 ③ 구조물변형	0 0 0	a a a	0	f1=0.00	a
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향 ⑥ 절리경사-사면경사 ⑦ 절리상태	5 7 2	d e b	21	f2=0.40	c
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	4	e			
	인위요인	⑩ 절취상태 ⑪ 배수조건 ⑫ 보호/보강 상태	0 2 0	a c a			
합계(Σ)					21	F=0.28	B
상태평가결과		◦손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 = a등급 ◦파괴요인지수(f2) : 21 / 52 = 0.40 = c등급 ◦상태평가등급(F) : 21 / 76 = 0.28 = B등급					

다. 공중이 이용하는 부위

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

1.5 종합평가 및 안전등급 지정

1.5.1 종합평가 결과

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

【표 1.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표				
시설물명	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))		표 번 호	【표 1.5.1】
평가구분	결함지수	평가결과	비 고	
상태평가	0.28	B	근거표번호	【표 1.4.6】
안전성평가	해당없음			
종합평가	0.28	B	최저등급 적용	
종합평가결과	**절토사면의 종합평가 결과 : B**			

1.5.2 안전등급 지정

【표 1.5.2】 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	

1.6 보수·보강 및 유지관리방안

1.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 1.6.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
상부자연사면	상태양호	-	-	-	-	-	-	-
사면부	상태양호	-	-	-	-	-	-	-
사면하부	상태양호	-	-	-	-	-	-	-
부대시설	상태양호	-	-	-	-	-	-	-
배수시설	소단배수로 파손	단면보수	0.4	0.60	㎡	-	-	하자
	실란트 파손	실란트충전	2.0	3.00	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(㎡)으로 산출하였음.

1.6.2 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 1.6.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
배수 시설	· 파손 구간 → 파손부를 통한 우수유입으로 하부 토사유실 등의 2차 손상의 우려가 있으므로 원활한 배수를 위하여 보수 필요.	
	· 토사퇴적 및 폐기물 적치 구간 → 강우시 원활한 배수를 위하여 손상부에 대한 정비가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상 발생 방지를 위한 유지관리가 필요	
보호 시설	· 점검계단 식생 → 원활한 점검 및 유지관리를 위해 식생에 대한 정비가 필요	

1.7 종합결론

1.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 대상 시설물은 고속국도 17호선 상에 위치한 2종 절토사면으로서 금회 현장조사를 통한 사면의 상태를 종합적으로 평가한 결과는 다음과 같다.
- 외관조사 결과, 사면 전면에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 배수시설, 보호시설이 설치된 상태이다. 상부자연사면은 관목류가 발달되어 있으며, 사면부 식생상태가 양호한 상태로 인장균열, 지반변형 등의 파괴징후는 관찰되지 않은 양호한 상태이다. 다만, 소단배수로에 발생한 파손, 토사퇴적 및 폐기물 적치 등의 손상은 강우시 원활한 배수를 위하여 조치가 필요하며, 사면보호/보강시설은 기능발휘에 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 토양경도시험 결과, 지반분류는 모래질 실트로 확인되었으며, 최소 14.4, 최대 17.6, 평균 16.0mm로 조사되어 조밀한 상태로 확인되었다.
- 대상 사면은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.28로서 평가결과는 “B등급”으로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 사면 절리방향, 경사, 일강우량으로 해당사항에 대해서는 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “B등급”으로 지정하였다.

1.7.2 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 사용제한 등의 조치는 필요치 않는 것으로 판단된다.

1.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 손상부에 대한 일부 조치 및 주기적인 점검을 통해 손상진전 및 현황관리가 필요하다.
- 점검계단 식생에 대해서는 원활한 유지관리를 위하여 정비가 필요하다.

1.7.4 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.

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 2종 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	-			

2.1.2 위치도 및 전경사진

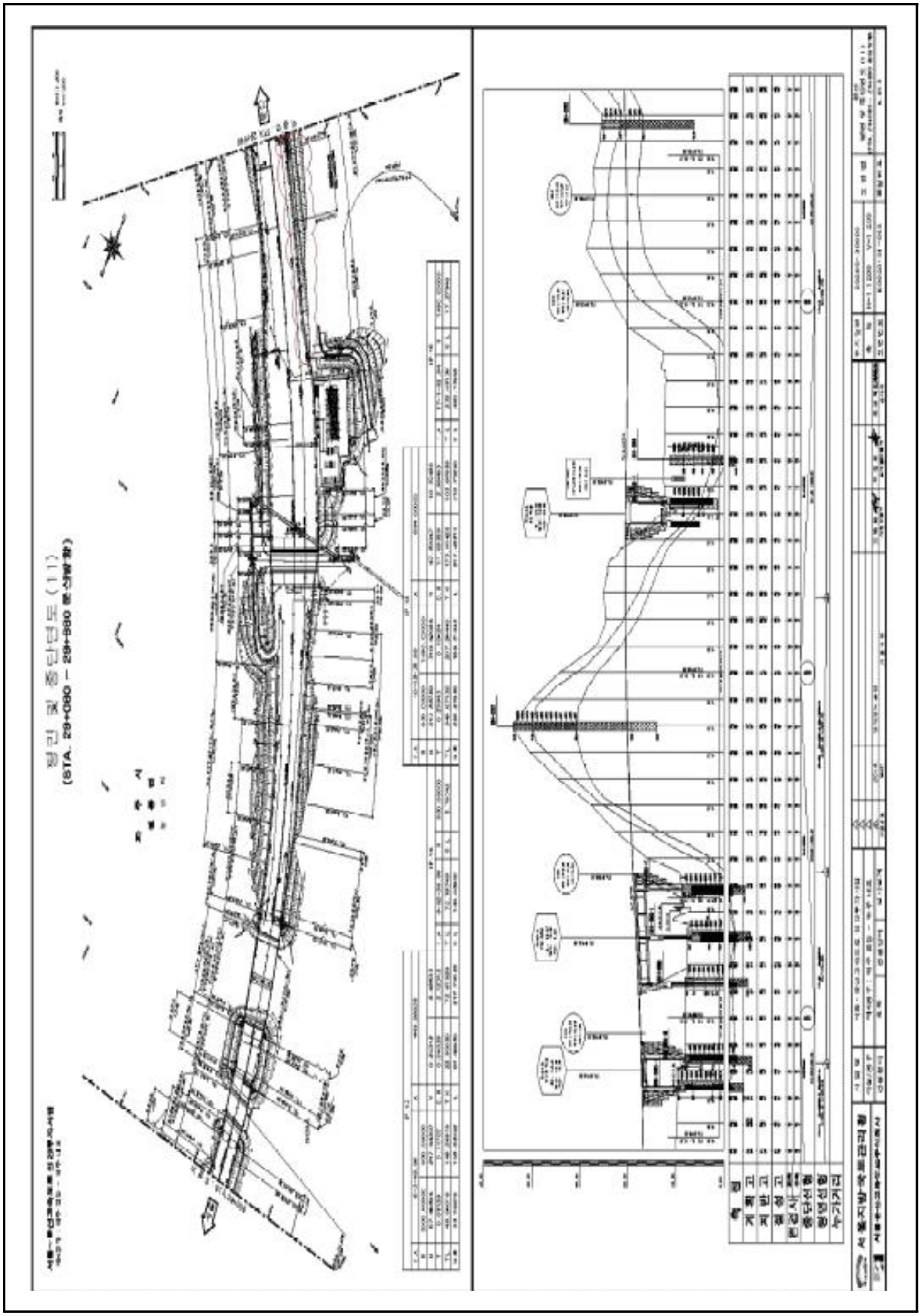
【그림 2.1.1】 위치도

【그림 2.1.2】 전경사진

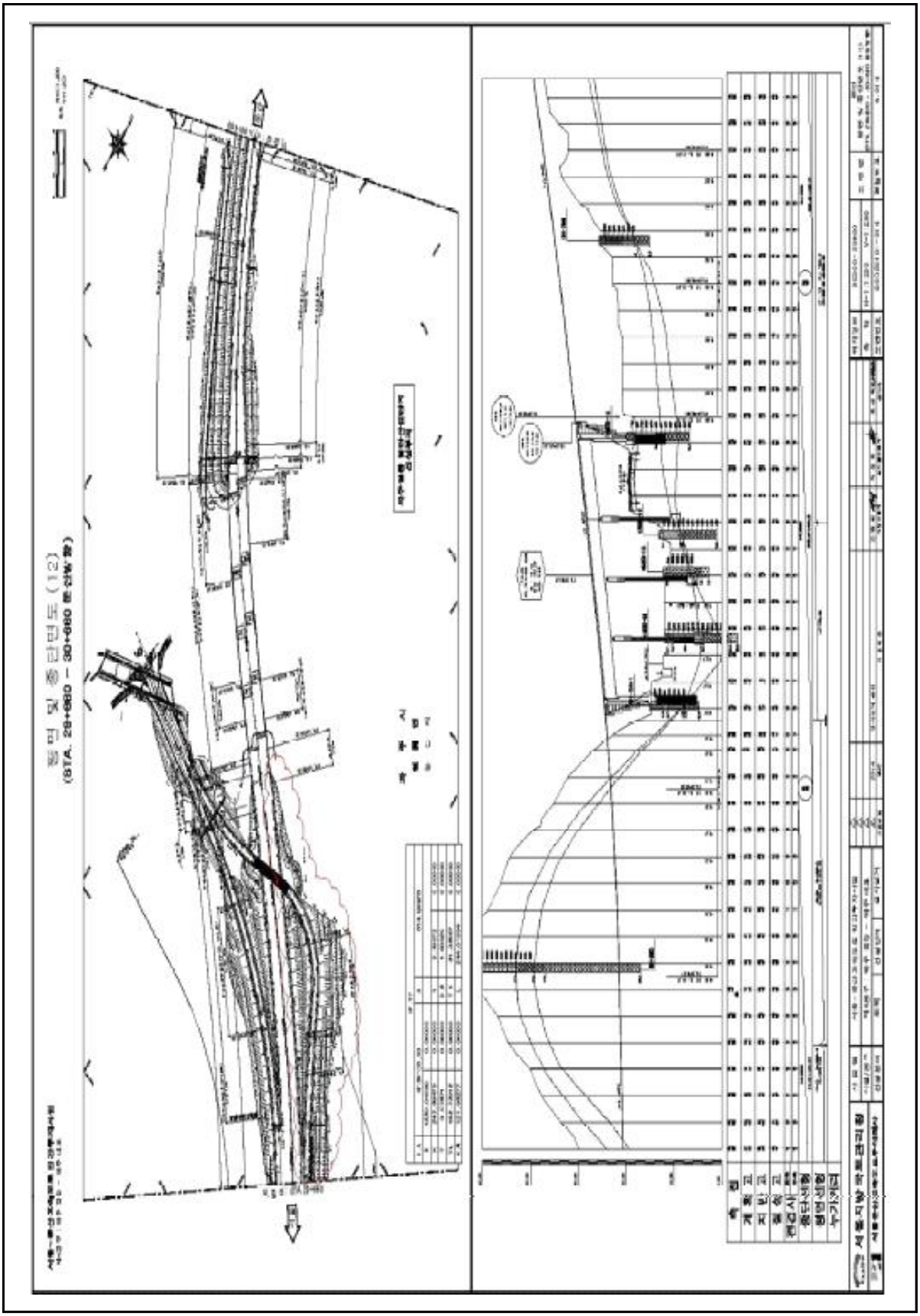
1소단 배수로 전경	하부 전경
산마루측구 전경	상부자연사면 전경
야생동물울타리 전경	낙석방지울타리 전경

【그림 2.1.3】 부재별 현황

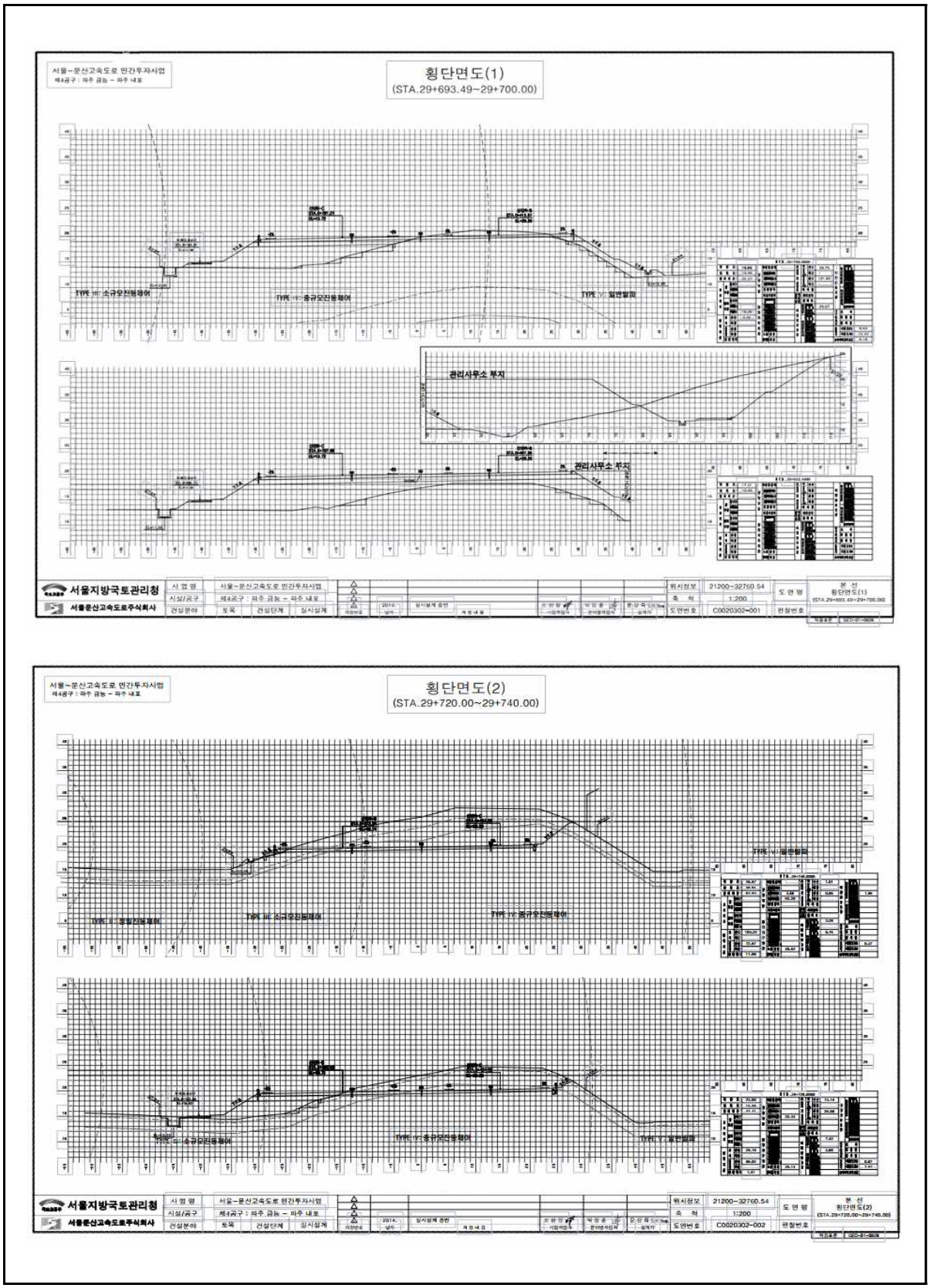
2.1.3 시설물 일반도



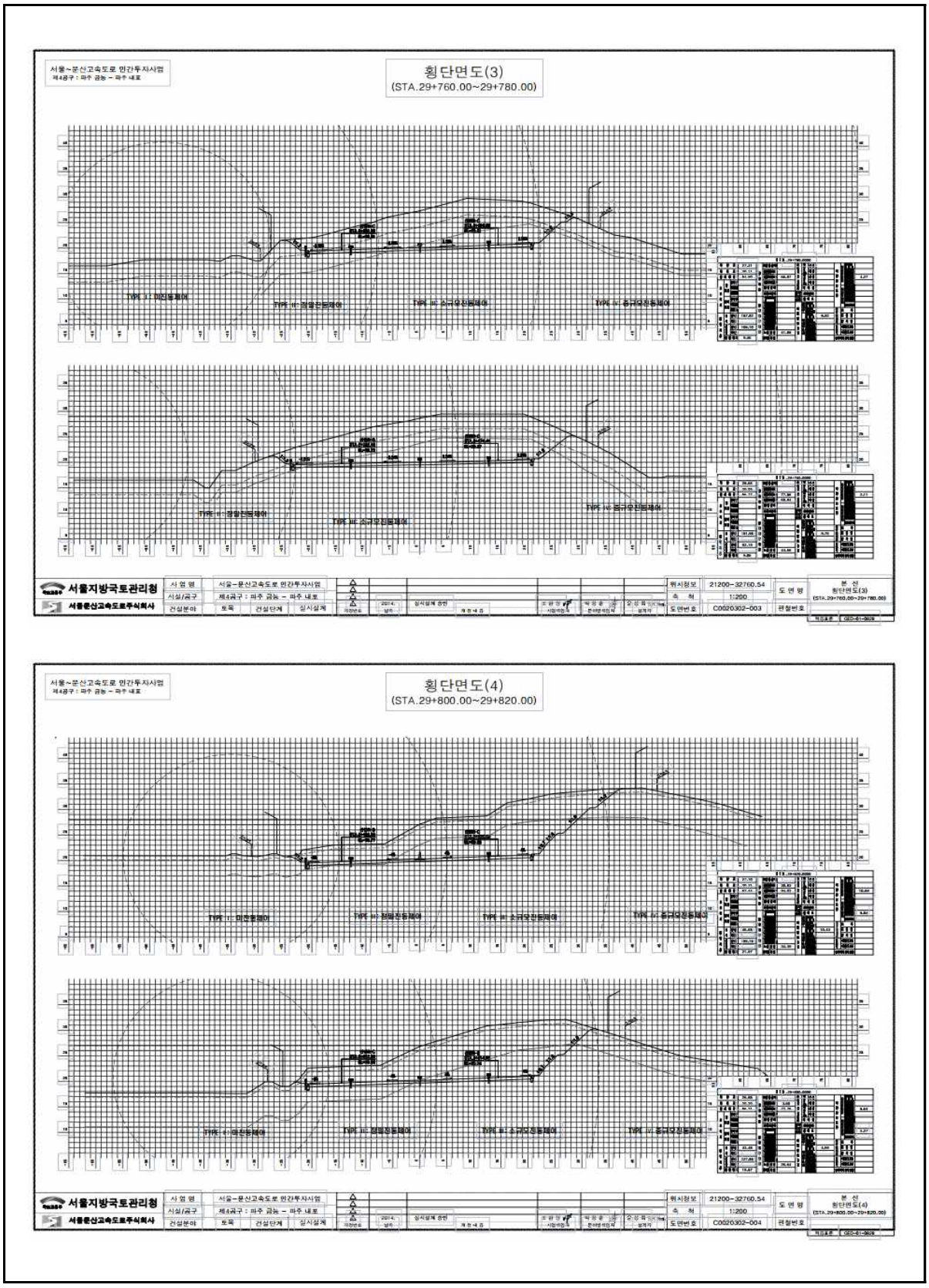
【그림 2.1.4】 평면도(1)



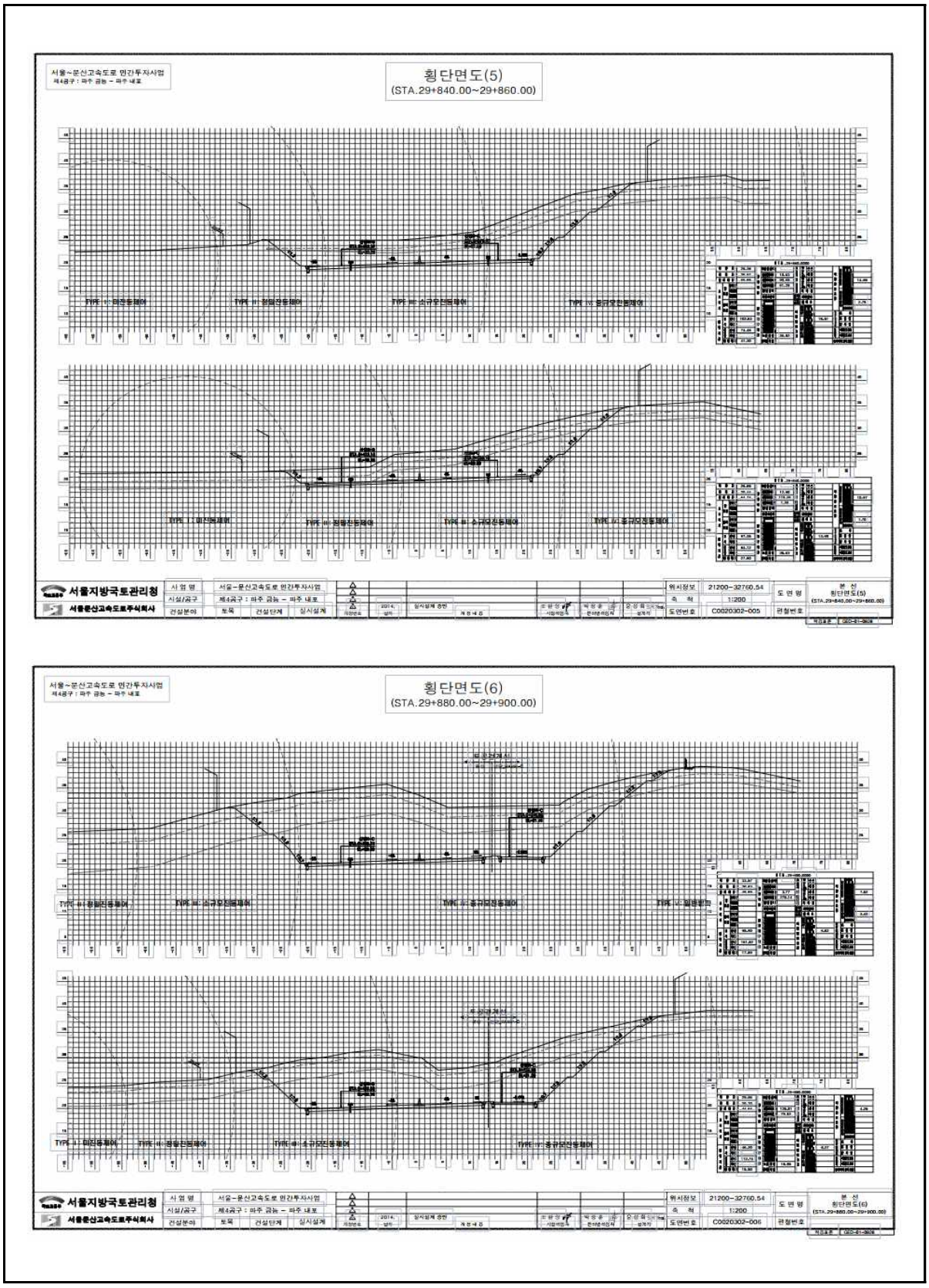
【그림 2.1.5】 평면도(2)


횡단면도(1)
(STA.29+693.49~29+700.00)
관리사무소 부지
횡단면도(2)
(STA.29+720.00~29+740.00)

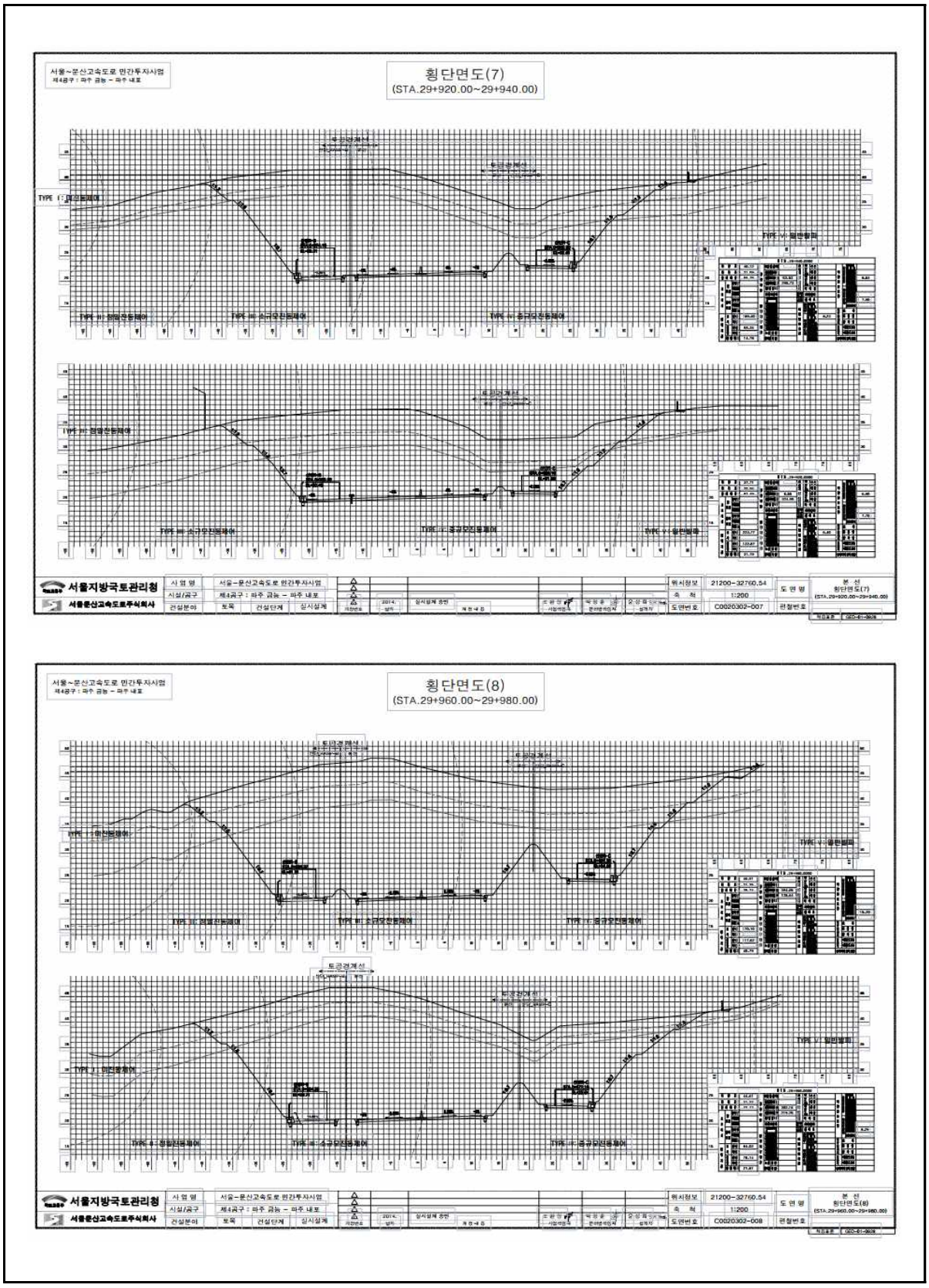
【그림 2.1.5】 횡단면도(1)


횡단면도(3)
(STA.29+760.00~29+780.00)
횡단면도(4)
(STA.29+800.00~29+820.00)
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사

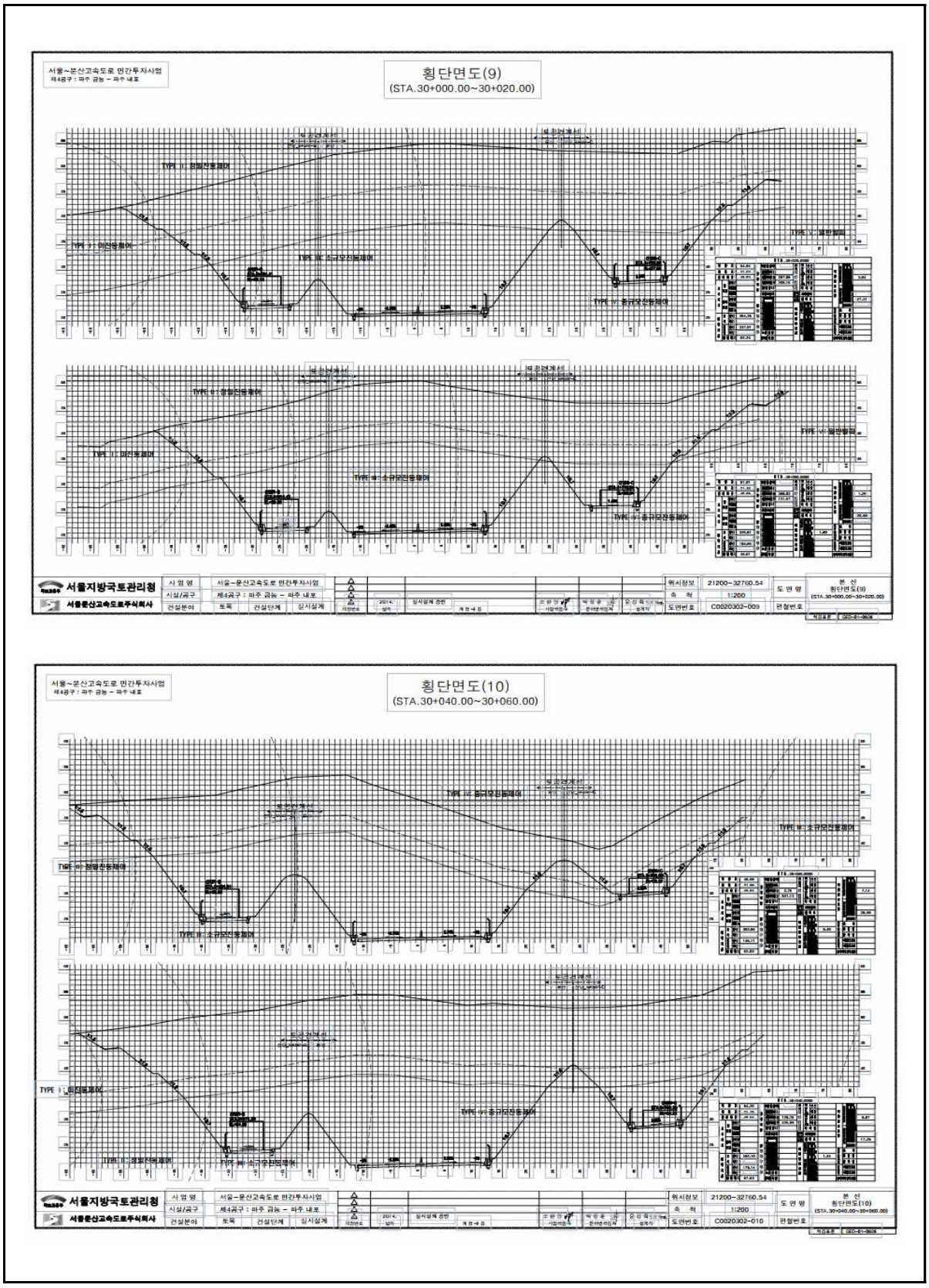
【그림 2.1.6】 횡단면도(2)


횡단면도(5)
(STA.29+840.00~29+860.00)
횡단면도(6)
(STA.29+880.00~29+900.00)
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사

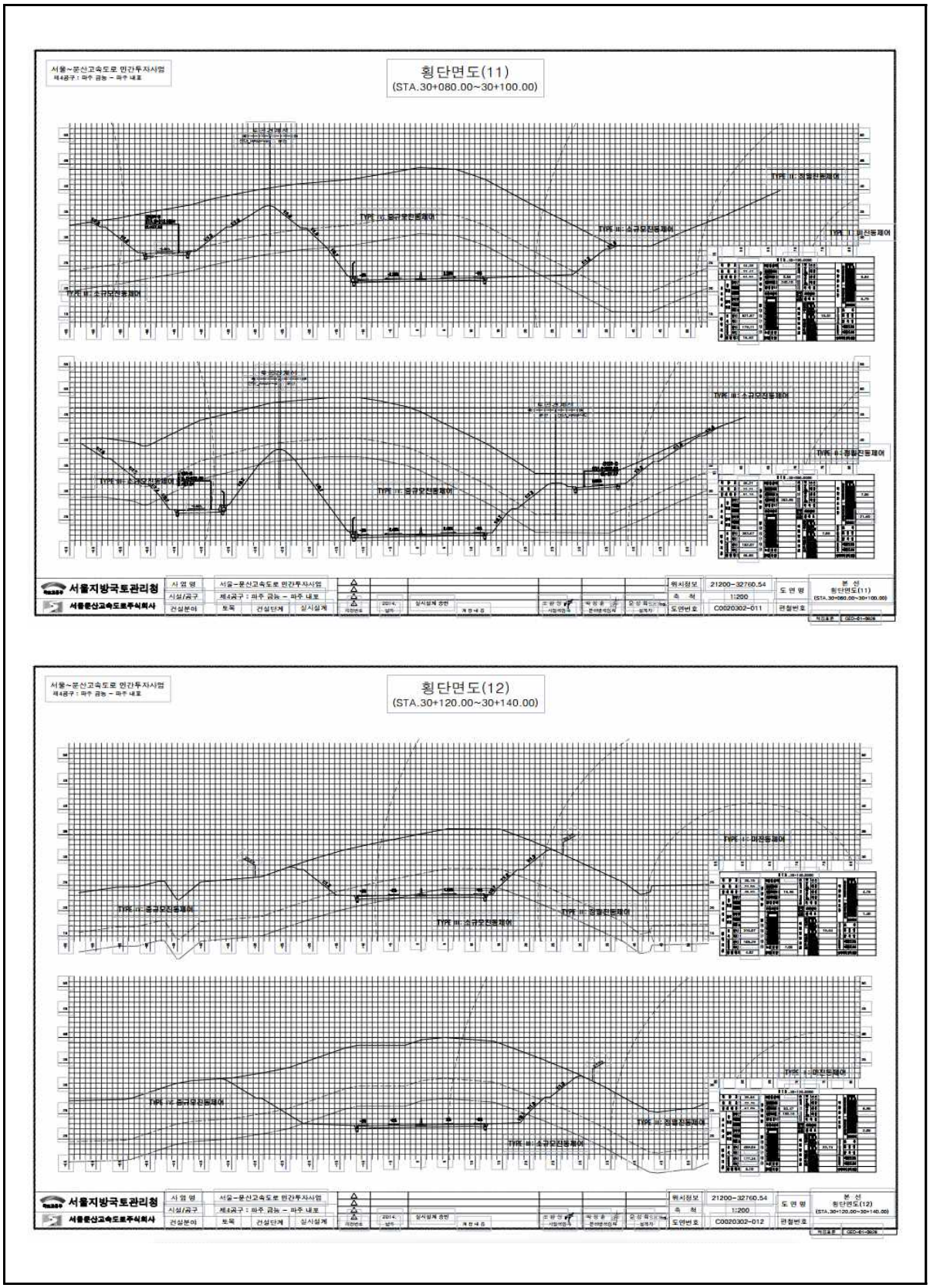
【그림 2.1.7】 횡단면도(3)


횡단면도(7)
(STA.29+920.00~29+940.00)
횡단면도(8)
(STA.29+960.00~29+980.00)
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사

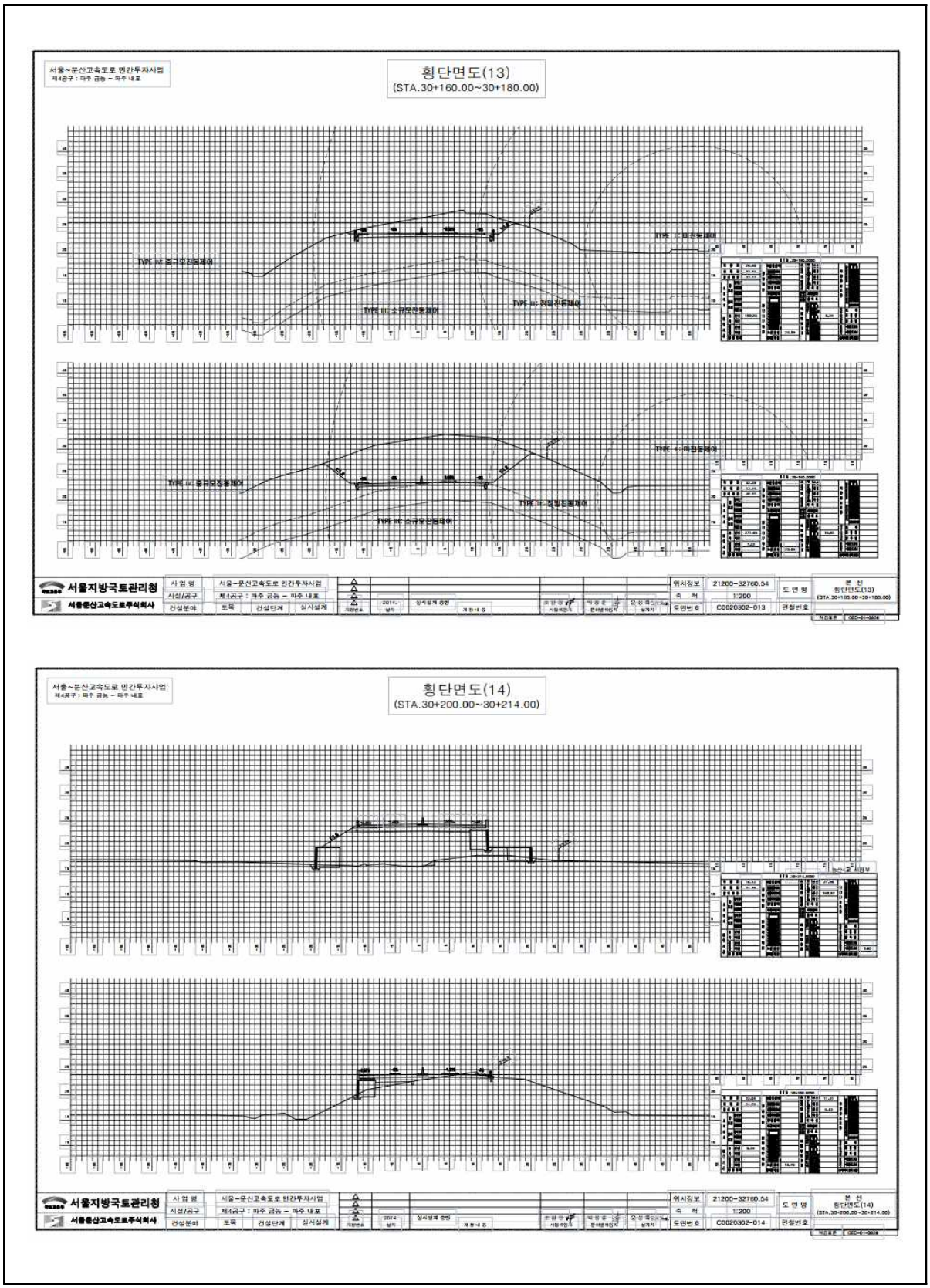
【그림 2.1.8】 횡단면도(4)


횡단면도(9)
(STA.30+000.00~30+020.00)
횡단면도(10)
(STA.30+040.00~30+060.00)
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사

【그림 2.1.9】 횡단면도(5)



【그림 2.1.10】 횡단면도(6)



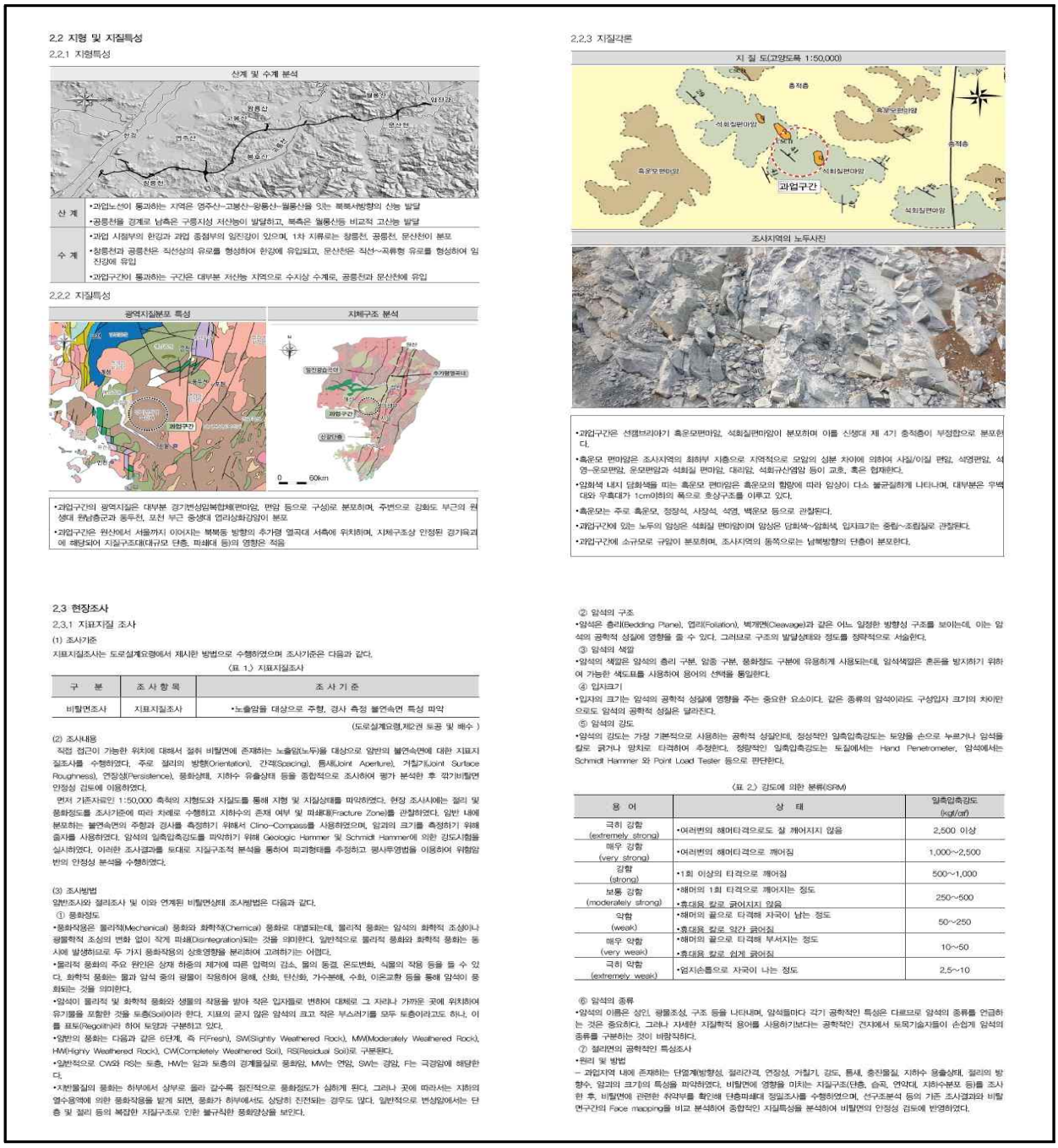
【그림 2.1.11】 횡단면도(7)

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

산계 및 수계 분석

산 계	•과업노선이 통과하는 지역은 영주산~고봉산~왕릉산~월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산능 비교적 고산능 발달
수 계	•과업 시점부의 한강과 과업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 직선상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 직선~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •과업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

2.2.2 지질특성

광역지질분포 특성 / 지체구조 분석

•과업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 강화도 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 옌리상화강암이 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

지 질 도(고양도폭 1:50,000)

조사지역의 노두사진

•과업구간은 선캠브리아기 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.

•암화석 내지 담화석을 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 일반의 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 깍기비탈면 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. 일반 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

일반조사와 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.

•일반의 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 흔른을 방지하기 위해 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/cm²)
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

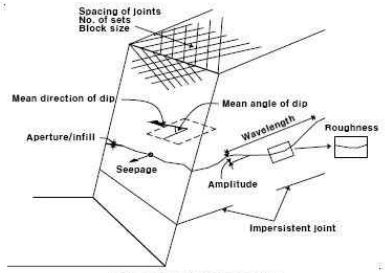
⑥ 암석의 종류

•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, 충진물질, 지하수 용출상태, 절리의 방향수, 암괴의 크기)의 특성을 파악한다. 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(Persistance)

– 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			

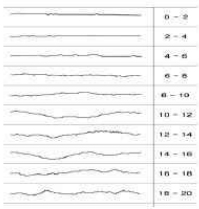
•절리 거칠기 (Roughness)

– 불연속면의 거칠기는 평균 평면에 대한 불연속면에 나타나는 작은 규모의 요철(uneveness)이나 큰 규모의 만곡(waviness)으로 정의된다. 실제에 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 본문 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 Features (폐쇄형)	1~10cm	Very Wide	Open Features (개방형)
0.1~0.25mm	Tight				
0.25~0.5mm	Partly Open		10~100cm	Extremely Wide	
0.5~2.5mm	Open	Gapped Features (틈새형)			
2.5~10mm	Moderately Wide		〉 1m	Cavernous	
〉 10mm	Wide				

•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 압축압축강도는 Schmidt Hammer시험이나 긁기 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	압축압축강도 (kgf/cm2)
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 충진하고 있는 물질을 말하며, 모암 보다는 일반적으로 강도가 약한 경우가 많다. 일반적으로 충진물질은 모래, 점토, 녹니석, 실트 등이며 충적토, 압쇄암, 단층각력암 등이나 벽면을 얇게 피복하는 광물 등도 포함된다.

– 단단한 광맥(방해석, 석영, 황철광 등)으로 충진된 경우를 제외하고는 일반적으로 깨끗한 면의 불연속면보다는 전단강도가 낮다. 그리고 충진된 불연속면의 거동은 간극에 대립하여 충진된 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)

– 일반에 교차되어 나타나는 불연속면군의 수는 암반의 외관이나 역학적 거동에 상당한 영향을 준다. 매우 조밀한 간격을 갖는 많은 수의 불연속면군이 나타나는 비틸면의 파괴형태는 평면형이나 전도형 파괴에서 회전형이나 원형파괴로 변화될 수 있다.

〈표 10.〉 절리군의 표현방법

구 분	설 명	구 분	설 명
I	• 괴상(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

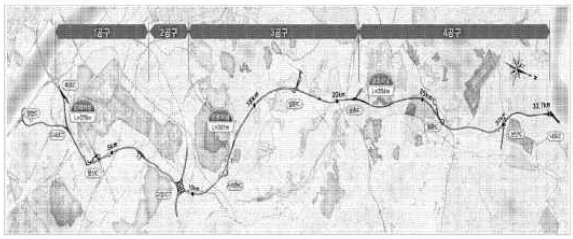
1.1 조사목적

사 업 명	• 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계
사 업 목 적	• 사업구간에 대한 최적설계와 시공에 필요한 지반공학적 정보 제공 • 터널설계 및 지보패턴 선정을 위한 암반등급 산정 • 교량 기초설계와 비탈면 안정해석을 위한 지반자료 제공 • 조사된 자료를 종합·분석하여 경제적이고 효율적인 설계 및 시공을 위한 자료 제공

1.2 조사위치

사업위치	• 경기도 고양시 덕양구 강매동(덕양구 덕은동) ~ 경기도 파주시 문산읍 내포리

구 분	구 간(STA.)	연 장	비 고
1공구	0+000~7+260	• 본선 7.3km, 지선 2.0km	• 지선, 현천IC, 북로JCT, 도내JCT
2공구	7+260~9+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	• 월롱IC, 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	-	-
현장조사 및 시험	물리탐사	2012. 05	2012.10 ~ 11	-	-
	시추조사	2012. 03 ~ 06	2012. 10 ~ 12	2013. 02 ~ 05	2014. 06 ~ 08
	현장시험	2012. 03 ~ 07	2012. 10 ~ 12	2013. 02 ~ 04	-
	실내시험	2012. 06 ~ 07	2012. 11 ~ 12	2013. 04 ~ 05	-
성과분석 및 보고서 작성		2012. 07 ~ 2014. 09			

1.4 조사장비

조 사 항 목		조 사 장 비
지표지질조 사	지표지질조사	• Clinocompass, Profile gauge, Schmidt hammer
	선구조분석	• Landsat-5 TM & DEM • 항공사진
물리탐사	전기비저항탐사	• SAS4000(ABEM, 스웨덴)
	탄성파탐사	• TERRALOCMK6(ABEM, 스웨덴)
현장조사 및 시험	시추조사	• 유압식 시추기 및 부속장비 1식
	SPT효율시험	• Foundation Pile Diagnostic System-5
	현장투수시험	• 줄자, Stop Watch
	수압시험	• Single Packer, 유량계, Stop Watch, 부대장비
	공내재하시험	• Goodman Jack/Elastometer-2/LLT
	공내전단시험	• BST(Handy Geotechnical Ins. Co, 미국)
	공내영상촬영	• Geologger-3 OBI System(OYO, 일본)
	하향식탄성파탐사	• TERRALOCMK6(ABEM, 스웨덴)
	S-PS검층	• Suspenson PS Logger 3660A(OYO, 일본)
	밀도검층	• Micro Logger (Robertson, 영국)
실내시험	토질시험	• 시험기 1식
	암석시험	• 시험기 1식

물리탐사

현장시험

공내검층

실내시험

1.1 토질의 분류 및 기재방법

• 흙의 공학적 특성을 파악하여 토질설계의 기초 자료로 활용

○ 개 요

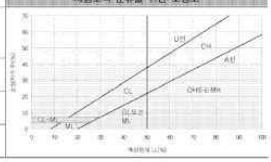
흙의분류	• 흙의 공학적 분류는 1차 분류 수행 후, 최종적으로 통일분류법(USCS)을 기준으로 분류
기재방법	• 시추주상도의 지층구분은 통일된 기호를 사용하고 N값은 사질토의 상대밀도 및 점성토의 연경도를 추정하는데 사용
기술내용	• 지층상태는 매립층, 전답층, 붕적층, 충적층, 풍화토, 풍화암으로 지층 구분 • 함수상태는 건조(Dry), 습윤(Moist), 젖음(Wet), 포화상태(Saturated)로 구분 • 색조는 흑, 갈, 홍, 적, 황색등에 담(연한)과 암(진한)의 접두어를 사용

1.1.1 토질의 분류방법

○ 육안관찰에 의한 분류방법(구조물기초 설계기준, 2008)

구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓을 건 조 상 태	손 윤 상 태	습윤상태에서 손가락으로 끈모양으로 굴때
모 래 (Sand)	• 개개입자의 크기가 판별될 수 있는 입상을 보임 • 건조 상태에서 흩어내림	• 덩어리로 되지 않고 흐트러짐	• 덩어리지나 가볍게 건드리면 흐트러짐	• 끈모양으로 꼬아지지 않음
실트섞인 모래 (Silty Sand)	• 입상이나 실트, 점토가 섞여서 약간 점성 있음 • 모래질의 특성 우세함	• 덩어리지나 가볍게 건드리면 흐트러짐	• 덩어리지며 조심스럽게 다루면 부서지지 않음	• 끈모양으로 꼬아지지 않음
모래섞인 실트 (Sandy Silt)	• 적당량 세립사와 소량의 점토를 함유하고 실트 입자 50% 이상 • 건조되면 덩어리가 쉽게 부서져서 가루가 됨	• 덩어리지며 만져도 부서지지 않음 • 부서지면 밀가루와 같은 감촉	• 덩어리지며 자유롭게 다루어도 부서지지 않음 • 물을 부으면 서로 엉킴	• 끈모양으로 꼬아지지 않으나 작게 끊어지고 부드럽고 약간의 점성 있음
실 트 (Silt)	• 세립사와 점토 함량이 극소량이고 실트입자 함량이 80% 이상 • 건조되면 덩어리나 쉽게 부서져서 밀가루 감촉의 가루로 됨	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 물에 젖으면 엉킴	• 완전히 꼬아지지는 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아지고 부드러움
점 토 (Clay)	• 건조되면 아주 딱딱한 덩어리의 상태로 됨 • 건조 상태에서 잘 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 찰흙 상태로 됨	• 길고 얇게 꼬아지며, 점성 큼

○ 통일분류법

주 요 구 분			기호	대표적인 흙	분 류 기 준		
조립토 (Coarse-Grained Soil)	자갈 #4체(4mm)에 50% 이상 남음	세립분이 약간 또는 거의 없는 자갈	GW	• 입도분포가 좋은 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음	세립분의 함유율에 의한 분류 :	Cu > 4 (Cu=D_{60}/D_{10}) 1<Cg<3 (Cg=$(D_{30})^2/(D_{10}\times D_{60})$)	
			GP	• 입도분포가 나쁜 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음		GW의 조건이 만족되지 않을 때	
		세립분을 함유한 자갈	GM	• 실트질의 자갈, 자갈·모래·실트의 혼합토	200번체 통과율이 5%이하인 경우 GW, GP, SW, SP	Atterberg 한계가 A선 밑 또는 소성지수가 4이하	소성지수가 4~7이면서 Atterberg 한계가 A선 위에 존재 할 때는 2중 문자로 표시
			GC	• 점토질의 자갈, 자갈·모래·점토의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 위 또는 소성지수가 7이상	
#200체(0.075mm)에 50%이상 남음	모 래 (Sand) #4체(4mm)에 50% 이상 통과	세립분이 약간 또는 거의 없는 모래	SW	• 입도분포가 좋은 모래 또는 자갈질의 모래, 세립분은 약간 또는 없음	200번체 통과율이 12%이상인 경우 GM, GC, SM, SC	Cu > 6 1< Cg <3	
			SP	• 입도분포가 불량한 모래 또는 자갈질 모래		SW의 조건이 만족되지 않을 때	
		세립분을 함유한 모래	SM	• 실트질의 모래, 모래와 실트의 혼합토	200번체 통과율이 5~12%인 경우 2중 문자로 표시	Atterberg 한계가 A선 밑에 있거나 소성지수가 4 이하	소성지수가 4~7이면서 Atterberg 한계가 A선 위에 존재 할 때는 2중 문자로 표시
			SC	• 점토질의 모래, 모래와 점토의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 밑에 있거나 소성지수가 7 이상	
세립토 (Fine-Grained Soil) #200체(0.075mm) 50%이상 통과	액성한계 50% 이하인 실트나 점토		ML	• 무기질의 실트, 매우 가는 모래, 암분, 소성이 작은 실트질의 세사나 점토질의 세립사	• 소성도(Plasticity Chart)는 세립토에 함유된 세립분과 세립토를 분류하기 위해 사용 • 소성도의 빗금친 곳은 2중 표기		
			CL	• 소성이 중간값 이하인 유기질 점토, 자갈질 점토, 모래질 점토, 실트질 점토			
			OL	• 소성이 작은 유기질 실트 및 점토	세립토의 분류를 위한 소성도		
	액성한계 50% 이상인 실트나 점토		MH	• 무기질 실트, 운모질 또는 규소의 세사 또는 실트질 흙, 탄성이 큰 실트			
			CH	• 소성이 큰 무기질 점토, 탄성이 큰 점토			
			OH	• 탄성이 중간값 이상인 유기질 점토			
고유기성 흙			Pt	• 이탄 및 그 밖의 유기질을 많이 함유한 흙			

1.2 암반의 분류 및 기재방법

- 일반적으로 연암, 보통암, 경암으로 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 제시한 "공학적 목적을 위한 암석시료의 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(연함), 암(진한)의 명암 및 혼색의 서술용어를 사용
- 강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류

1.2.1 암반의 분류방법

기본방향

- 지반조사시 암반의 분류는 TCR, RQD, 시추 굴진상태 및 시추 굴진속도, 풍화상태를 관찰하여 시추주상도에 기재하고, 한국도로공사의 분류기준을 참고로 하여 풍화암, 연암, 보통암, 경암으로 구분
- 토공의 작업성(리퍼빌리티)에 의거한 분류는 토사, 리핑암, 발파암으로 구분

○ 토공작업 리퍼빌리티에 따른 암반의 분류(도로설계편람, 2012)

구 분		토 공 작 업		
		토 사 (도저)	리 핑 암	발 파 암
표준관입시험 (N값)		50/10 미만	50/10 이상	-
불연속면의 발달 빈도	BX 크기	-	TCR=5% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=5~10% 이상이고 RQD=0~5% 이상
	NX 크기	-	TCR=20% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=20% 이상이고 RQD=10% 이상
탄성파속도	A그룹 암종	700m/sec 미만	700~1,200m/sec 미만	1,200m/sec 이상
	B그룹 암종	1,000m/sec 미만	1,000~1,800m/sec 미만	1,800m/sec 이상

주) · A그룹 암종 : 편마암, 사질편암, 석회암, 사암, 응회암, 역암, 화강암, 안산암 · B그룹 암종: 흑색편암, 녹색편암

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

기본방향

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

○ 국내의 암반분류 기준

구 분	분류목적	분류요소	주 요 내 용	비 고
도로설계편람	토 공	• 탄성파속도 (자연암석) • 내암강도 • 암석종류	• 암석의 꺾기 난이도를 기준으로 분류 • 일축압축강도에 의한 암종별 특성치 범위 규정	국토교통부 (2012)
용역협회기준	시 추 암석분류	• 탄성파속도 • 일축압축강도	• 시추주상도상의 암석종류 기재시 탄성파속도 및 일축압축강도에 의한 분류	한국엔지니어링 진흥협회 (2004)
서 울 시	토목공사	• TCR, RQD • 일축압축강도 • 절리면 간격	• TCR, RQD에 의한 암반분류 • 암종별 일축압축강도 및 절리면 간격 등을 고려한 분류내용 기재	서울시 지반조사편람 (2006)
서울 지하철	터 널	• TCR, RQD • 일축압축강도 • 절리면 간격 • RMR과 연계	• 서울지하철 분류기준에 의하여 TCR, RQD에 의한 암반분류 • 암종별 일축압축강도 및 절리면 간격 등을 고려한 분류내용 기재	서울지하철 9호선 설계기준(안) (1997)
고 속 철 도	터 널	• 일축압축강도 • 탄성파속도 • 변형계수 • 지반강도비 • TCR, RQD • 현장 육안관찰	• RQD 및 일축압축강도 등 개별요소에 의해 암반등급 결정 가능성 제시 • 변형계수 및 지반강도의 범위 제시	고속철도 전문시방서 지반분류 (2006)
한국도로공사	터 널	• RQD, TCR • RMR • Q-System • 탄성파속도 • 일축압축강도	• 기존 암반분류 기준으로 적용, RQD 및 일축압축강도 등 개별요소에 의해 암반등급결정 범위 제시	한국도로공사 암반분류기준 (2005)

2.3 현장조사

2.3.1 시추조사

기본방향

- 지반의 성상을 조사하고 시료의 채취 및 각종 원위치 공내시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료 제공
  - –지반의 수직적 분포상태, 파쇄대 및 단층대 확인, 지반 공학적 특성 파악 및 시료 채취
  - –암질상태, 균열상태, 파쇄구간의 분포 및 암석의 강도정수를 구할 수 있는 시료 확보

○ 방법

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

시 추 작 업 전 경 (BH-30)

시 추 작 업 전 경 (BH-234)

○ 적용현황

- 터널구간은 설계에 필요한 지반상태 파악을 위해 계획고하 0.5D까지 시추
- 교량구간은 기초의 침하에 영향을 주지 않는 심도인 풍화암 7.0m, 연암 3.0m, 경암 1.0m 이상 시추
- 깎기구간은 계획고하 2.0m 까지 시추
- 쌓기구간은 침하에 영향을 주지 않는 30/30이상 3회 또는 풍화암 3.0m 시추

결과활용

- 지층상태 및 지지층 확인, 암반분류, 현장시험 및 채취된 시료를 이용하여 실내 토질 및 암석시험 실시
- 주상도 작성으로 암반분류 및 지보패턴 설계에 활용
- 단면도 작성으로 비탈면 설계에 활용

2.3.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

○ 시험굴조사

기본방향

- 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	시험전경(원지반 상태)
• 시험전 표준사 단위중량을 측정 • 시험장소의 지표면을 정리 후 준비된 굴착도구로 흙을 채취 후 '시험가+모래' 무게를 측정, 시험기를 밑판 위에 밀착시킨 후 밸브를 열어 모래를 자유낙하 시킴 • 모래의 흐름이 멈추면 밸브를 닫고 시험기를 들어내고, 밑판 위의 모래를 쓸어모아 시험기에 담음 • 채취된 습윤토 무게와 '시험기+남은 모래' 무게 측정 • 급속 건조기로 파낸 흙의 함수비를 측정	

결과활용

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

○ 현장밀도시험

기본방향

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

▮ 시험 방법(모래치환법)

- 시험 장소의 지표면을 수평으로 고름
- 지표면에 밑판을 밀착 후 내측의 흙을 팜
- 파낸 흙의 전체중량을 측정함
- 밑판구멍에 깔때기를 맞추어 측정기를 세움
- 밸브를 열고 병 속의 표준사 이동이 멎는 것을 확인한 후 밸브를 잠금
- 측정기와 남은 모래의 중량을 재고 시험 구멍 및 깔때기를 채우는데 필요한 모래의 중량을 구함
- 깔대기를 채우는 데 필요한 모래의 중량을 구하고 시험 구멍의 체적을 구함

○ 적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	깎 기 구 간	쌓 기 구 간	합계
수 량(회)	-	-	3	-	3

결과활용

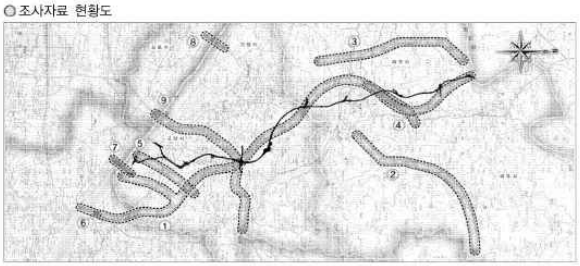
- 다짐특성 파악을 통한 시공단계에서 흙쌓기 다짐관리
- 풍화대의 단위중량 파악
- 토량 환산계수 산정

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 시설사업 지반조사보고서(2007.8)
②	• 조리~법원 도로건설공사 실시설계보고서(2005.12)
③	• 문발~낙하간 도로 확포장공사 일반보고서(2004.9)
④	• 금촌~월롱간 도로 확포장공사 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 민간투자시설사업 지반조사보고서(2007.8)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 시추조사 113공 (터널 15공, 교량 72공, 깎기 6공, 쌓기 12공, 토취장 8공) • 전기비저항 2,000m • 탄성파탐사 6,510m(터널부, 깎기부, 교량부) • 공내영상촬영 7회 • 공내전단시험 8회 • 공내재하시험 34회 • 하향식탄성파탐사 5공 • 절리면전단 6회, 삼축압축 9회, 암유용성 5회	• 토성분류시 대부분 SM으로 나타남(부분적 ML, CL분포) • 하천주변으로 점성토 연약지반 출현(4개 구간) – 층후 : 1.0~3.3m, – 토성 : ML, CL • 창릉천교 지지층 : 연암 GL(–) 15.0~19.4m에 분포 – 기초형식 : 말뚝기초, 현장타설말뚝 • 터널통과구간 암반등급 – 문봉터널 : 2~3등급, 금촌터널 : 2~3등급

1.1.2 인근지역 조사 자료 분석

○ 조리~법원 도로건설공사 실시설계보고서(2005.12)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 시추조사 77공(터널 4공, 깎기 12공, 교량 58공, 쌓기 2공, 토취장 1공) • 시험굴조사 16개소(깎기부 15개소, 토취장 1개소) • 핸드오거보링 22개소(쌓기부) • 탄성파탐사 1,555m(터널부 550m, 깎기부 1,005m) • 전기비저항탐사 720m(터널부) • 공내영상촬영 4회(깎기부) • 공내재하시험 11회(터널부 4회, 교량부 7회) • 공내전단시험 깎기부 5회 • 토질/암석시험 1식	• 토성분류시 대부분 SM으로 나타남(부분적 ML, CL분포) • 대능1교 지지층심도 : 2.5~16.5m – 기초형식 : 강관말뚝기초(시점 교대부 및 본선구간), 직접기초(본선구간 및 종점 교대부) • 깎기/쌓기(10/12개 구간) 비탈면 해석결과 일부 깎기 4개 구간에서 불안정한 것으로 해석됨 • 깎기부 일부구간 무한사면 형성 • 터널통과구간 암반등급 – 호영터널 : 3~5등급

○ 문발~낙하간 도로 확포장공사 일반보고서(2004.9)

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

○ 금촌~월롱간 도로 확포장공사 실시설계 토질조사보고서(2004.2)

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

○ 강매~원흥간 도로 개설공사 실시설계 종합보고서(1999.5)

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

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

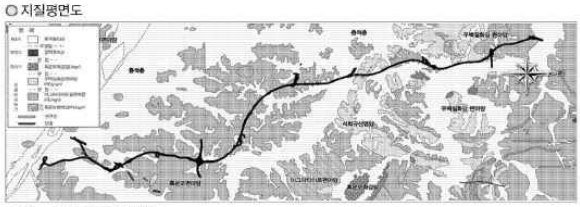
조 사 내 용	분 석 내 용
• 1공구 – 시추조사 123공(교량 104공, 깎기 14공, 성토 5공) • 2공구 – 시추조사 94공(교량 83공, 깎기 11공) – 핸드오기보링 14개소 – 시험굴조사 6개소	• 매립층, 충적층(SC, CL, SM, GM), 풍화대 및 기반암 • 성사2교 지지층심도 : 3.7~9.3m – 기초형식 : 직접기초 • 새말교 지지층심도 : 5.0~9.4m – 기초형식 : 직접기초(교각), 강관말뚝기초(교대) • 벽제교 지지층심도 : 2.3~9.7m –기초형식 : 직접기초

2.2 지표지질조사

2.2.1 지질분포특성 분석

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

○ 지질평면도



○ 분포 암종 및 특성 분석

▮ 흑운모편마암

- 사업구간 대부분 지역에 분포하며, 변성과정에서 생성된 편리가 발달하여 이방성 특성이 있음
  → 편리와 평행한 방향으로 강도는 약하고 변형이 크며, 수직인 방향으로는 강도는 강하고 변형이 적음
- 흑운모편마암은 풍화에 약함 → 편리를 구성하는 유색광물들은 풍화에 취약한 광물임

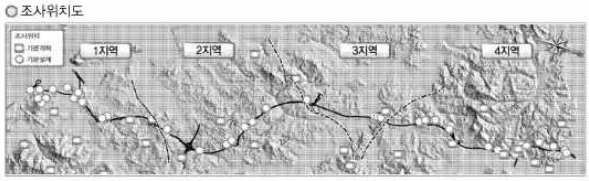
▮ 화강암

- 사업구간 시점 인근지역에 분포하며, 흑운모편마암을 관입
- 암석의 강도가 크고 입자간의 공극이 비교적 작아 하중이 가해지면 탄성변형에 가까운 변형 특성을 보임

2.2.2 절리특성 분석

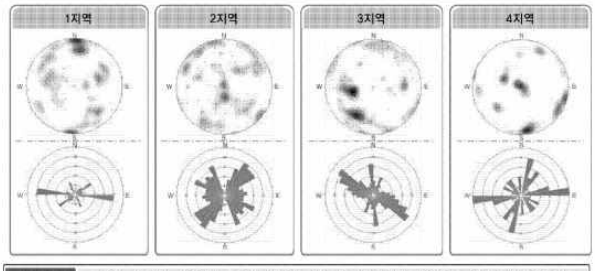
기본방향
- 깎기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악
- 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 거칠기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악

○ 조사위치도



○ 결과분석

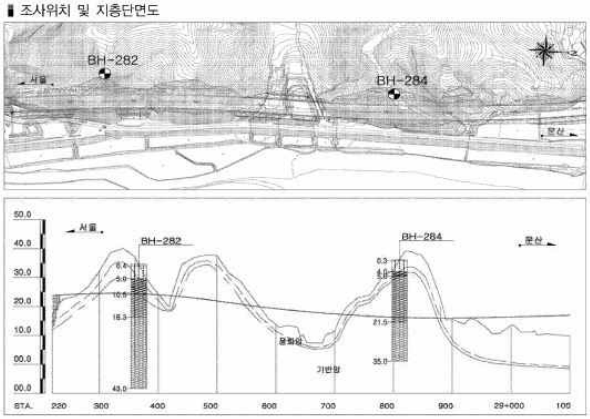
구 분	지형적 특성	지질분포 특성	절리군 특성
1지역 (사업시점~5+600)	• 독립적 산능 발달 • 저산능의 구릉지성산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 고각 및 저각절리 발달 • EW주향 절리 발달
2지역 (5+600~15+500)	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달 • 산간 소계곡부 농경지대 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 호상구조	• 절리의 방향성 다양 • NE 내지 NW주향 절리 발달
3지역 (15+500~27+200)	• 독립적 산능 발달 • 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 35~60 저각절리 우세 • NW주향 절리 발달
4지역 (27+200~사업종점)	• 월롱산 측면부 통과 • 비교적 높은 산능지대 형성	• 흑운모편마암 분포 및 편리 발달 • 주변부 석회규산염암 분포	• 고각절리 우세 • 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 깎기 4-4구간(STA.28+210~29+080) : BH-282, 284

▮조사위치 및 지층단면도



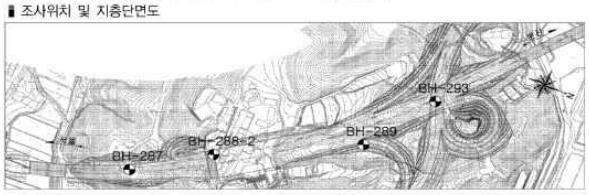
▮지층상태

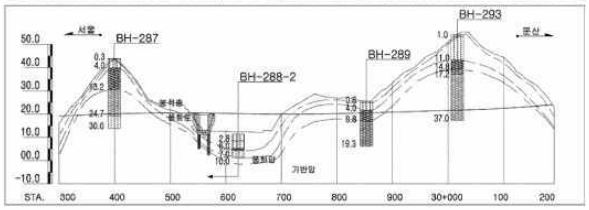
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
표토층	0.0	0.3~0.4	실트질 모래	-
풍화토	0.3~0.4	3.7~4.6	실트질 모래	32/30~50/15
풍화암	4.0~5.0	1.6~5.5	실트질 모래	50/10~50/7
연 암	5.6~10.5	7.8~15.9	편마암	50~100/0~37
보통암	18.3~21.5	13.5~24.7	편마암	55~100/10~70

구 분	지 층 개 요
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 • 갈색의 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 4.0~5.0m에서 1.6~5.5m 층후로 분포하며 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 • BH-282번공에서 암편상 코어 회수(9.4~10.5m)
연 암	• 지표하 5.6~10.5m에서 7.8~15.9m 층후로 분포하며 갈색~암회색의 편마암으로 구성 • RQD=0~37%로 매우불량~보통양호한 암질상태
보통암	• 지표하 18.3~21.5m에서 13.5~24.7m 이상 층후로 분포하며 갈색~암회색의 편마암으로 구성 • RQD=10~70%로 매우불량~양호한 암질상태

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

▮조사위치 및 지층단면도





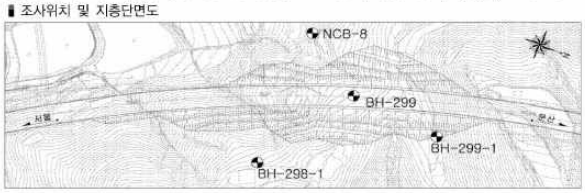
▮지층상태

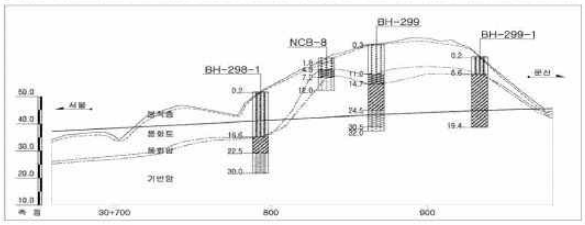
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층/매립층	0.0	0.3~2.8	실트질 모래	4/30~7/30
풍화토	0.3~2.8	1.0~10.0	실트질 모래	15/30~50/12
풍화암	3.8~11.0	3.2~9.2	실트질 모래	50/10~50/1
연 암	8.8~14.8	2.4~10.5	편마암	54~100/10~46
보통암	13.2~17.2	11.5~19.8	편마암	49~100%/0~70%
경 암	7.0~24.7	3.0~5.3	편마암	100%/63~92%

구 분	지 층 개 요
붕적층/매립층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~2.8m 층후로 분포 • 담갈색~황갈색의 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.3~2.8m에서 1.0~10.0m 층후로 분포 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 3.8~11.0m에서 3.2~9.2m 층후로 분포하며 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 8.8~14.8m에서 2.4~10.5m 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=54~100%로 보통양호~매우양호한 암질상태
보통암	• 지표하 13.2~17.2m에서 11.5~19.3m 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=0~70%로 매우불량~양호한 암질상태
경 암	• 지표하 7.0~24.7m에서 3.0~5.3m이상의 층후로 분포하며, 유백색의 편마암으로 구성 • RQD=63~92%로 양호~매우양호한 암질상태

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

▮조사위치 및 지층단면도





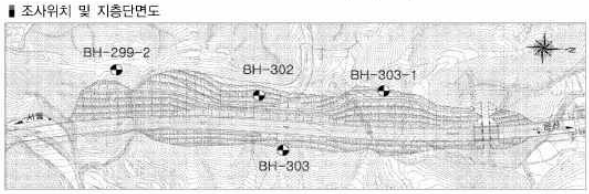
▮지층상태

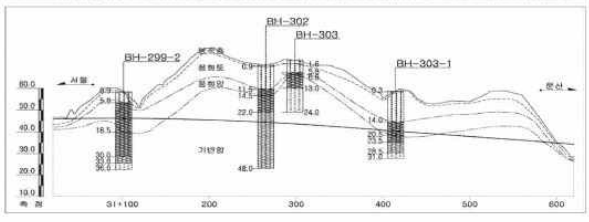
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~4.3	실트질 모래	18/30~27/30
풍화토	0.0~0.3	6.6~16.6	실트질 모래	9/30~50/14
풍화암	4.3~11.0	2.9~3.7	실트질 모래	50/10~50/3
연 암	6.6~16.6	5.9~19.4	편마암	40~100%/0~39%
보통암	24.5	6.0	편마암	100%/20~75%
경 암	7.2~30.5	1.5~7.5	편마암	90~100%/60~81%

구 분	지 층 개 요
붕적층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~4.3m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토	• 지표하 0.0~0.3m에서 6.6~16.6m 층후로 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화토	• 지표하 4.3~11.0m에서 2.9~3.7m 층후로 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 6.6~16.6m에서 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
경 암	• 지표하 7.2~30.5m에서 1.5~7.5m이상 층후로 분포, RQD=60~81%로 보통양호~매우양호한 암질상태

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

▮조사위치 및 지층단면도





▮지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	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
연 암	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%
경 암	13.0~33.0	2.5~11.0	편 마 암	96~100%/68~83%

구 분	지 층 개 요
붕적층	• 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 • 습윤하며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀로 심도에 따라 편차가 크게 나타남
풍화암	• 지표하 5.0~14.0m에서 0.8~13.5m 층후로 분포하며 굴진시 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 6.6~20.5m에서 3.0~14.6m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • 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 • TCR/RQD는 98~100%/44~76%로 보통양호~양호한 암질상태
경 암	• 지표하 13.0~33.0m에서 2.5~11.0m 이상 층후로 분포하며, 편마암으로 구성 • 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 분석기법들(한계평형, 수치해석, 파괴확률 등)의 비교를 통한 최적 설계 •비탈면 보호공법 및 유지관리 계획으로 시공 중·후 및 정기적인 비탈면의 안정성 확보

1.1.1 기본방향

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
지반정수 산정	•지반조사 결과분석 및 상관성 분석에 의한 설계 지반정수 도출 •연속체, 불연속체 지반정수의 체계적인 분석 및 결정
비탈면 안정검토	•다양한 분석기법의 도입으로 인한 해석결과의 비교, 분석으로 적정성 검증 •사업구간의 절리특성을 반영한 확률 절리망 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 에너지강도를 통한 낙석방지옹타리의 설치여부 검토
비탈면 유지관리계획	•계측계획 수립, 시공 중 및 시공 후 유지관리 계획 제시

1.2.2 깎기비탈면 지반특성 및 현황

○ 깎기비탈면 지반특성

•깎기비탈면 토사층은 시추조사결과 풍화토(SM), 풍화암으로 구성되어 있고, 대체적으로 풍화대가 두텁게 분포하며, 기반암의 암종은 흑운모편마암이 주로 분포함
•깎기고 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
4공구	본선	깎기 1구간	21+600 ~ 22+580	토사	좌측	16.7	21+940	-
				토사	우측	8.7	22+040	-
		깎기 2구간	23+730 ~ 24+440	토사	우측	19.3	23+760	-
				암반	우측	19.2	23+820	-
				토사	좌측	16.3	23+860	-
				토사	좌측	12.5	24+240	-
		깎기 3구간	25+160 25+960	토사	좌측	11.3	25+880	-
					좌측	11.9	25+900	단기 터파기
		깎기 4구간	28+210 ~ 29+080	토사/암반	좌측	25.4	28+340	-
				토사	좌측	32.1	28+360	-
				암반	좌측	27.8	28+480	-
				암반	좌측	33.9	28+800	-
				토사	좌측	15.3	28+920	-
		깎기 5구간	29+300 ~ 30+180	암반	좌측	25.0	29+380	-
				토사	좌측	22.9	29+400	-
				토사	우측	21.5	29+980	-
				암반	좌측	23.9	30+020	-
				암반	우측	36.1	30+020	-
		깎기 6구간	30+680 ~ 32+460	토사	우측	23.2	30+780	-
				암반	우측	26.4	30+840	
				토사	좌측	22.3	30+880	-
				토사	우측	24.6	30+880	-
				암반	좌측	25.2	30+900	-
				암반	우측	25.2	30+920	-
				토사	좌측	35.6	31+180	-
				토사/암반	좌측	39.2	31+220	-
				암반	좌측	38.8	31+300	-
				토사	좌측	28.0	31+420	-
				토사	좌측	14.2	31+860	-
	월롱IC	Ramp-A	0+140 ~ 0+400	토사	우측	11.9	0+360	-
	산단IC	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	-

제 2 장 비탈면 안정성 검토

2.1 설계개요

기본방향	•쌓기 비탈면 중 쌓기고가 10.0m인 이상인 구간에 대하여 안정성 검토 •깎기 비탈면 중 토사층이 깊고 지층변화가 심한 구간에 대하여 대표단면 선정 •비탈면 한계평형해석 검토 후 확률분포 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

○ 개 요

•일반적으로 적용되는 한계평형해석 및 지하수 모델의 불합리성을 극복하기 위해 한계평형해석과 유한요소해석간의 연계해석을 수행
•강도감소법을 이용하여 지반내 응력 상태를 재현, 보다 실제에 가까운 파괴 활동 및 지반내 응력변화, 비탈면에서의 전단파괴 영역 및 소성범위를 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 안정한 것으로 판단
•한계평형이론에 의한 비탈면안정 해석방법은 여러 가지가 있으며 그 정확성은 강도정수의 결정과 지반의 파괴형태를 의미하는 파괴모드의 가정방식에 의해 좌우됨
•파괴모드는 토사비탈면의 경우 지층구성에 의해 원호, 평면 혹은 복합활동파괴 등으로 구분
•토사비탈면의 파괴모드는 곡면형태의 함수(원호 혹은 대수나선 등)로 가정하여 해석을 수행

가상파괴면	n번째 절편에 작용하는 힘

$$\cdot Fs = \frac{1}{\sum W_n \sin\alpha}\sum\{(\phi_b + W_n \tan\phi + \Delta T \tan\phi)\frac{1}{m_{\alpha(n)}}\} \quad \cdot m_{\alpha(n)} = \cos\alpha_n + \frac{\tan\phi \times \sin\alpha_n}{F_s}$$

여기서, W_n : n번째 절편에 흙의 중량(=γ×b×h)(kN/m)
α : 경사각(°) c : 흙의 점착력 (kPa)
b_n : n번째 절편의 폭(m) ϕ : 흙의 내부 마찰각(°)
ΔT : $T_n - T_{n+1}$ n : n 절편의 측면에 작용하는 수평력

2.1.2 암반 비탈면 안정해석

•현장조사결과를 반영한 평사투영해석, SMR평가 등을 통하여 암반비탈면 안정성 예비평가
•잠재적인 파괴가능성을 내포한 비탈면에 대해 한계평형해석 및 수치해석 수행
•암반 절리특성의 불확실성을 고려한 암반비탈면의 파괴확률 산정

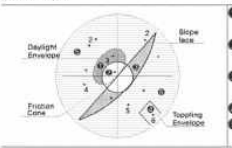
○ 개 요

•현장 지질조사를 통하여 조사된 불연속면의 절리방향과 내부마찰각을 평사투영하여 암반 비탈면 붕괴유형별 안정성 평가(DIPS)
•절리면을 따라 암괴에 미치는 응력분포와 절리면의 전단저항특성, 지하수 조건 등을 고려한 한계평형식을 적용하여 비탈면 안정해석 수행(SWEDGE, ROCPLANE)

○ 평사투영해석 (Stereographic Projection Method)

•평사투영법은 대원(Great Circle, 쐐기파괴의 가능성 예측)과 극점(Pole, 평면 및 전도파괴의 가능성 예측)으로 해석하는 두 가지 방법으로 대별
•불연속면의 간 연성선 외에 충진물 협재, 지하수 유동 등 위험요소를 내포한 절리와 단층과 같은 불연속면은 평사투영 해석시 방향성이 우세하게 나타나지 않아도 중요 위험불연속면으로 고려하여 해석

▮ 검토 방법

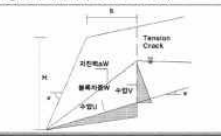


❶ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 큰 Daylight로서 불안정한 지역
❷ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 작은 Daylight로서 안정한 지역
❸ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 작으며, Daylight도 아닌 안정한 지역
❹ 지역 : Toppling 붕괴의 위험성이 잠재된 불안정한 지역
❺ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 크더라도 Daylight나 Toppling Envelope이 아니므로 안정한 지역

○ 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)



•단위두께의 절편으로 생각, 파괴블록의 양측면은 미끄럼 저항이 없는 자유면으로 간주
•미끄럼 안정균열은 비탈면에 평행(비탈면의 주향과 인장균열의 주향이 같음)
•파괴면의 자중, 수압에 의한 양압력 및 수압 등은 블록의 중심을 통하여 작용 $h/H = \sqrt{\cot\omega\tan\omega} - \cot\alpha$
ω : 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)	㈜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 1단시면 암괴이완, 소단배수로 균열, 산마루측구 폐기물퇴적, 토사퇴적 등 일부가 조사되었다. 해당 손상에 의한 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 강우시 손상이 진전될 수 있으므로, 보수실시여부 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	정비, 주입보수, 주의관찰
2	정기안전점검 (하반기)	㈜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 1단시면 암괴이완, 소단배수로 균열, 산마루측구 폐기물퇴적, 토사퇴적 등 일부가 조사되었다. 해당 손상에 의한 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 강우시 손상이 진전될 수 있으므로, 보수실시여부 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	정비, 주입보수, 주의관찰
3	정기안전점검 (상반기)	㈜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.

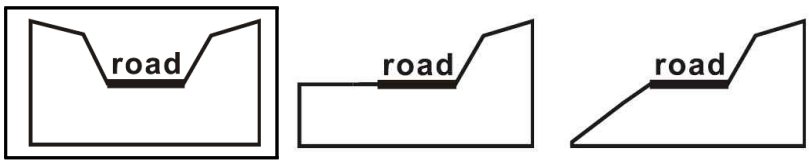
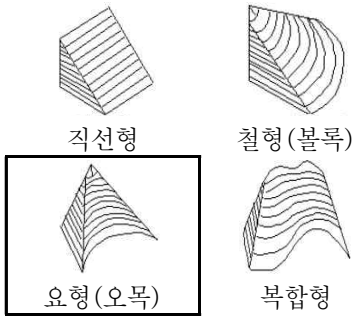
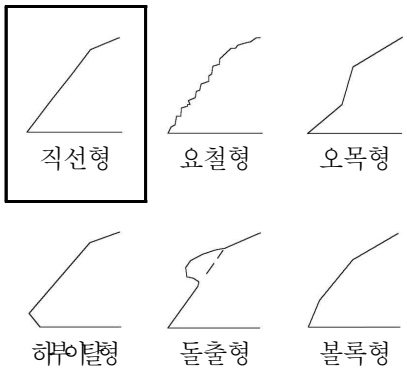
가. 일반현황 조사결과

【표 2.3.1】 일반현황 조사결과

<table>
<tr><td>조사일자</td><td colspan="2">2022. 10. 21.</td><td>조 사 자</td><td>정 지 운</td></tr>
<tr><td>일 기</td><td colspan="2">맑음</td><td>준공년도</td><td>2020년 11월 06일</td></tr>
<tr><td>행정구역</td><td colspan="4">경기도 파주시 월롱면 능산리 326-29</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위 치</td><td colspan="4">시점 : 37° 49′ 32.0″ 126° 46′ 45.0″</td></tr>
<tr><td colspan="4">종점 : 37° 49′ 43.0″ 126° 46′ 31.0″</td></tr>
<tr><td colspan="4">본선구간 27.400~28.900km(우)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">절토사면</td><td colspan="2">길 이 : 500.0m</td><td colspan="2">높 이 : 30.9m</td></tr>
<tr><td colspan="4">경 사/경사방향 : 55/231(평균경사 45°)</td></tr>
<tr><td colspan="2">구성물질 : 발파암, 리핑암, 토사</td><td colspan="2">토층심도 : 약 3.9m</td></tr>
<tr><td colspan="4">소 단 : 5개(폭 1.0m소단 4개, 폭 3.0m소단 1개)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">낙석/뜬돌</td><td colspan="2">낙석 존재유무 : 없음</td><td colspan="2">낙석의 양 : -</td></tr>
<tr><td colspan="4">낙석 평균크기 : -
낙석 최대크기 : -</td></tr>
<tr><td colspan="2">뜬돌 존재유무 : 없음</td><td colspan="2">뜬돌의 양 : -</td></tr>
<tr><td colspan="4">뜬돌 평균크기 : -
뜬들 최대크기 : -</td></tr>
<tr><td rowspan="5">절토사면
시공현황</td><td>종 류</td><td>위 치</td><td colspan="2">상 태</td></tr>
<tr><td>식생현황</td><td>27.400~27.900k</td><td colspan="2">양호</td></tr>
<tr><td>낙석방지울타리</td><td>27.700~27.900k</td><td colspan="2">양호</td></tr>
<tr><td>낙석방지망</td><td>27.400~27.900k</td><td colspan="2">양호</td></tr>
<tr><td>소단배수로</td><td>27.590~27.780k</td><td colspan="2">균열, 토사퇴적 등</td></tr>
<tr><td rowspan="2">붕괴이력</td><td>유 형</td><td>규 모</td><td colspan="2">위 치</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>기 타</td><td>점검로 : ☑유 □무</td><td>양호</td><td colspan="2">□보수필요 ☑보수불필요</td></tr>
</table>

나. 사면특성 조사결과

【표 2.3.2】 사면특성 조사결과

<table>
<tr><td rowspan="3">주변지형의 특성</td><td>주변 지형</td><td colspan="4">산악지형</td></tr>
<tr><td>종단면 형상</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td>기타 특징</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>절토사면의 특성</td><td>종
횡
단
면</td><td colspan="3"> 
</td><td>종
단
면
특
성</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="6">상부 자연비탈면</td><td>경 사 도</td><td colspan="4">24°</td></tr>
<tr><td>인장균열</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>포행흔적</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>수목의 기울어짐</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>인공구조물</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>산마루측구</td><td colspan="4">유</td></tr>
<tr><td rowspan="3">식 생</td><td>계곡부</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>① 종 류</td><td>초 본</td><td>관 목</td><td>침 엽 수</td><td>활 엽 수</td></tr>
<tr><td>② 밀 도</td><td>하</td><td>하</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">③ 근계특징</td><td colspan="3">천근성 (O), 심근성 ( )</td></tr>
</table>

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	

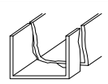
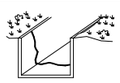
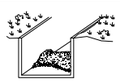
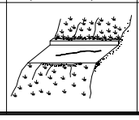
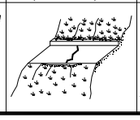
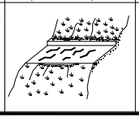
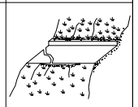
2.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)

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

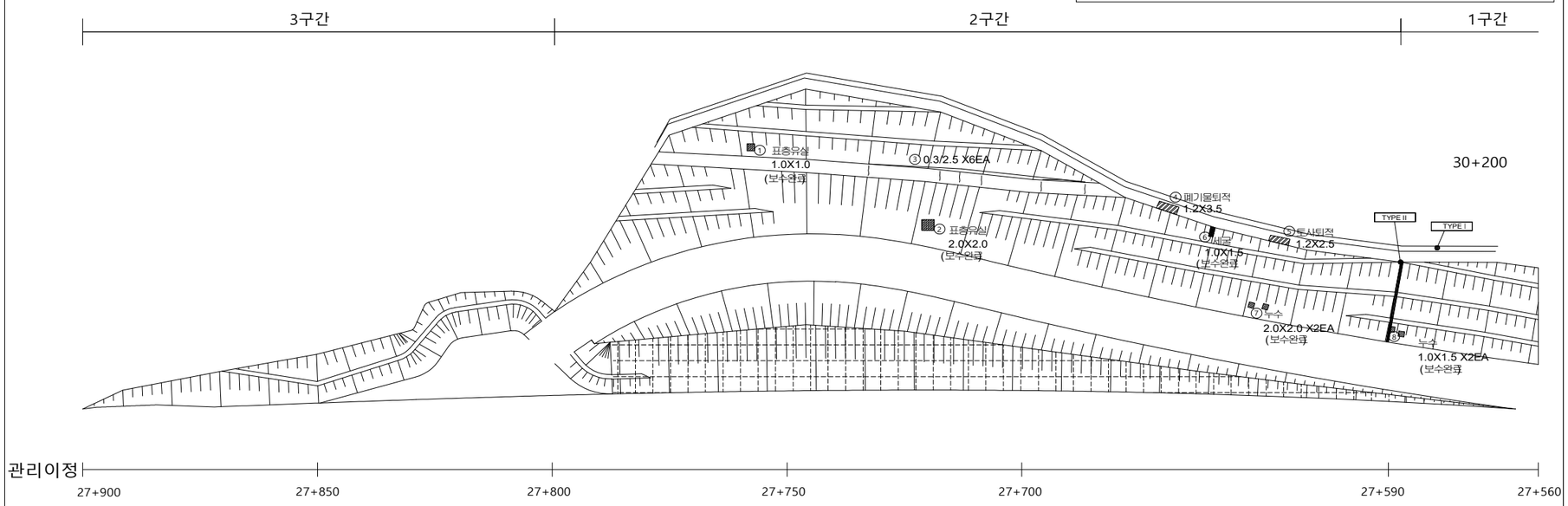
[방향 : 66/217 , 연장 : 500.0m , 높이 : 30.9m]

사면명	절토사면(STA.29+700~30+200(우))
관리이정	STA.27+900~27+400(우)
연장(m)/높이(m)	500/30.9
사면의경사/경사방향	55/231

배 수 시 설 손 상 유 형 (T Y P E)

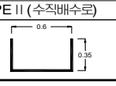
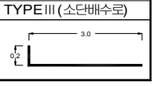
A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-뒷채움토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (종방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로파손
									

범 례



절토사면 / 관리이정 STA.27+900~27+400(우)

배 수 로 제 원 (단 위 : m)

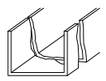
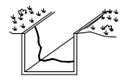
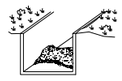
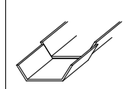
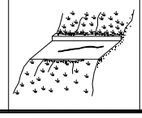
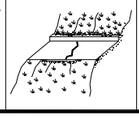
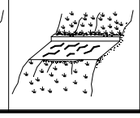
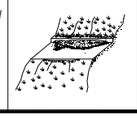
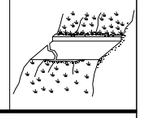
TYPE Ⅰ (산마루측구)	TYPE Ⅱ (수직배수로)	TYPE Ⅲ (소단배수로)
		

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

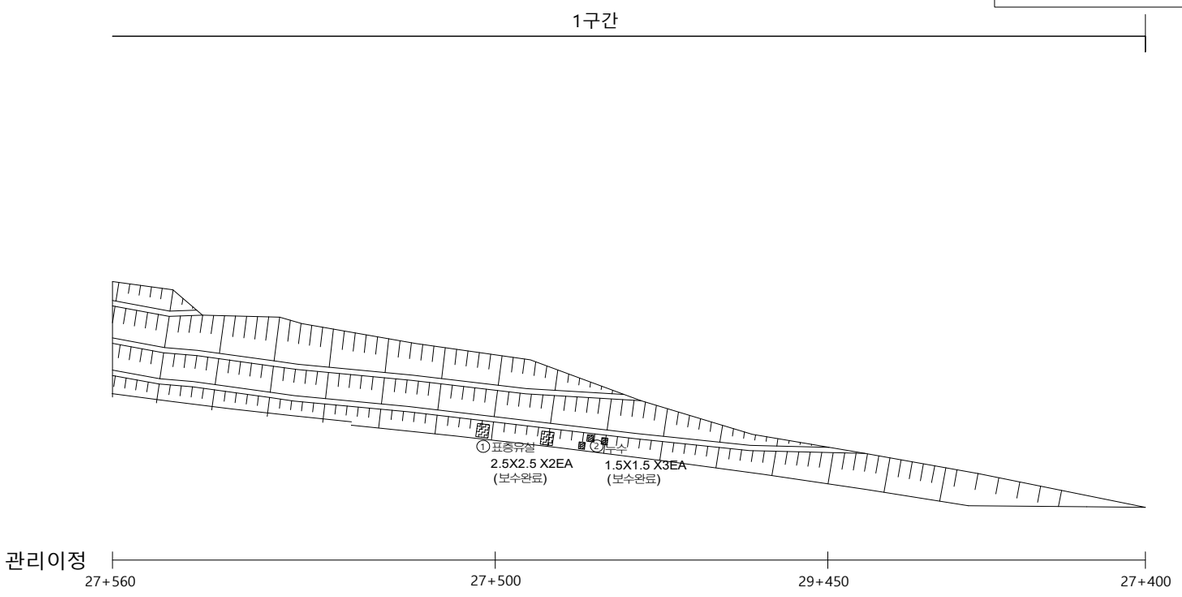
[방향 : 66/217 , 연장 : 500.0m , 높이 : 30.9m]

사면명	절토사면(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 손 상 유 형 (T Y P E)

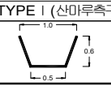
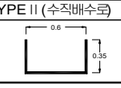
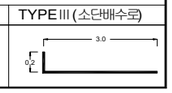
A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-뒷채움토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (종방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로파손
									

범 례



절토사면 / 관리이정 STA.27+900~27+400(우)

배 수 로 제 원 (단 위 : m)

TYPE Ⅰ (산마루측구)	TYPE Ⅱ (수직배수로)	TYPE Ⅲ (소단배수로)
		

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

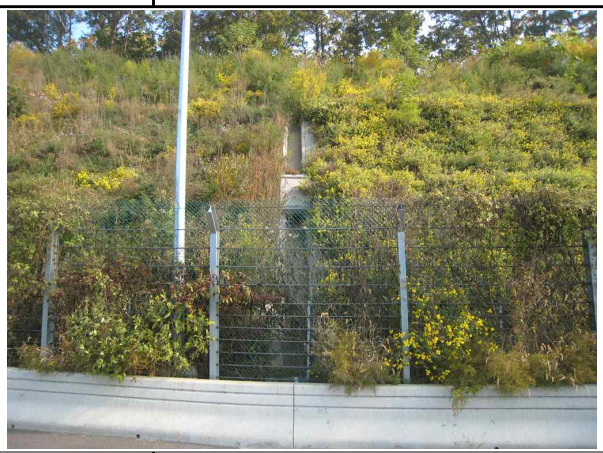
- 사면하부는 과거 이력으로 누수가 있었고 보수를 실시한 것이 확인되었다. 점검당시 누수와 관련된 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

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.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 | 1구간 상부자연사면 전경
원 인 | 상태양호
대 책 | -</td><td>현 황 | 1구간 시점부 전경
원 인 | 상태양호
대 책 | -</td></tr>
<tr><td>
</td><td>  </td></tr>
<tr><td>현 황 | 1구간 하부 전경
원 인 | 상태양호
대 책 | -</td><td>현 황 | 1~2구간 수직도수로 전경
원 인 | 상태양호
대 책 | -</td></tr>
</table>

【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	㎡	4.20	1	정비	
	토사퇴적	㎡	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 종점부 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	㎡	4.20	1	정비	
	토사퇴적	㎡	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(㎫)	암 판정 결과	실시 전경
3구간 27.820km	49.5	100.1	보통암	
-	-	-	-	
-	-	-	-	
검토의견	·암반용 슈미트해머에 의한 암반강도 측정결과, 보정반발경도는 49.5로 측정되었으며, 추정강도 100.1㎫로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

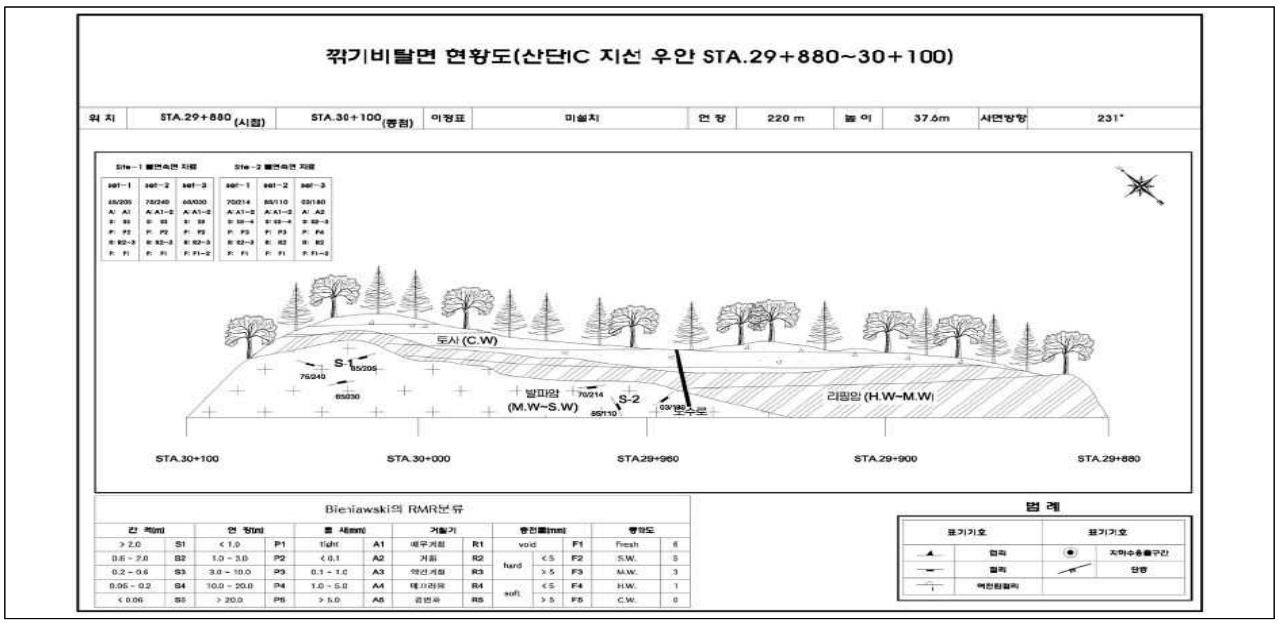
2) 이전 정밀안전점검과의 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

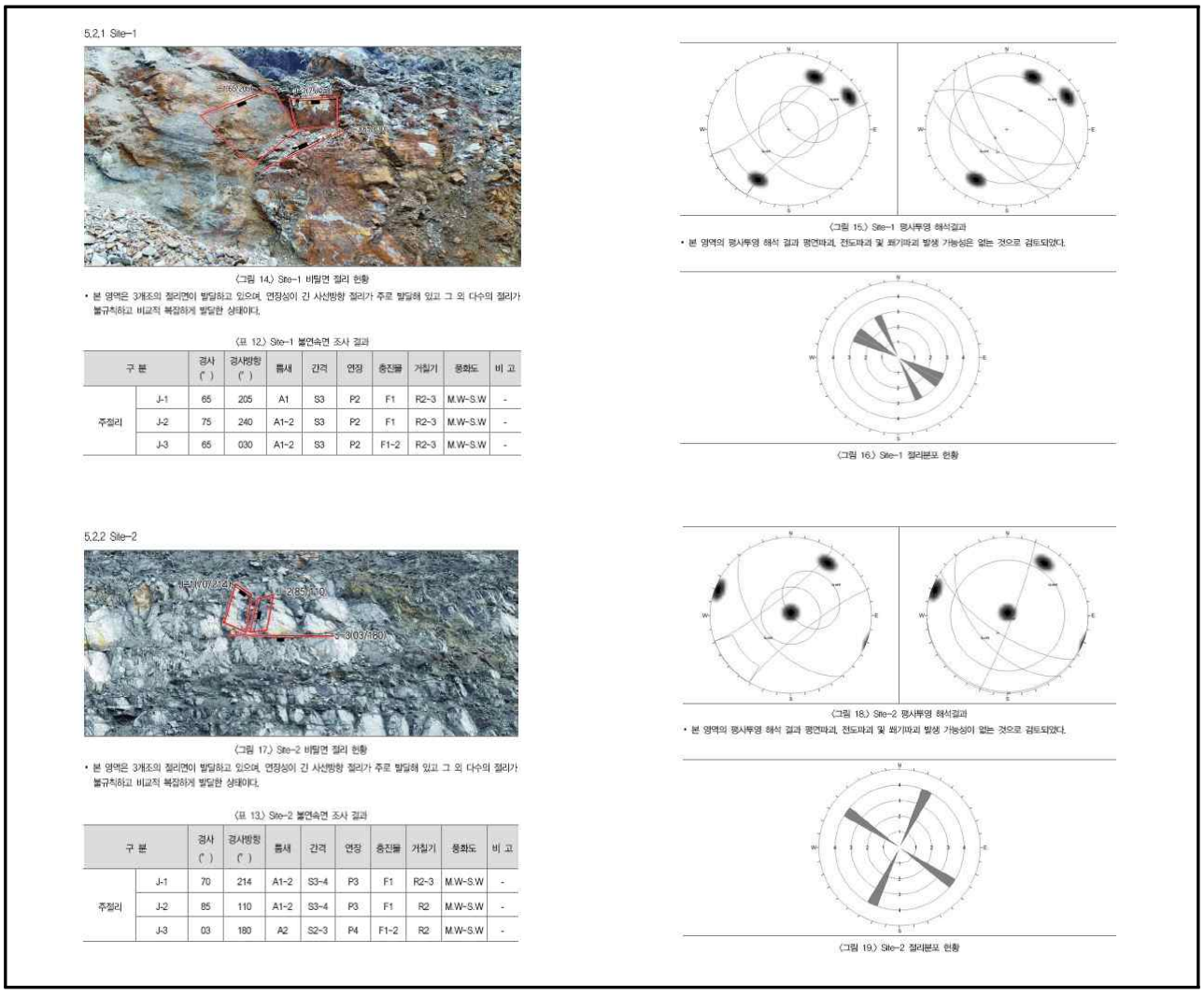
나. 불연속면 조사

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



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 쐐기파괴 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 쐐기파괴 발생 가능성이 없는 것으로 검토되었다.

〈그림 19.〉 Site-2 절리분포 현황

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	
암반사면	연약암반사면	≤ 0.4	≤10 MPa	-	표면, 원호 평면, 쐐기	제3기층 등
	파쇄암반사면		>10 MPa	≤ 0.01	쐐기, 평면 원호, 전도	단층파쇄대 등
	절리암반사면			> 0.01	쐐기, 평면 전도, 낙석	일반암반사면
- 토층심도율이 0.2 ~ 0.4일 경우, 혼합 사면으로 규정하여 토사 사면과 암반 사면의 특성을 모두 고려할 필요가 있음						

- 토층심도율(SR)

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

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

- 암반의 블록크기 비(BR)

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

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

(㎫=10.2kg/㎠)

구 분		분류 기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\,depth}{Slope\,height} = \frac{3.9}{20.0} = 0.195$로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10㎫	3구간 평가결과를 활용	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\,size \in dex}{Slope\,height} = \frac{0.4}{20.0} = 0.02$로 0.01초과	절리암반	
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\,depth}{Slope\,height} = \frac{3.9}{30.9} = 0.126$로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10㎫	3구간 평가결과를 활용	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\,size \in dex}{Slope\,height} = \frac{0.4}{30.9} = 0.012$로 0.01초과	절리암반	
3구간	토층심도율	0.4	사면높이 7.5m로 2구간의 평가결과를 활용	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10㎫	반발경도측정결과 100.1㎫으로 10㎫이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\,size \in dex}{Slope\,height} = \frac{0.4}{7.5} = 0.053$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		상태점수	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		상태점수	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	199㎜(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 2.4.6】 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° - 231° = -26°	3		
1-6		절리경사-사면경사	65° - 55° = 10°	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	199㎜(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. 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 2.4.9】 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	199㎜(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 중점관리가 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
손상상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	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
손상상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	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			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상상태	파괴징후	① 인장균열 ② 지반변형 ③ 구조물변형	0 0 0	a a a	0	f1=0.00	a
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향 ⑥ 절리경사-사면경사 ⑦ 절리상태	0 0 0	a a a	7	f2=0.13	a
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	4	e			
	인위요인	⑩ 절취상태 ⑪ 배수조건 ⑫ 보호/보강 상태	0 1 1	a b 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)	
	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	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 갈음하였으며, 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(㎡)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 2종 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 100.1㎫로 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.

3. 절토사면

(STA.31+100~31+600(좌))

3.1 시설물 개요

3.2 자료수집 및 분석

3.3 현장조사 및 시험

3.4 상태평가

3.5 종합평가 및 안전등급 지정

3.6 보수·보강 및 유지관리 방안

3.7 종합결론

3. 절토사면(STA.31+100~31+600(좌))

3.1 시설물의 개요

절토사면(STA.31+100~31+600(좌))은 경기도 파주시 문산읍 내포리(고속국도 17호선 28.720~29.280km, 본선 좌측)에 위치하며, 총 연장 560.0m, 높이 35.5m로 2020년 11월 준공된 2종 절토사면이다.

3.1.1 일반사항

【표 3.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2020-0000041		관리번호	-
시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		시설물구분	절토사면
위 치	행정구역	경기도 파주시 문산읍 내포리 산 24-33		
	위치좌표	시점 : 37° 50′ 07.0″ 126° 46′ 10.0″		
		종점 : 37° 50′ 24.0″ 126° 46′ 09.0″		
	관리이정	본선구간 28.720~29.280km(좌)		
제 원	연 장	560.0m	높 이	35.5m
	경사/방향	69/089	노 선	고속국도 17호선
관리주체	서울문산고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물	-		
	주변지형	준산악지형	상부사면경사	29 °
시공현황	준공년도	2020.11	시 공 자	(주)대우건설
	설 계 자	(주)신성엔지니어링	감 리 자	(주)신성엔지니어링
	부대시설	식생공, 록볼트, 숏크리트, 낙석방지울타리, 옹벽-L형, 점검계단		
비 고	-			

3.1.2 위치도 및 전경사진

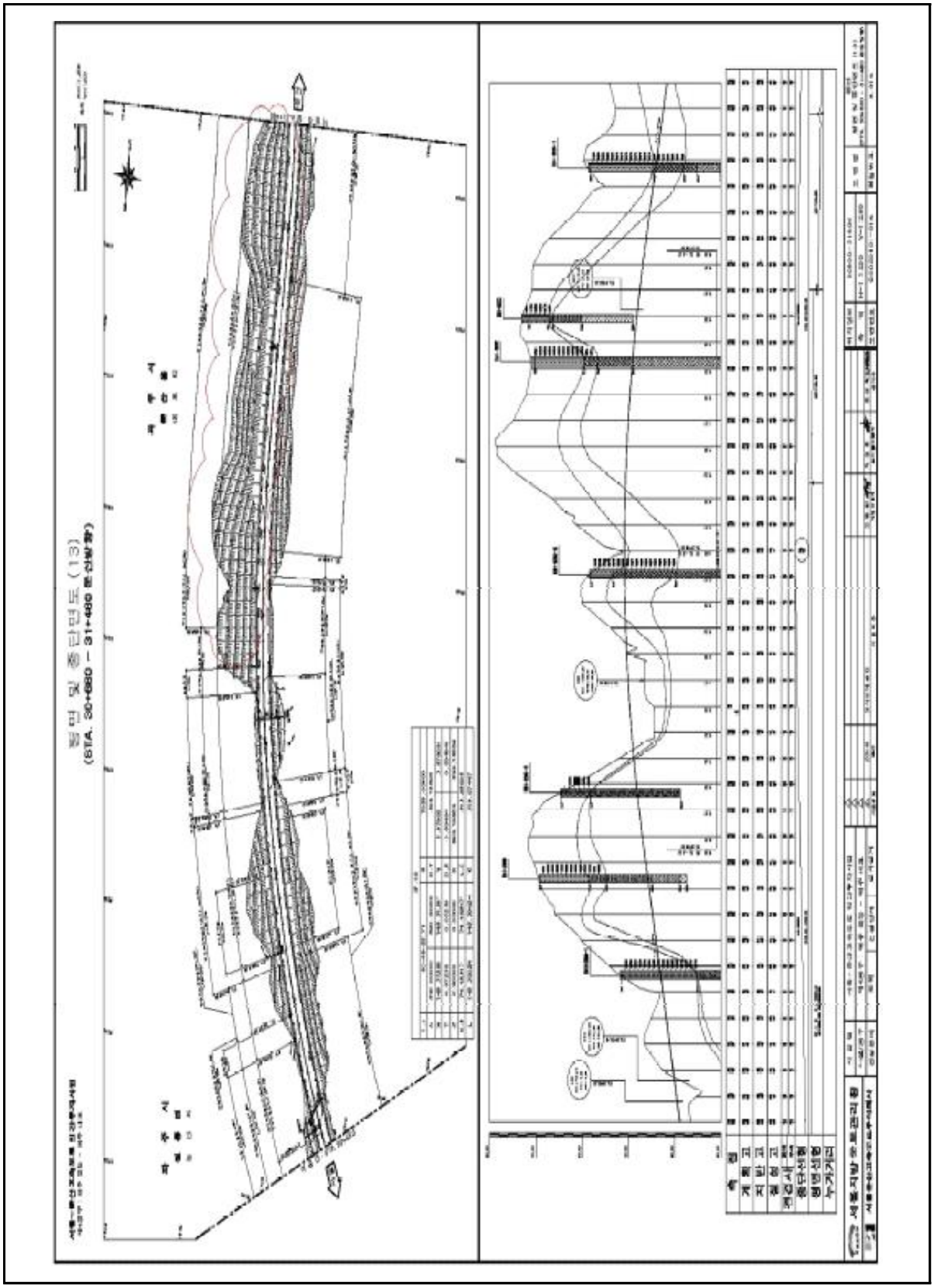
【그림 3.1.1】 위치도

【그림 3.1.2】 전경사진

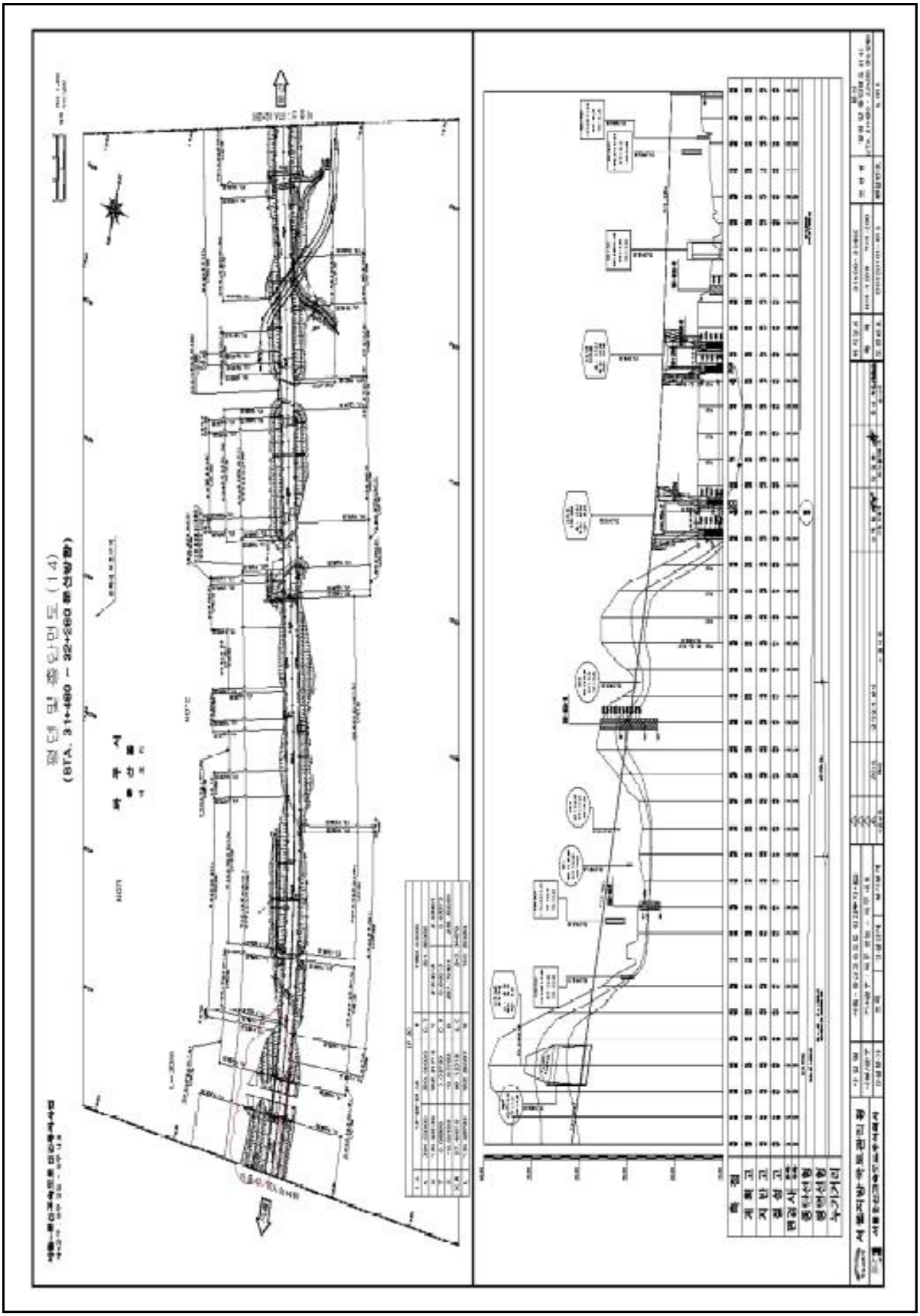
1소단 배수로 전경	점검계단 전경
산마루측구 전경	상부자연사면 전경
하부 전경	낙석방지울타리 전경

【그림 3.1.3】 부재별 현황

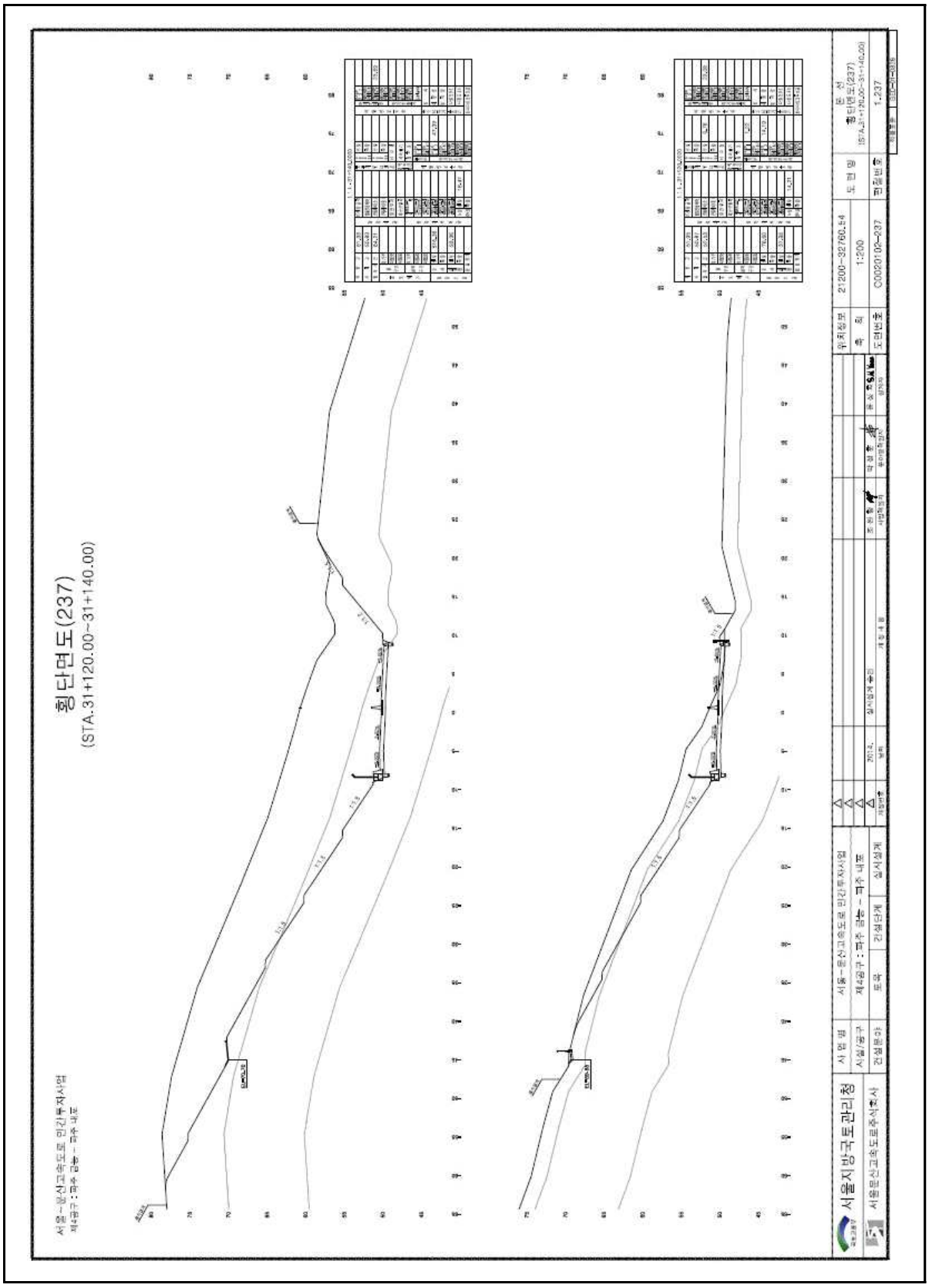
3.1.3 시설물 일반도



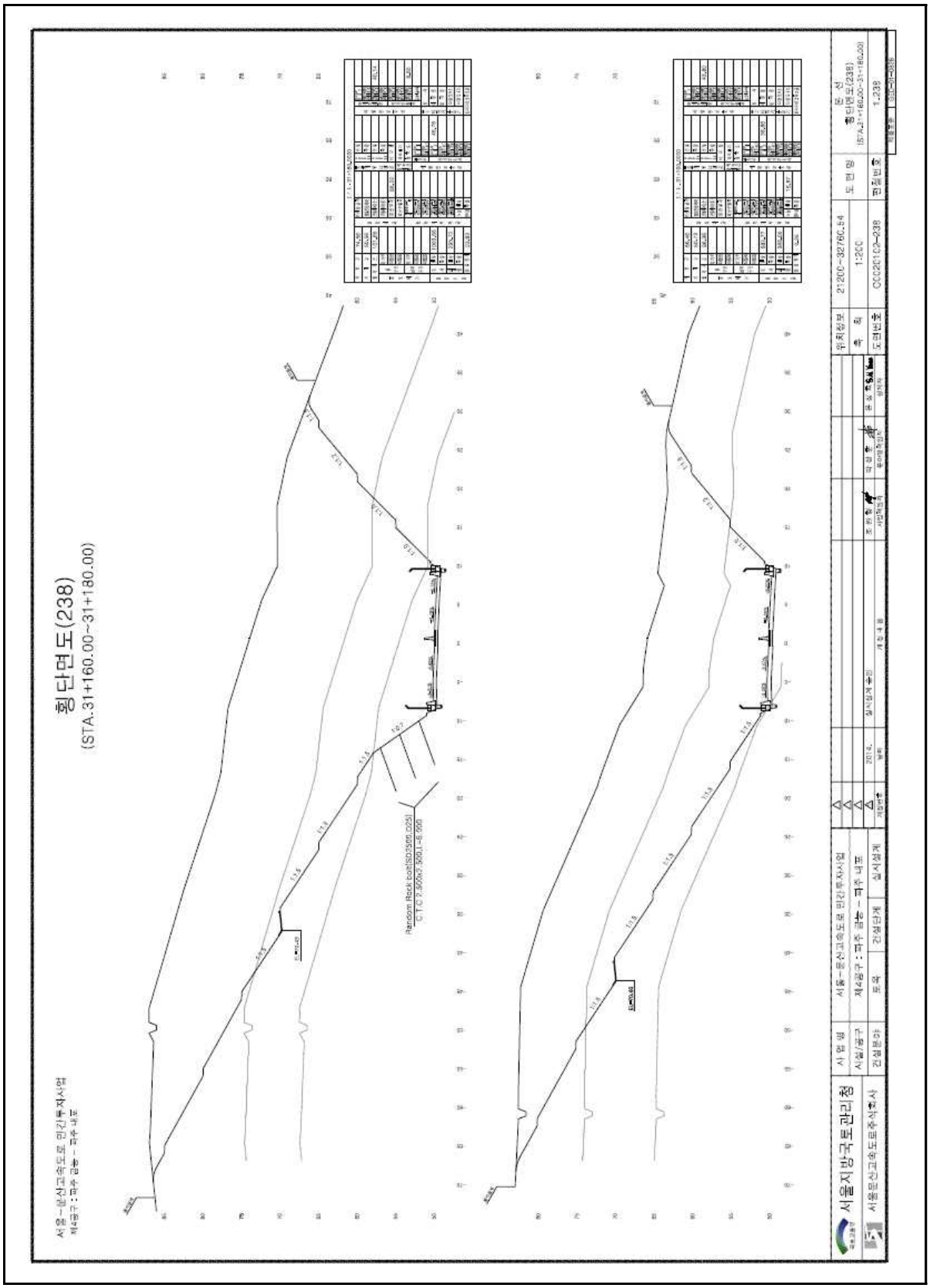
【그림 3.1.4】 평면도(1)



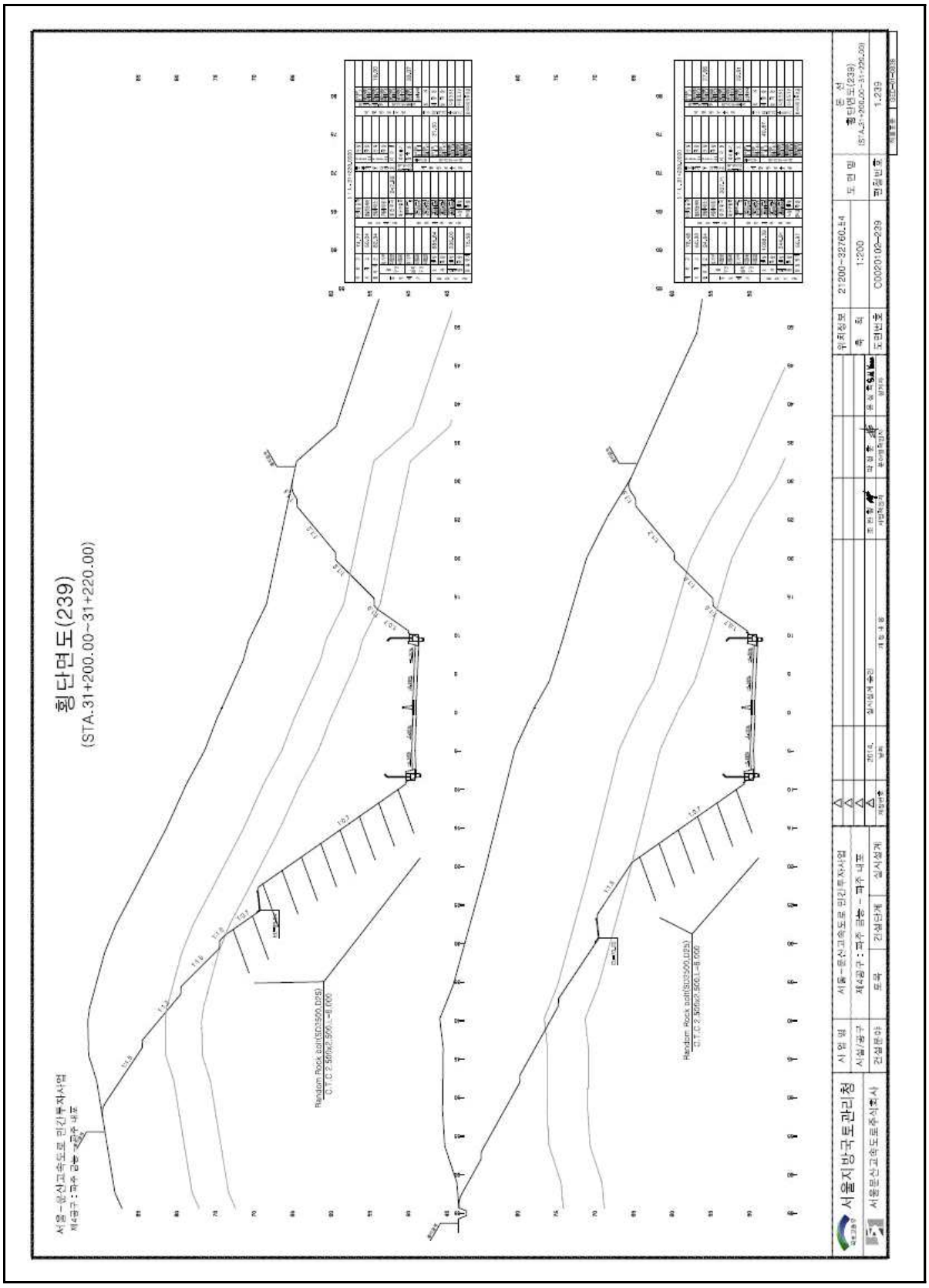
【그림 3.1.5】 평면도(2)


횡단면도(237)
(STA.31+120.00~31+140.00)
서울지방국토관리청
서울문산고속도로 민간투자사업
재식1구 : 파주 금촌 - 파주 내포
횡단면도(237)
1:200
1:237

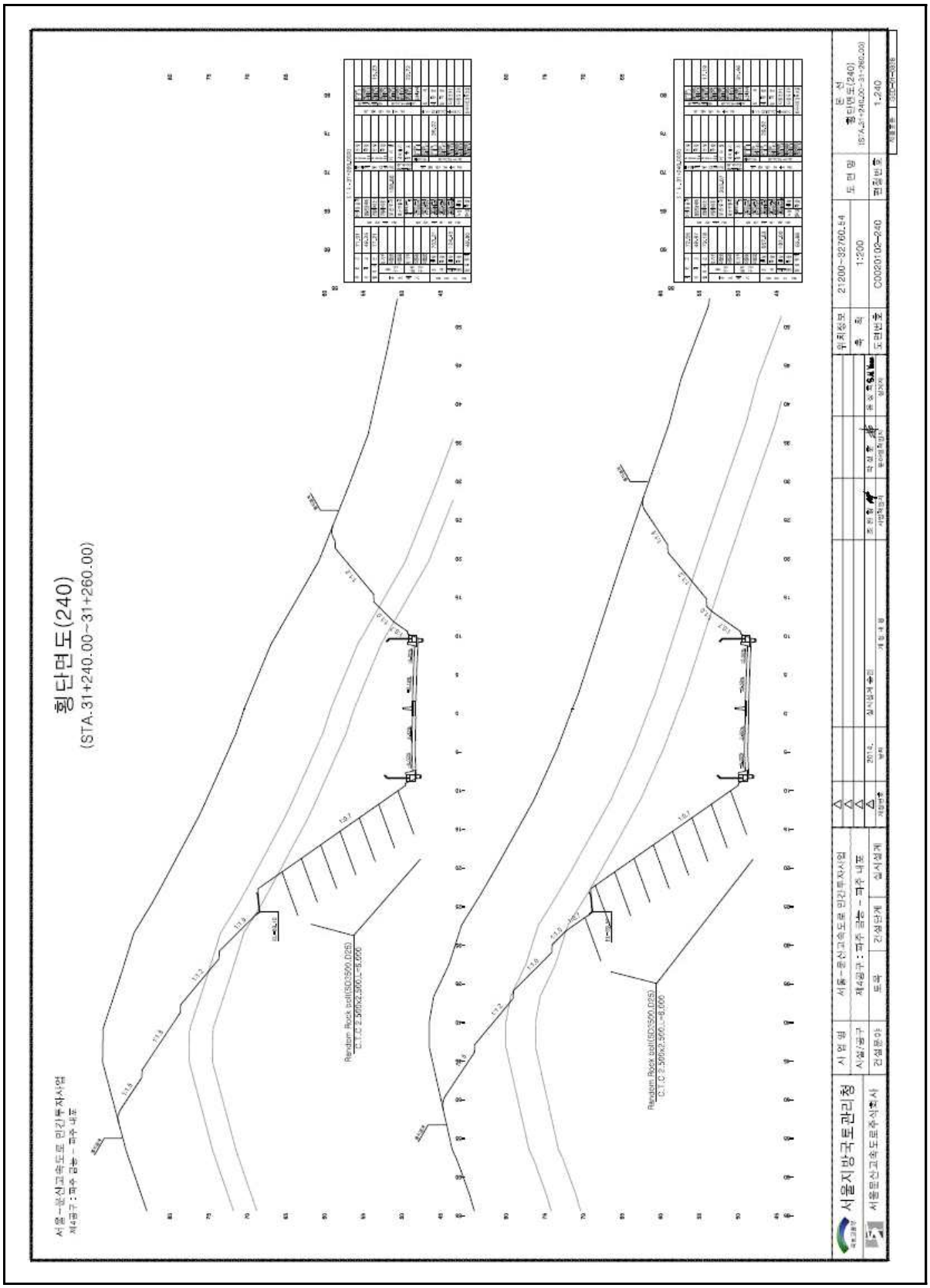
【그림 3.1.6】 횡단면도(1)


횡단면도(238)
(STA.31+160.00~31+180.00)
서울-문산고속도로 민간투자사업
제4공구 : 파주 금능 - 파주 내포
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
시설/공구
감 리 단
도 면 명
횡단면도(238)
(STA.31+160.00~31+180.00)
축 척
1:200
도면번호
CCC2EC1CA-238
1:238

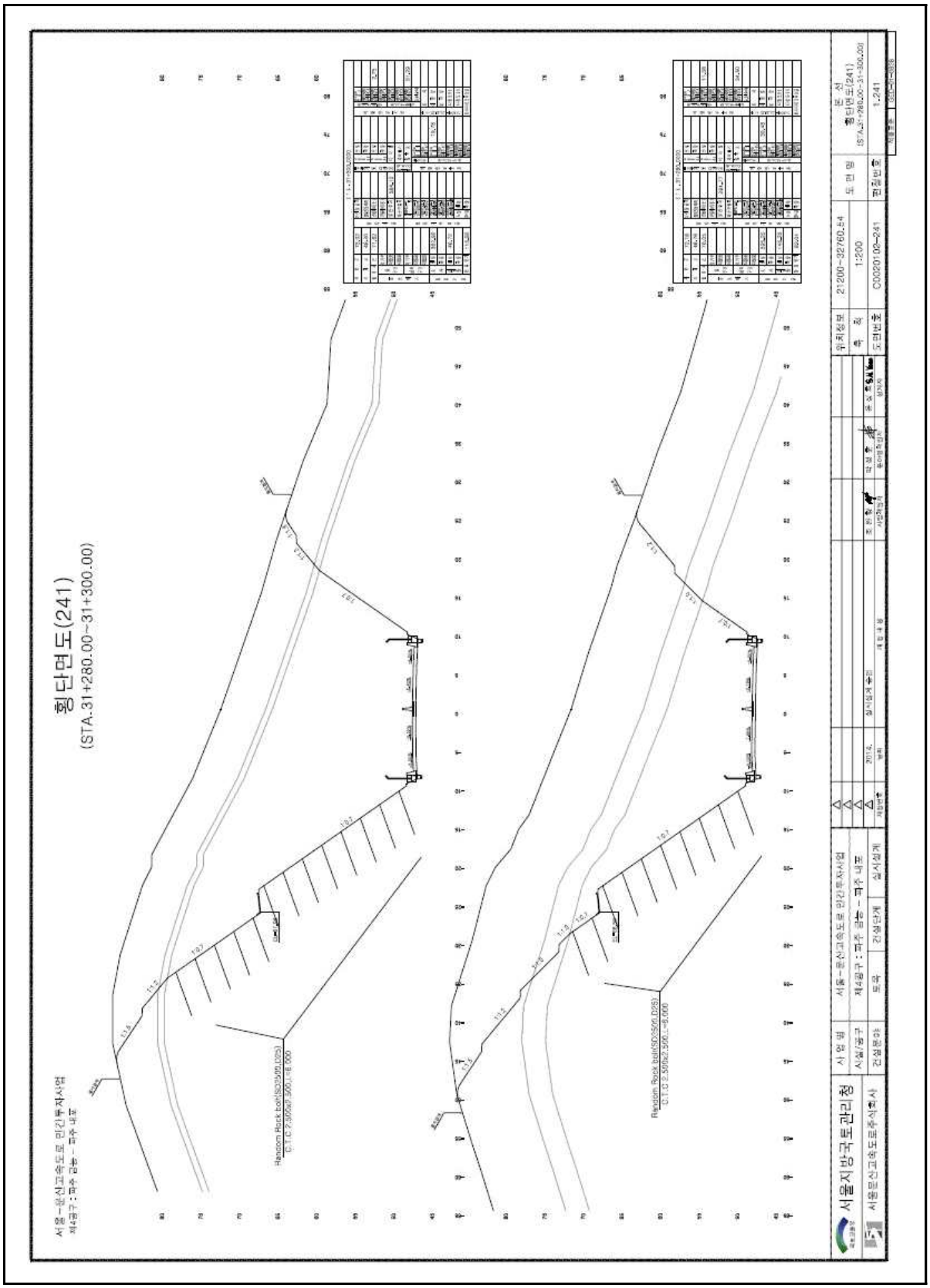
【그림 3.1.7】 횡단면도(2)



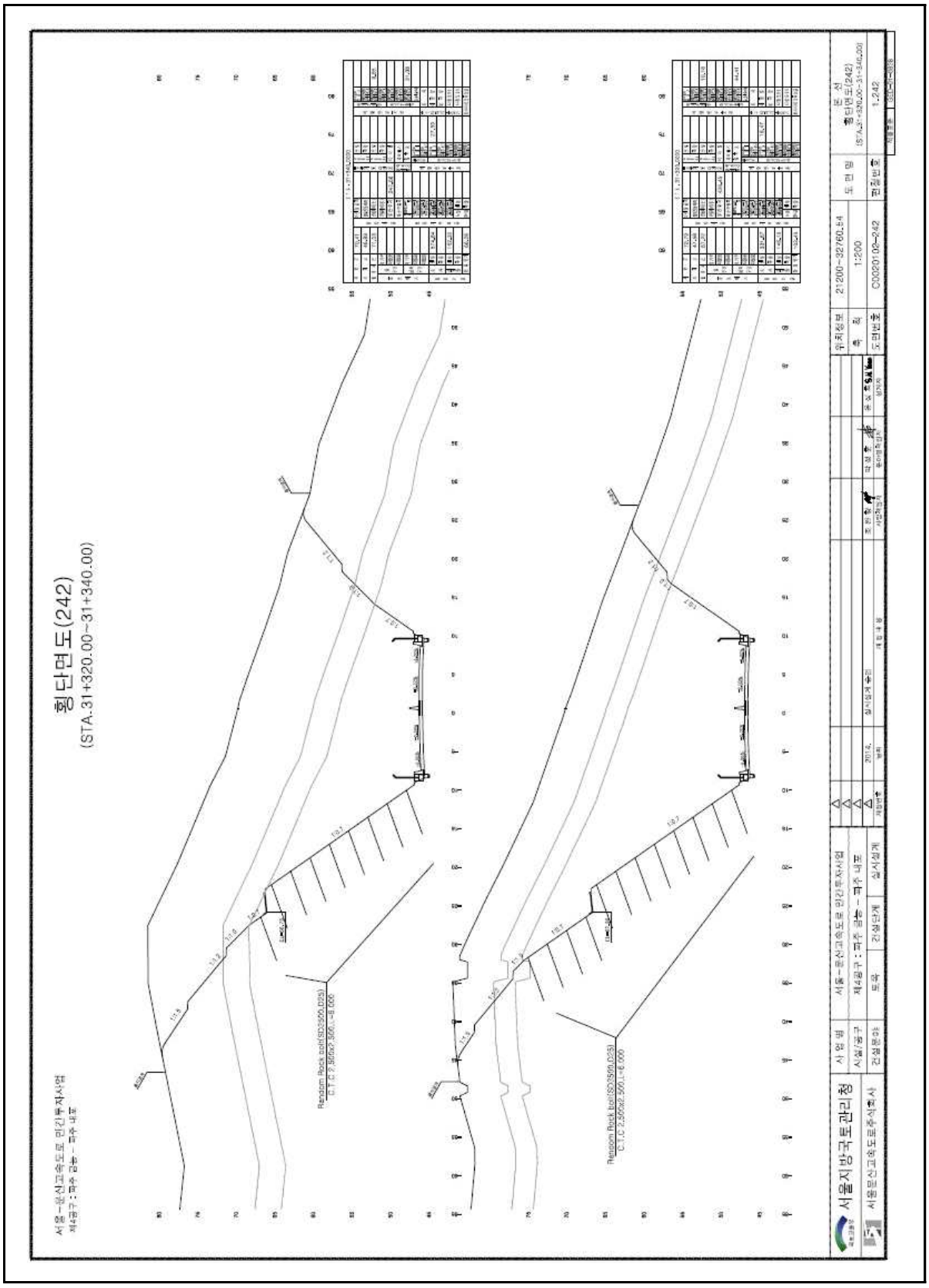
【그림 3.1.8】 횡단면도(3)


횡단면도(240)
(STA.31+240.00~31+260.00)
서울문산고속도로 민간투자사업
재설공구 : 파주 금촌 ~ 파주 내포
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사업명
서울~문산고속도로 민간투자사업
재설공구 : 파주 금촌 ~ 파주 내포
건설단계
설시설계
횡단면도(240)
1:200
1:240

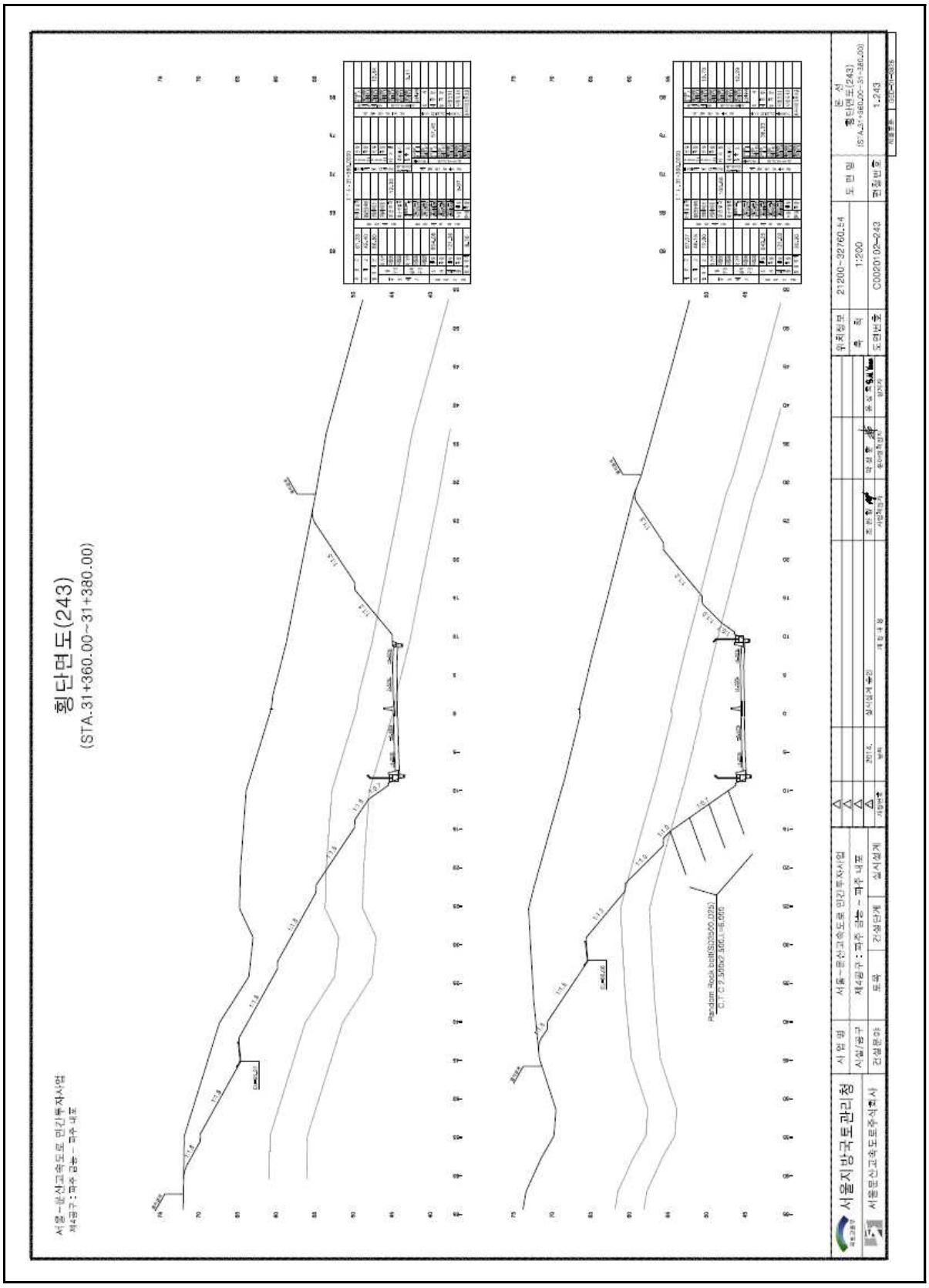
【그림 3.1.9】 횡단면도(4)



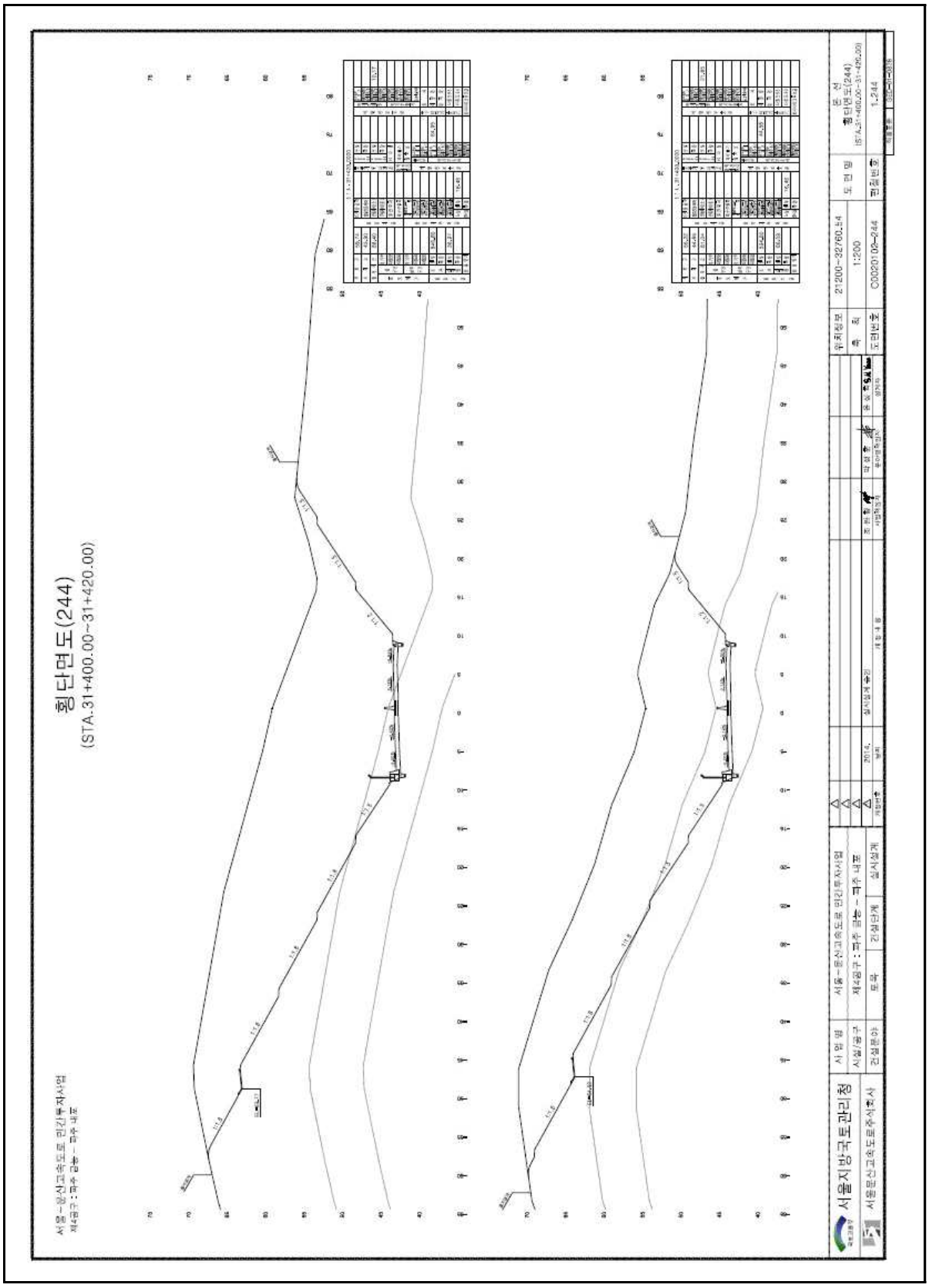
【그림 3.1.10】 횡단면도(5)



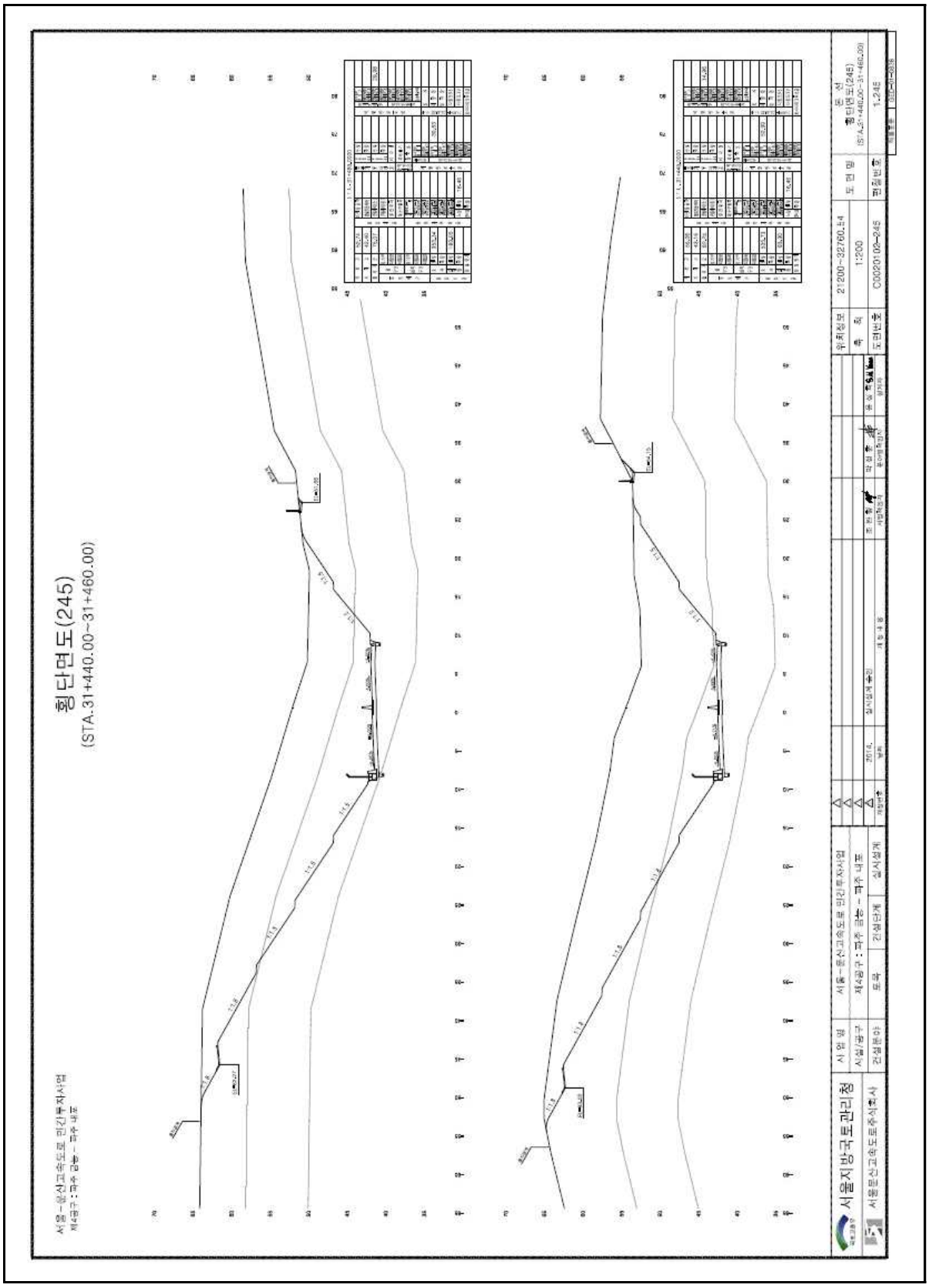
【그림 3.1.11】 횡단면도(6)



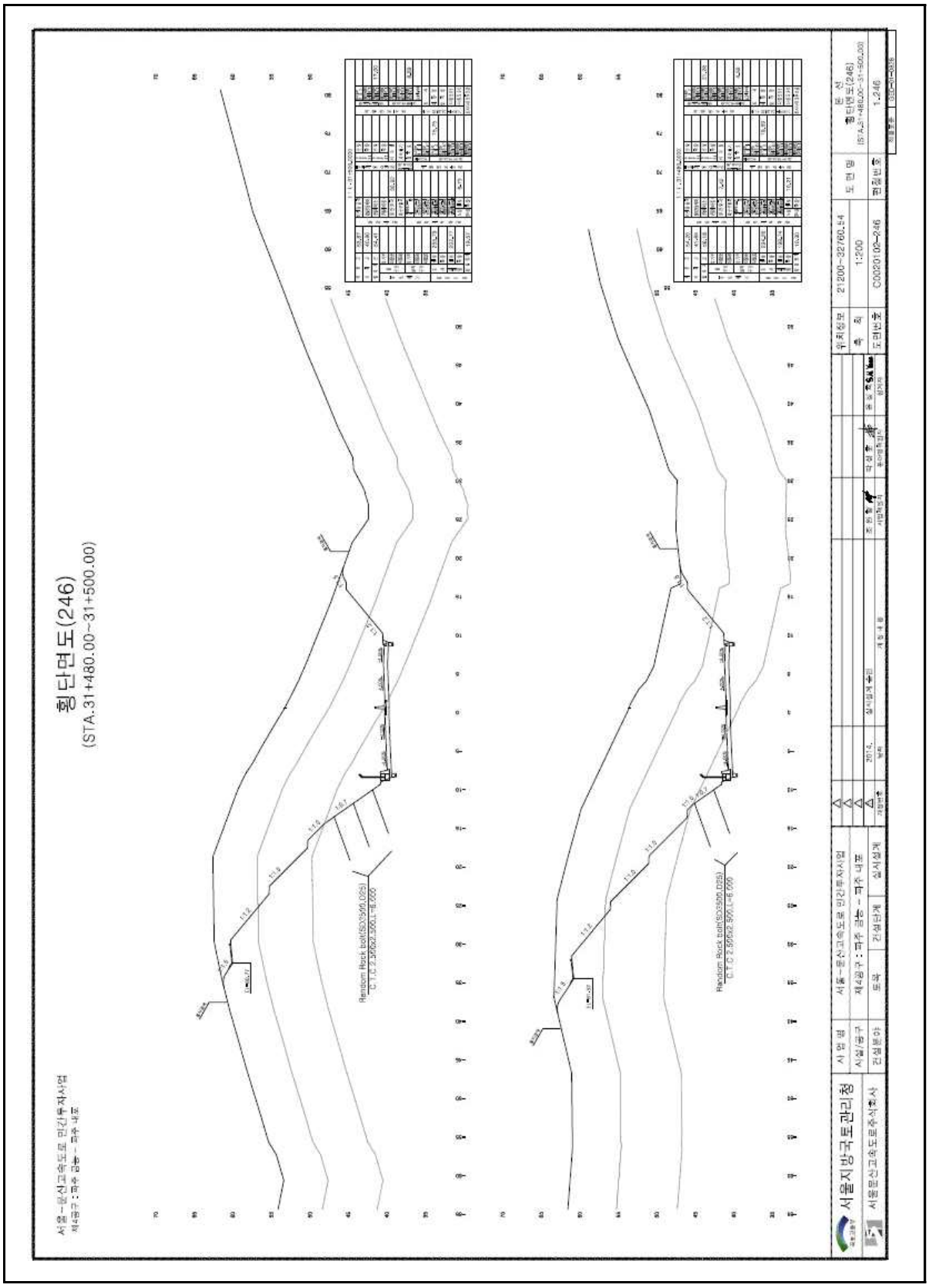
【그림 3.1.12】 횡단면도(7)



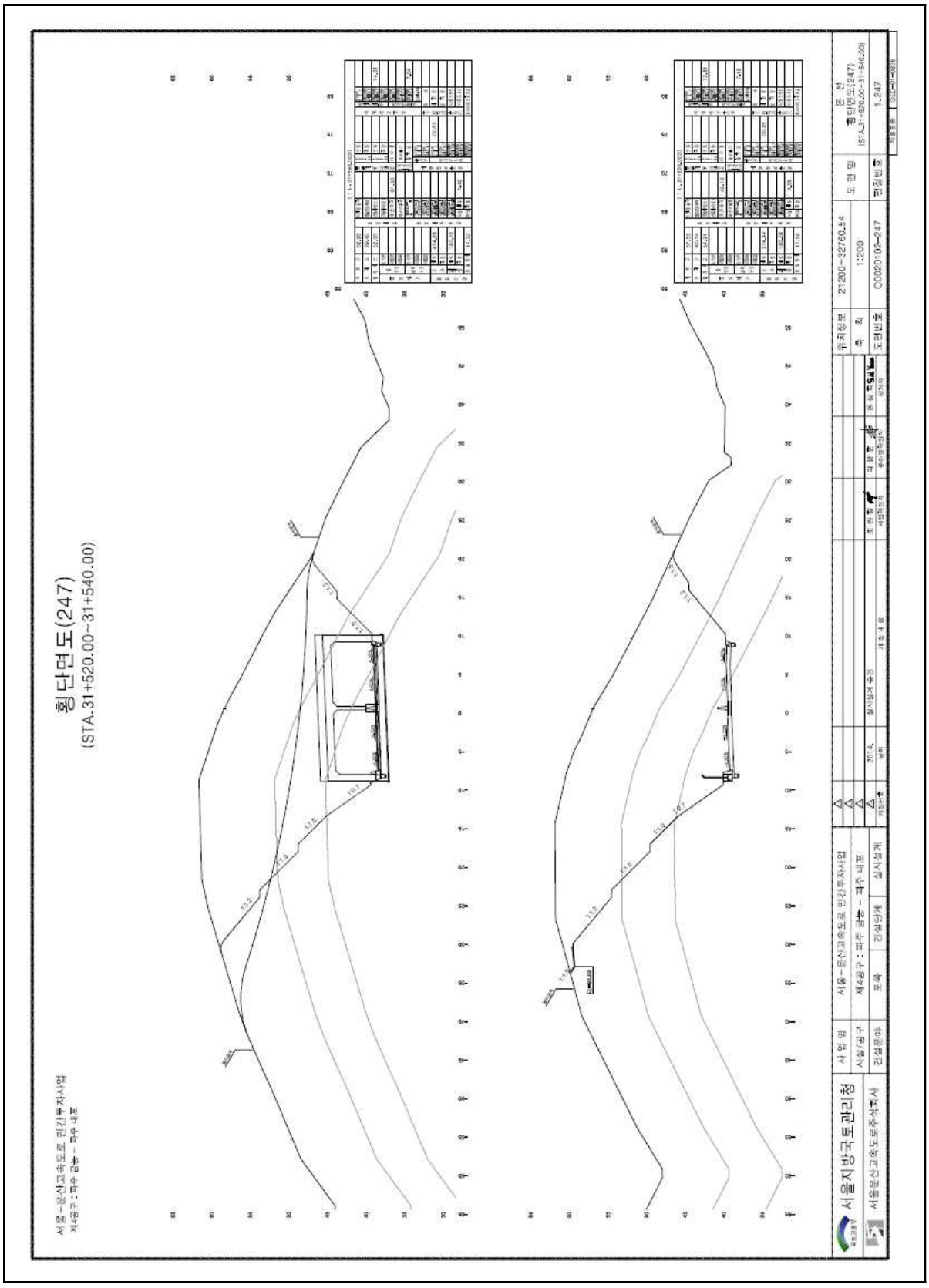
【그림 3.1.13】 횡단면도(8)



【그림 3.1.14】 횡단면도(9)



【그림 3.1.15】 횡단면도(10)



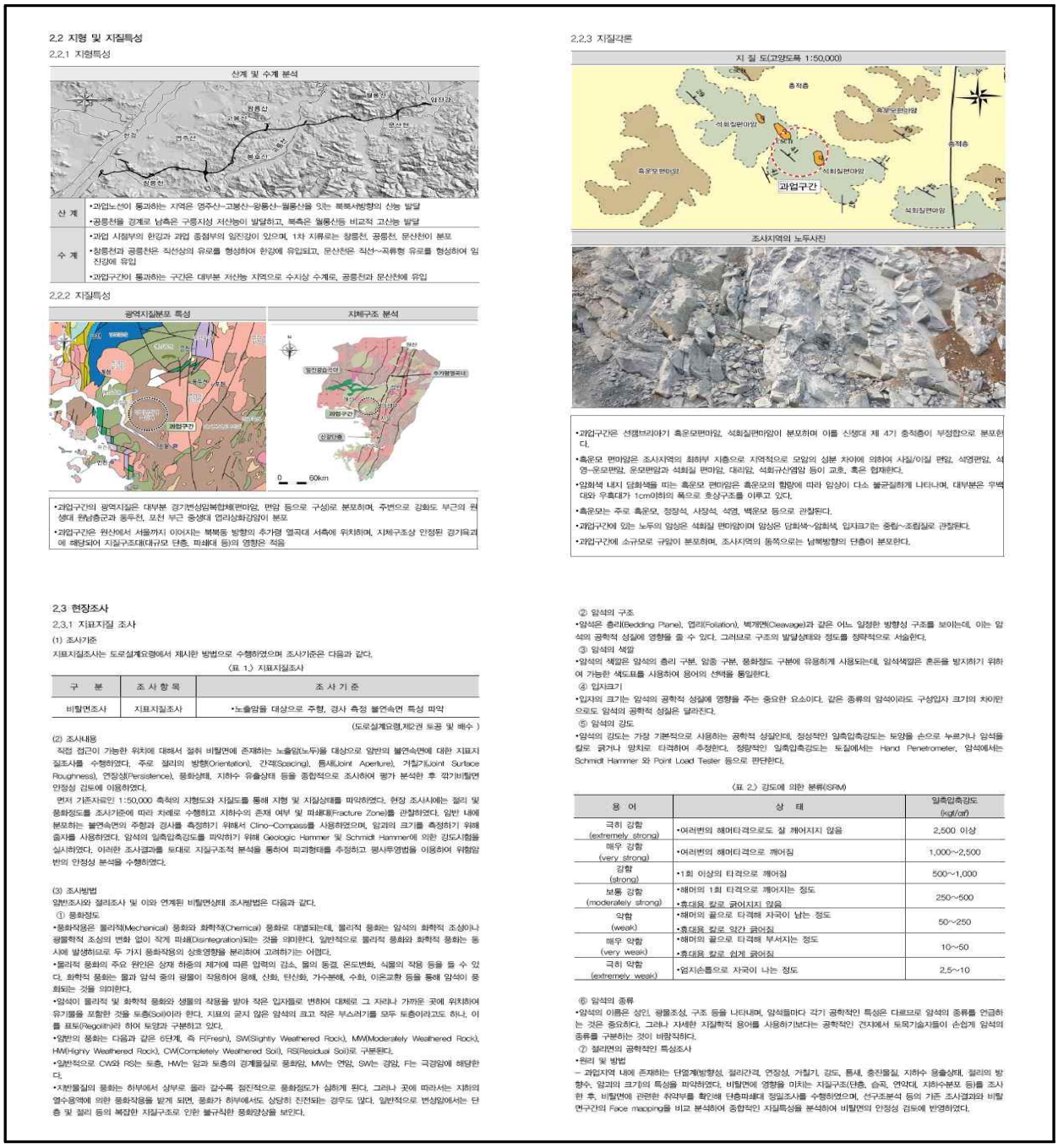
【그림 3.1.16】 횡단면도(11)

3.2 자료수집 및 분석

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

3.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질특성, 현장조사



2.2 지형 및 지질특성

2.2.1 지형특성

산계 및 수계 분석

산 계	•과업노선이 통과하는 지역은 영주산~고봉산~왕릉산~월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산능 비교적 고산능 발달
수 계	•과업 시점부의 한강과 과업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 직선상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 직선~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •과업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

2.2.2 지질특성

광역지질분포 특성 / 지체구조 분석

•과업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 강화도 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 염리상화강암이 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

지 질 도(고양도폭 1:50,000)

조사지역의 노두사진

•과업구간은 선캠브리아기 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.

•압화석 내지 담화석을 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~압화석, 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 일반의 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 깍기비탈면 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. 일반 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

일반조사와 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.

•일반의 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 흔히들 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/cm²)
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

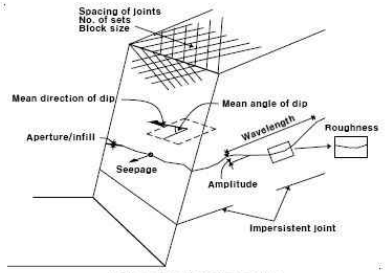
⑥ 암석의 종류

•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, 충진물질, 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(Persistance)

– 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			

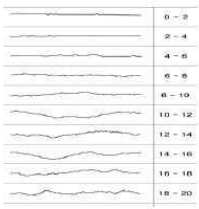
•절리 거칠기 (Roughness)

– 불연속면의 거칠기는 평균 평면에 대한 불연속면에 나타나는 작은 규모의 요철(uneveness)이나 큰 규모의 만곡(waviness)으로 정의된다. 실제에 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 본문 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 Features (폐쇄형)	1~10cm	Very Wide	Open Features (개방형)
0.1~0.25mm	Tight				
0.25~0.5mm	Partly Open		10~100cm	Extremely Wide	
0.5~2.5mm	Open	Gapped Features (틈새형)			
2.5~10mm	Moderately Wide		〉 1m	Cavernous	
〉 10mm	Wide				

•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 압축압축강도는 Schmidt Hammer시험이나 긁기 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/cm2)
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 충진된 경우를 제외하고는 일반적으로 깨끗한 면의 불연속면보다는 전단강도가 낮다. 그리고 충진된 불연속면의 거동은 간극에 대립하여 충진된 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)

– 일반에 교차되어 나타나는 불연속면군의 수는 암반의 외관이나 역학적 거동에 상당한 영향을 준다. 매우 조밀한 간격을 갖는 많은 수의 불연속면군이 나타나는 비틸면의 파괴형태는 평면형이나 전도형 파괴에서 회전형이나 원형파괴로 변화될 수 있다.

〈표 10.〉 절리군의 표현방법

구 분	설 명	구 분	설 명
I	• 괴상(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

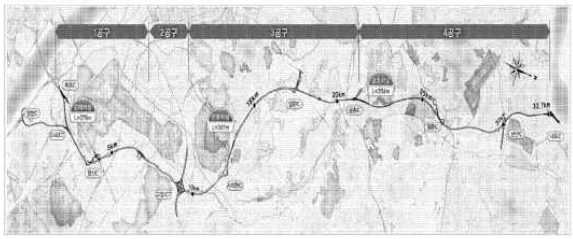
1.1 조사목적

사 업 명	• 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계
사 업 목 적	• 사업구간에 대한 최적설계와 시공에 필요한 지반공학적 정보 제공 • 터널설계 및 지보패턴 선정을 위한 암반등급 산정 • 교량 기초설계와 비탈면 안정해석을 위한 지반자료 제공 • 조사된 자료를 종합·분석하여 경제적이고 효율적인 설계 및 시공을 위한 자료 제공

1.2 조사위치

사업위치	• 경기도 고양시 덕양구 강매동(덕양구 덕은동) ~ 경기도 파주시 문산읍 내포리

구 분	구 간(STA.)	연 장	비 고
1공구	0+000~7+260	• 본선 7.3km, 지선 2.0km	• 지선, 현천IC, 북로JCT, 도내JCT
2공구	7+260~9+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	• 월롱IC, 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	-	-
현장조사 및 시험	물리탐사	2012. 05	2012.10 ~ 11	-	-
	시추조사	2012. 03 ~ 06	2012. 10 ~ 12	2013. 02 ~ 05	2014. 06 ~ 08
	현장시험	2012. 03 ~ 07	2012. 10 ~ 12	2013. 02 ~ 04	-
	실내시험	2012. 06 ~ 07	2012. 11 ~ 12	2013. 04 ~ 05	-
성과분석 및 보고서 작성		2012. 07 ~ 2014. 09			

1.4 조사장비

조 사 항 목		조 사 장 비
지표지질조 사	지표지질조사	• Clinocompass, Profile gauge, Schmidt hammer
	선구조분석	• Landsat-5 TM & DEM • 항공사진
물리탐사	전기비저항탐사	• SAS4000(ABEM, 스웨덴)
	탄성파탐사	• TERRALOCMK6(ABEM, 스웨덴)
현장조사 및 시험	시추조사	• 유압식 시추기 및 부속장비 1식
	SPT효율시험	• Foundation Pile Diagnostic System-5
	현장투수시험	• 줄자, Stop Watch
	수압시험	• Single Packer, 유량계, Stop Watch, 부대장비
	공내재하시험	• Goodman Jack/Elastometer-2/LLT
	공내전단시험	• BST(Handy Geotechnical Ins. Co, 미국)
	공내영상촬영	• Geologger-3 OBI System(OYO, 일본)
	하향식탄성파탐사	• TERRALOCMK6(ABEM, 스웨덴)
	S-PS검층	• Suspenson PS Logger 3660A(OYO, 일본)
	밀도검층	• Micro Logger (Robertson, 영국)
실내시험	토질시험	• 시험기 1식
	암석시험	• 시험기 1식

물리탐사

현장시험

공내검층

실내시험

1.1 토질의 분류 및 기재방법

• 흙의 공학적 특성을 파악하여 토질설계의 기초 자료로 활용

○ 개 요

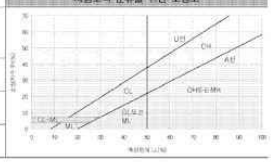
흙의분류	• 흙의 공학적 분류는 1차 분류 수행 후, 최종적으로 통일분류법(USCS)을 기준으로 분류
기재방법	• 시추주상도의 지층구분은 통일된 기호를 사용하고 N값은 사질토의 상대밀도 및 점성토의 연경도를 추정하는데 사용
기술내용	• 지층상태는 매립층, 전답층, 붕적층, 충적층, 풍화토, 풍화암으로 지층 구분 • 함수상태는 건조(Dry), 습윤(Moist), 젖음(Wet), 포화상태(Saturated)로 구분 • 색조는 흑, 갈, 홍, 적, 황색등에 담(연한)과 암(진한)의 접두어를 사용

1.1.1 토질의 분류방법

○ 육안관찰에 의한 분류방법(구조물기초 설계기준, 2008)

구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓을		습윤상태에서 손가락으로 끈모양으로 굴때
		건 조 상 태	습 윤 상 태	
모 래 (Sand)	• 개개입자의 크기가 판별될 수 있는 입상을 보임 • 건조 상태에서 흩어내림	• 덩어리로 되지 않고 흐트러짐	• 덩어리지나 가볍게 건드리면 흐트러짐	• 끈모양으로 꼬아지지 않음
실트섞인 모래 (Silty Sand)	• 입상이나 실트, 점토가 섞여서 약간 점성 있음 • 모래질의 특성 우세함	• 덩어리지나 가볍게 건드리면 흐트러짐	• 덩어리지며 조심스럽게 다루면 부서지지 않음	• 끈모양으로 꼬아지지 않음
모래섞인 실트 (Sandy Silt)	• 적당량 세립사와 소량의 점토를 함유하고 실트 입자 50% 이상 • 건조되면 덩어리가 쉽게 부서져서 가루가 됨	• 덩어리지며 만져도 부서지지 않음 • 부서지면 밀가루와 같은 감촉	• 덩어리지며 자유롭게 다루어도 부서지지 않음 • 물을 부으면 서로 엉킴	• 끈모양으로 꼬아지지 않으나 작게 끊어지고 부드럽고 약간의 점성 있음
실 트 (Silt)	• 세립사와 점토 함량이 국소량이고 실트입자 함량이 80% 이상 • 건조되면 덩어리나 쉽게 부서져서 밀가루 감촉의 가루로 됨	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 물에 젖으면 엉킴	• 완전히 꼬아지지는 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아지고 부드러움
점 토 (Clay)	• 건조되면 아주 딱딱한 덩어리의 상태로 됨 • 건조 상태에서 잘 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 찰흙 상태로 됨	• 길고 얇게 꼬아지며, 점성 큼

○ 통일분류법

주 요 구 분			기호	대표적인 흙	분 류 기 준		
조립토 (Coarse-Grained Soil)	자갈 #4체(4mm)에 50% 이상 남음	세립분이 약간 또는 거의 없는 자갈	GW	• 입도분포가 좋은 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음	세립분의 함유율에 의한 분류 :	Cu > 4 (Cu=D_{60}/D_{10}) 1<Cg<3 (Cg=$(D_{30})^2/(D_{10}\times D_{60})$)	
			GP	• 입도분포가 나쁜 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음		GW의 조건이 만족되지 않을 때	
		세립분을 함유한 자갈	GM	• 실트질의 자갈, 자갈·모래·실트의 혼합토	200번체 통과율이 5%이하인 경우 GW, GP, SW, SP	Atterberg 한계가 A선 밑 또는 소성지수가 4이하	소성지수가 4~7이면서 Atterberg 한계가 A선 위에 존재 할 때는 2중 문자로 표시
			GC	• 점토질의 자갈, 자갈·모래·점토의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 위 또는 소성지수가 7이상	
	모래 (Sand) #4체(4mm)에 50% 이상 통과	세립분이 약간 또는 거의 없는 모래	SW	• 입도분포가 좋은 모래 또는 자갈질의 모래, 세립분은 약간 또는 없음	200번체 통과율이 12%이상인 경우 GM, GC, SM, SC	Cu > 6 1< Cg <3	
			SP	• 입도분포가 불량한 모래 또는 자갈질 모래		SW의 조건이 만족되지 않을 때	
		세립분을 함유한 모래	SM	• 실트질의 모래, 모래와 실트의 혼합토	200번체 통과율이 5~12%인 경우 2중 문자로 표시	Atterberg 한계가 A선 밑에 있거나 소성지수가 4 이하	소성지수가 4~7이면서 Atterberg 한계가 A선 위에 존재 할 때는 2중 문자로 표시
			SC	• 점토질의 모래, 모래와 점토의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 밑에 있거나 소성지수가 7 이상	
세립토 (Fine-Grained Soil) #200체(0.075mm) 50%이상 통과	액성한계 50% 이하인 실트나 점토		ML	• 무기질의 실트, 매우 가는 모래, 암분, 소성이 작은 실트질의 세사나 점토질의 세립사	• 소성도(Plasticity Chart)는 세립토에 함유된 세립분과 세립토를 분류하기 위해 사용 • 소성도의 빗금친 곳은 2중 표기		
			CL	• 소성이 중간값 이하인 유기질 점토, 자갈질 점토, 모래질 점토, 실트질 점토			
			OL	• 소성이 작은 유기질 실트 및 점토	세립토의 분류를 위한 소성도		
	액성한계 50% 이상인 실트나 점토		MH	• 무기질 실트, 운모질 또는 규소의 세사 또는 실트질 흙, 탄성이 큰 실트			
			CH	• 소성이 큰 무기질 점토, 탄성이 큰 점토			
			OH	• 탄성이 중간값 이상인 유기질 점토			
고유기성 흙			Pt	• 이탄 및 그 밖의 유기질을 많이 함유한 흙			

1.2 암반의 분류 및 기재방법

- 일반적으로 연암, 보통암, 경암으로 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 제시한 "공학적 목적을 위한 암석시료의 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(연함), 암(진한)의 명암 및 혼색의 서술용어를 사용
- 강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류

1.2.1 암반의 분류방법

기본방향

- 지반조사시 암반의 분류는 TCR, RQD, 시추 굴진상태 및 시추 굴진속도, 풍화상태를 관찰하여 시추주상도에 기재하고, 한국도로공사의 분류기준을 참고로 하여 풍화암, 연암, 보통암, 경암으로 구분
- 토공의 작업성(리퍼빌리티)에 의거한 분류는 토사, 리핑암, 발파암으로 구분

○ 토공작업 리퍼빌리티에 따른 암반의 분류(도로설계편람, 2012)

구 분		토 공 작 업		
		토 사 (도저)	리 핑 암	발 파 암
표준관입시험 (N값)		50/10 미만	50/10 이상	-
불연속면의 발달 빈도	BX 크기	-	TCR=5% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=5~10% 이상이고 RQD=0~5% 이상
	NX 크기	-	TCR=20% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=20% 이상이고 RQD=10% 이상
탄성파속도	A그룹 암종	700m/sec 미만	700~1,200m/sec 미만	1,200m/sec 이상
	B그룹 암종	1,000m/sec 미만	1,000~1,800m/sec 미만	1,800m/sec 이상

주) · A그룹 암종 : 편마암, 사질편암, 석회암, 사암, 응회암, 역암, 화강암, 안산암 · B그룹 암종: 흑색편암, 녹색편암

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

기본방향

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

○ 국내의 암반분류 기준

구 분	분류목적	분류요소	주 요 내 용	비 고
도로설계편람	토 공	• 탄성파속도 (자연암석) • 내암강도 • 암석종류	• 암석의 꺾기 난이도를 기준으로 분류 • 일축압축강도에 의한 암종별 특성치 범위 규정	국토교통부 (2012)
용역협회기준	시 추 암석분류	• 탄성파속도 • 일축압축강도	• 시추주상도상의 암석종류 기재시 탄성파속도 및 일축압축강도에 의한 분류	한국엔지니어링 진흥협회 (2004)
서 울 시	토목공사	• TCR, RQD • 일축압축강도 • 절리면 간격	• TCR, RQD에 의한 암반분류 • 암종별 일축압축강도 및 절리면 간격 등을 고려한 분류내용 기재	서울시 지반조사편람 (2006)
서울 지하철	터 널	• TCR, RQD • 일축압축강도 • 절리면 간격 • RMR과 연계	• 서울지하철 분류기준에 의하여 TCR, RQD에 의한 암반분류 • 암종별 일축압축강도 및 절리면 간격 등을 고려한 분류내용 기재	서울지하철 9호선 설계기준(안) (1997)
고 속 철 도	터 널	• 일축압축강도 • 탄성파속도 • 변형계수 • 지반강도비 • TCR, RQD • 현장 육안관찰	• RQD 및 일축압축강도 등 개별요소에 의해 암반등급 결정 가능성 제시 • 변형계수 및 지반강도의 범위 제시	고속철도 전문시방서 지반분류 (2006)
한국도로공사	터 널	• RQD, TCR • RMR • Q-System • 탄성파속도 • 일축압축강도	• 기존 암반분류 기준으로 적용, RQD 및 일축압축강도 등 개별요소에 의해 암반등급결정 범위 제시	한국도로공사 암반분류기준 (2005)

2.3 현장조사

2.3.1 시추조사

기본방향

- 지반의 성상을 조사하고 시료의 채취 및 각종 원위치 공내시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료 제공
  - -지반의 수직적 분포상태, 파쇄대 및 단층대 확인, 지반 공학적 특성 파악 및 시료 채취
  - -암질상태, 균열상태, 파쇄구간의 분포 및 암석의 강도정수를 구할 수 있는 시료 확보

○ 방법

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

시 추 작 업 전 경 (BH-30)

시 추 작 업 전 경 (BH-234)

○ 적용현황

- 터널구간은 설계에 필요한 지반상태 파악을 위해 계획고하 0.5D까지 시추
- 교량구간은 기초의 침하에 영향을 주지 않는 심도인 풍화암 7.0m, 연암 3.0m, 경암 1.0m 이상 시추
- 깎기구간은 계획고하 2.0m 까지 시추
- 쌓기구간은 침하에 영향을 주지 않는 30/30이상 3회 또는 풍화암 3.0m 시추

결과활용

- 지층상태 및 지지층 확인, 암반분류, 현장시험 및 채취된 시료를 이용하여 실내 토질 및 암석시험 실시
- 주상도 작성으로 암반분류 및 지보패턴 설계에 활용
- 단면도 작성으로 비탈면 설계에 활용

2.3.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

○ 시험굴조사

기본방향

- 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

- 시험전 표준사 단위중량을 측정
- 시험장소의 지표면을 정리 후 준비된 굴착도구로 흙을 채취 후 '시험기+모래' 무게를 측정, 시험기를 밑판 위에 밀착시킨 후 밸브를 열어 모래를 자유낙하 시킴
- 모래의 흐름이 멈추면 밸브를 닫고 시험기를 들어내고, 밑판 위의 모래를 쓸어모아 시험기에 담음
- 채취된 습윤토 무게와 '시험기+남은 모래' 무게 측정
- 급속 건조기로 마년 흙의 함수비를 측정

시험전경(원지반 상태)

결과활용

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

○ 현장밀도시험

기본방향

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

▮ 시험 방법(모래치환법)

- 시험 장소의 지표면을 수평으로 고름
- 지표면에 밑판을 밀착 후 내측의 흙을 팜
- 파낸 흙의 전체중량을 측정함
- 밑판구멍에 깔때기를 맞추어 측정기를 세움
- 밸브를 열고 병 속의 표준사 이동이 멎는 것을 확인한 후 밸브를 잠금
- 측정기와 남은 모래의 중량을 재고 시험 구멍 및 깔때기를 채우는데 필요한 모래의 중량을 구함
- 깔대기를 채우는 데 필요한 모래의 중량을 구하고 시험 구멍의 체적을 구함

○ 적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	깎 기 구 간	쌓 기 구 간	합계
수 량(회)	-	-	3	-	3

결과활용

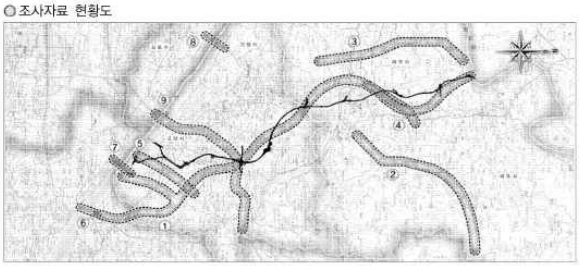
- 다짐특성 파악을 통한 시공단계에서 흙쌓기 다짐관리
- 풍화대의 단위중량 파악
- 토량 환산계수 산정

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 시설사업 지반조사보고서(2007.8)
②	• 조리~법원 도로건설공사 실시설계보고서(2005.12)
③	• 문발~낙하간 도로 확포장공사 일반보고서(2004.9)
④	• 금촌~월롱간 도로 확포장공사 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 민간투자시설사업 지반조사보고서(2007.8)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 시추조사 113공 (터널 15공, 교량 72공, 깎기 6공, 쌓기 12공, 토취장 8공) • 전기비저항 2,000m • 탄성파탐사 6,510m(터널부, 깎기부, 교량부) • 공내영상촬영 7회 • 공내전단시험 8회 • 공내재하시험 34회 • 하향식탄성파탐사 5공 • 절리면전단 6회, 삼축압축 9회, 암유용성 5회	• 토성분류시 대부분 SM으로 나타남(부분적 ML, CL분포) • 하천주변으로 점성토 연약지반 출현(4개 구간) – 층후 : 1.0~3.3m, – 토성 : ML, CL • 창릉천교 지지층 : 연암 GL(–) 15.0~19.4m에 분포 – 기초형식 : 말뚝기초, 현장타설말뚝 • 터널통과구간 암반등급 – 문봉터널 : 2~3등급, 금촌터널 : 2~3등급

1.1.2 인근지역 조사 자료 분석

○ 조리~법원 도로건설공사 실시설계보고서(2005.12)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 시추조사 77공(터널 4공, 깎기 12공, 교량 58공, 쌓기 2공, 토취장 1공) • 시험굴조사 16개소(깎기부 15개소, 토취장 1개소) • 핸드오거보링 22개소(쌓기부) • 탄성파탐사 1,555m(터널부 550m, 깎기부 1,005m) • 전기비저항탐사 720m(터널부) • 공내영상촬영 4회(깎기부) • 공내재하시험 11회(터널부 4회, 교량부 7회) • 공내전단시험 깎기부 5회 • 토질/암석시험 1식	• 토성분류시 대부분 SM으로 나타남(부분적 ML, CL분포) • 대능1교 지지층심도 : 2.5~16.5m – 기초형식 : 강관말뚝기초(시점 교대부 및 본선구간), 직접기초(본선구간 및 종점 교대부) • 깎기/쌓기(10/12개 구간) 비탈면 해석결과 일부 깎기 4개 구간에서 불안정한 것으로 해석됨 • 깎기부 일부구간 무한사면 형성 • 터널통과구간 암반등급 – 호영터널 : 3~5등급

○ 문발~낙하간 도로 확포장공사 일반보고서(2004.9)

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

○ 금촌~월롱간 도로 확포장공사 실시설계 토질조사보고서(2004.2)

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

○ 강매~원흥간 도로 개설공사 실시설계 종합보고서(1999.5)

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

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

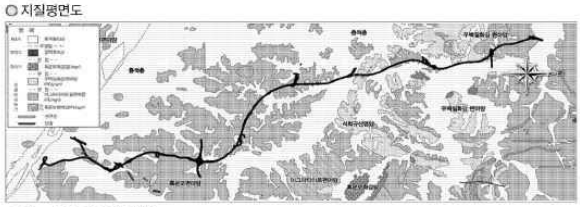
조 사 내 용	분 석 내 용
• 1공구 – 시추조사 123공(교량 104공, 깎기 14공, 성토 5공) • 2공구 – 시추조사 94공(교량 83공, 깎기 11공) – 핸드오기보링 14개소 – 시험굴조사 6개소	• 매립층, 충적층(SC, CL, SM, GM), 풍화대 및 기반암 • 성사2교 지지층심도 : 3.7~9.3m – 기초형식 : 직접기초 • 새말교 지지층심도 : 5.0~9.4m – 기초형식 : 직접기초(교각), 강관말뚝기초(교대) • 벽제교 지지층심도 : 2.3~9.7m –기초형식 : 직접기초

2.2 지표지질조사

2.2.1 지질분포특성 분석

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

○ 지질평면도



○ 분포 암종 및 특성 분석

▮ 흑운모편마암

- 사업구간 대부분 지역에 분포하며, 변성과정에서 생성된 편리가 발달하여 이방성 특성이 있음
  → 편리와 평행한 방향으로 강도는 약하고 변형이 크며, 수직인 방향으로는 강도는 강하고 변형이 적음
- 흑운모편마암은 풍화에 약함 → 편리를 구성하는 유색광물들은 풍화에 취약한 광물임

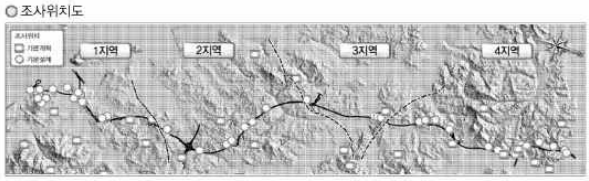
▮ 화강암

- 사업구간 시점 인근지역에 분포하며, 흑운모편마암을 관입
- 암석의 강도가 크고 입자간의 공극이 비교적 작아 하중이 가해지면 탄성변형에 가까운 변형 특성을 보임

2.2.2 절리특성 분석

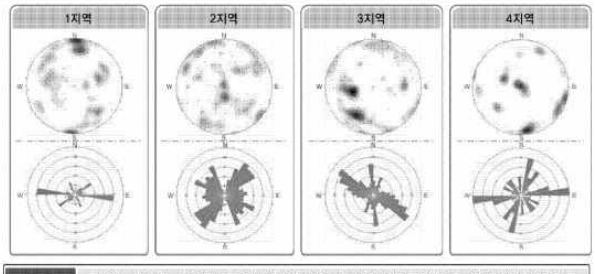
기본방향
- 깎기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악
- 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 거칠기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악

○ 조사위치도



○ 결과분석

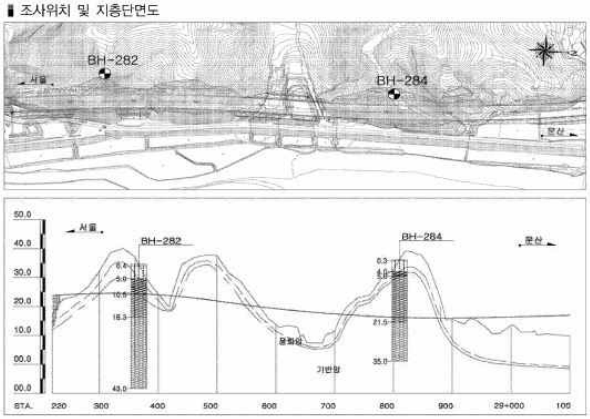
구 분	지형적 특성	지질분포 특성	절리군 특성
1지역 (사업시점~5+600)	• 독립적 산능 발달 • 저산능의 구릉지성산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 고각 및 저각절리 발달 • EW주향 절리 발달
2지역 (5+600~15+500)	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달 • 산간 소계곡부 농경지대 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 호상구조	• 절리의 방향성 다양 • NE 내지 NW주향 절리 발달
3지역 (15+500~27+200)	• 독립적 산능 발달 • 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 35~60 저각절리 우세 • NW주향 절리 발달
4지역 (27+200~사업종점)	• 월롱산 측면부 통과 • 비교적 높은 산능지대 형성	• 흑운모편마암 분포 및 편리 발달 • 주변부 석회규산염암 분포	• 고각절리 우세 • 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 깎기 4-4구간(STA.28+210~29+080) : BH-282, 284

▮조사위치 및 지층단면도



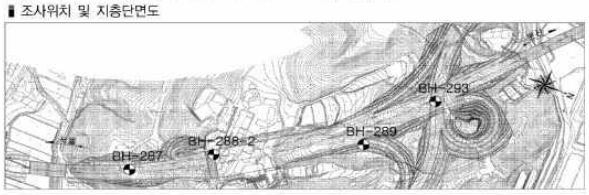
▮지층상태

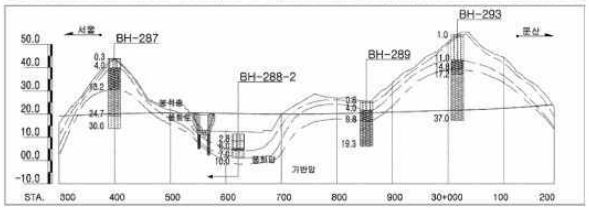
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
표토층	0.0	0.3~0.4	실트질 모래	-
풍화토	0.3~0.4	3.7~4.6	실트질 모래	32/30~50/15
풍화암	4.0~5.0	1.6~5.5	실트질 모래	50/10~50/7
연 암	5.6~10.5	7.8~15.9	편마암	50~100/0~37
보통암	18.3~21.5	13.5~24.7	편마암	55~100/10~70

구 분	지 층 개 요
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 • 갈색의 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 4.0~5.0m에서 1.6~5.5m 층후로 분포하며 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 • BH-282번공에서 암편상 코어 회수(9.4~10.5m)
연 암	• 지표하 5.6~10.5m에서 7.8~15.9m 층후로 분포하며 갈색~암회색의 편마암으로 구성 • RQD=0~37%로 매우불량~보통양호한 암질상태
보통암	• 지표하 18.3~21.5m에서 13.5~24.7m 이상 층후로 분포하며 갈색~암회색의 편마암으로 구성 • RQD=10~70%로 매우불량~양호한 암질상태

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

▮조사위치 및 지층단면도





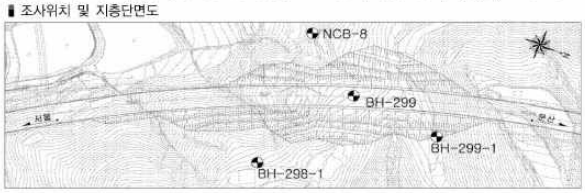
▮지층상태

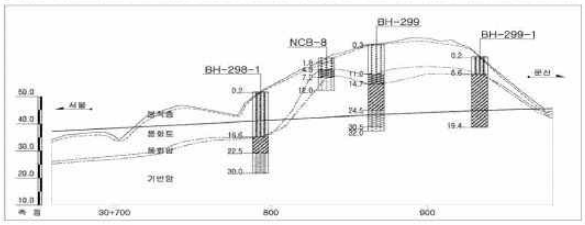
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층/매립층	0.0	0.3~2.8	실트질 모래	4/30~7/30
풍화토	0.3~2.8	1.0~10.0	실트질 모래	15/30~50/12
풍화암	3.8~11.0	3.2~9.2	실트질 모래	50/10~50/1
연 암	8.8~14.8	2.4~10.5	편마암	54~100/10~46
보통암	13.2~17.2	11.5~19.8	편마암	49~100%/0~70%
경 암	7.0~24.7	3.0~5.3	편마암	100%/63~92%

구 분	지 층 개 요
붕적층/매립층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~2.8m 층후로 분포 • 담갈색~황갈색의 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.3~2.8m에서 1.0~10.0m 층후로 분포 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 3.8~11.0m에서 3.2~9.2m 층후로 분포하며 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 8.8~14.8m에서 2.4~10.5m 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=54~100%로 보통양호~매우양호한 암질상태
보통암	• 지표하 13.2~17.2m에서 11.5~19.3m 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=0~70%로 매우불량~양호한 암질상태
경 암	• 지표하 7.0~24.7m에서 3.0~5.3m이상의 층후로 분포하며, 유백색의 편마암으로 구성 • RQD=63~92%로 양호~매우양호한 암질상태

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

▮조사위치 및 지층단면도





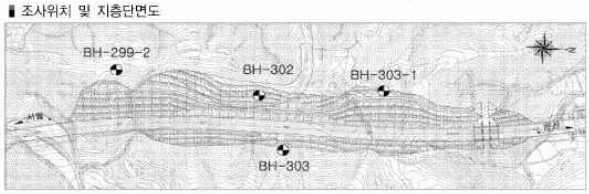
▮지층상태

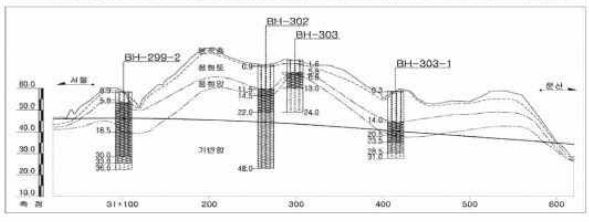
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~4.3	실트질 모래	18/30~27/30
풍화토	0.0~0.3	6.6~16.6	실트질 모래	9/30~50/14
풍화암	4.3~11.0	2.9~3.7	실트질 모래	50/10~50/3
연 암	6.6~16.6	5.9~19.4	편마암	40~100%/0~39%
보통암	24.5	6.0	편마암	100%/20~75%
경 암	7.2~30.5	1.5~7.5	편마암	90~100%/60~81%

구 분	지 층 개 요
붕적층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~4.3m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토	• 지표하 0.0~0.3m에서 6.6~16.6m 층후로 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화토	• 지표하 4.3~11.0m에서 2.9~3.7m 층후로 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 6.6~16.6m에서 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
경 암	• 지표하 7.2~30.5m에서 1.5~7.5m이상 층후로 분포, RQD=60~81%로 보통양호~매우양호한 암질상태

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

▮조사위치 및 지층단면도





▮지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	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
연 암	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%
경 암	13.0~33.0	2.5~11.0	편 마 암	96~100%/68~83%

구 분	지 층 개 요
붕적층	• 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 • 습윤하며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀로 심도에 따라 편차가 크게 나타남
풍화암	• 지표하 5.0~14.0m에서 0.8~13.5m 층후로 분포하며 굴진시 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 6.6~20.5m에서 3.0~14.6m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • 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 • TCR/RQD는 98~100%/44~76%로 보통양호~양호한 암질상태
경 암	• 지표하 13.0~33.0m에서 2.5~11.0m 이상 층후로 분포하며, 편마암으로 구성 • 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 분석기법들(한계평형, 수치해석, 파괴확률 등)의 비교를 통한 최적 설계 •비탈면 보호공법 및 유지관리 계획으로 시공 중·후 및 정기적인 비탈면의 안정성 확보

1.1.1 기본방향

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
지반정수 산정	•지반조사 결과분석 및 상관성 분석에 의한 설계 지반정수 도출 •연속체, 불연속체 지반정수의 체계적인 분석 및 결정
비탈면 안정검토	•다양한 분석기법의 도입으로 인한 해석결과의 비교, 분석으로 적정성 검증 •사업구간의 절리특성을 반영한 확률 절리망 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 에너지강도를 통한 낙석방지울타리의 설치여부 검토
비탈면 유지관리계획	•계측계획 수립, 시공 중 및 시공 후 유지관리 계획 제시

1.2.2 깎기비탈면 지반특성 및 현황

○ 깎기비탈면 지반특성

•깎기비탈면 토사층은 시추조사결과 풍화토(SM), 풍화암으로 구성되어 있고, 대체적으로 풍화대가 두텁게 분포하며, 기반암의 암종은 흑운모편마암이 주로 분포함
•깎기고 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
4공구	본선	깎기 1구간	21+600 ~ 22+580	토사	좌측	16.7	21+940	-
				토사	우측	8.7	22+040	-
		깎기 2구간	23+730 ~ 24+440	토사	우측	19.3	23+760	-
				암반	우측	19.2	23+820	-
				토사	좌측	16.3	23+860	-
				토사	좌측	12.5	24+240	-
		깎기 3구간	25+160 25+960	토사	좌측	11.3	25+880	-
					좌측	11.9	25+900	단기 터파기
		깎기 4구간	28+210 ~ 29+080	토사/암반	좌측	25.4	28+340	-
				토사	좌측	32.1	28+360	-
				암반	좌측	27.8	28+480	-
				암반	좌측	33.9	28+800	-
				토사	좌측	15.3	28+920	-
		깎기 5구간	29+300 ~ 30+180	암반	좌측	25.0	29+380	-
				토사	좌측	22.9	29+400	-
				토사	우측	21.5	29+980	-
				암반	좌측	23.9	30+020	-
				암반	우측	36.1	30+020	-
		깎기 6구간	30+680 ~ 32+460	토사	우측	23.2	30+780	-
				암반	우측	26.4	30+840	
				토사	좌측	22.3	30+880	-
				토사	우측	24.6	30+880	-
				암반	좌측	25.2	30+900	-
				암반	우측	25.2	30+920	-
				토사	좌측	35.6	31+180	-
				토사/암반	좌측	39.2	31+220	-
				암반	좌측	38.8	31+300	-
				토사	좌측	28.0	31+420	-
				토사	좌측	14.2	31+860	-
	월롱IC	Ramp-A	0+140 ~ 0+400	토사	우측	11.9	0+360	-
	산단IC	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	-

제 2 장 비탈면 안정성 검토

2.1 설계개요

기본방향	•쌓기 비탈면 중 쌓기고가 10.0m인 이상인 구간에 대하여 안정성 검토 •깎기 비탈면 중 토사층이 깊고 지층변화가 심한 구간에 대하여 대표단면 선정 •비탈면 한계평형해석 검토 후 확률분포 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

○ 개 요

•일반적으로 적용되는 한계평형해석 및 지하수 모델의 불합리성을 극복하기 위해 한계평형해석과 유한요소해석간의 연계해석을 수행
•강도감소법을 이용하여 지반내 응력 상태를 재현, 보다 실제에 가까운 파괴 활동 및 지반내 응력변화, 비탈면에서의 전단파괴 영역 및 소성범위를 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 안정한 것으로 판단
•한계평형이론에 의한 비탈면안정 해석방법은 여러 가지가 있으며 그 정확성은 강도정수의 결정과 지반의 파괴형태를 의미하는 파괴모드의 가정방식에 의해 좌우됨
•파괴모드는 토사비탈면의 경우 지층구성에 의해 원호, 평면 혹은 복합활동파괴 등으로 구분
•토사비탈면의 파괴모드는 곡면형태의 함수(원호 혹은 대수나선 등)로 가정하여 해석을 수행

가상파괴면	n번째 절편에 작용하는 힘

$$\cdot Fs = \frac{1}{\sum W_n \sin\alpha}\sum(cb_n + W_n \tan\phi + \Delta T \tan\phi)\frac{1}{m_{\alpha(n)}} \quad \cdot m_{\alpha(n)} = \cos\alpha_n + \frac{\tan\phi \times \sin\alpha_n}{F_s}$$

여기서, W_n : n번째 절편에 흙의 중량(=γ×b×h)(kN/m)
α : 경사각(°) c : 흙의 점착력 (kPa)
b_n : n번째 절편의 폭(m) ϕ : 흙의 내부 마찰각(°)
ΔT : $T_n - T_{n+1}$ n : n 절편의 측면에 작용하는 수평력

2.1.2 암반 비탈면 안정해석

•현장조사결과를 반영한 평사투영해석, SMR평가 등을 통하여 암반비탈면 안정성 예비평가
•잠재적인 파괴가능성을 내포한 비탈면에 대해 한계평형해석 및 수치해석 수행
•암반 절리특성의 불확실성을 고려한 암반비탈면의 파괴확률 산정

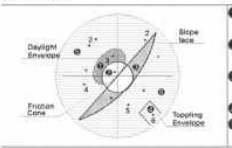
○ 개 요

•현장 지질조사를 통하여 조사된 불연속면의 절리방향과 내부마찰각을 평사투영하여 암반 비탈면 붕괴유형별 안정성 평가(DIPS)
•절리면을 따라 암괴에 미치는 응력분포와 절리면의 전단저항특성, 지하수 조건 등을 고려한 한계평형식을 적용하여 비탈면 안정해석 수행(SWEDGE, ROCPLANE)

○ 평사투영해석 (Stereographic Projection Method)

•평사투영법은 대원(Great Circle, 쐐기파괴의 가능성 예측)과 극점(Pole, 평면 및 전도파괴의 가능성 예측)으로 해석하는 두 가지 방법으로 대별
•불연속면의 간 연성선 외에 충진물 협재, 지하수 유동 등 위험요소를 내포한 절리와 단층과 같은 불연속면은 평사투영 해석시 방향성이 우세하게 나타나지 않아도 중요 위험불연속면으로 고려하여 해석

▮ 검토 방법

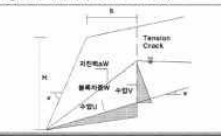


❶ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 큰 Daylight로서 불안정한 지역
❷ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 작은 Daylight로서 안정한 지역
❸ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 작으며, Daylight도 아닌 안정한 지역
❹ 지역 : Toppling 붕괴의 위험성이 잠재된 불안정한 지역
❺ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 크더라도 Daylight나 Toppling Envelope이 아니므로 안정한 지역

○ 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)



•단위두께의 절편으로 생각, 파괴블록의 양측면은 미끄럼 저항이 없는 자유면으로 간주
•미끄럼 안정균열은 비탈면에 평행(비탈면의 주향과 안정균열의 주향이 같음)
•파괴면의 자중, 수압에 의한 양압력 및 수압 등은 블록의 중심을 통하여 작용 $h/H = \sqrt{\cot\omega\tan\alpha} - \cot\alpha$
ω : 불연속면의 경사 α : 비탈면의 경사

3.2.2 시설물 점검이력

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

【표 3.2.1】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	394	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))사면은 록볼트 및 식생공이 시공되어있고, 하부 낙석방지울타리 및 옹형-L형이 설치되어 있다. 보호·보강공의 상태는 양호한 상태이다. 현재, 지반변형 등의 파괴징후는 1단 사면 숏크리트 백태, 누수흔적 및 백태, 소단배수로 균열(0.3mm이상), 망상균열, 토사퇴적, 파손 등 일부가 조사되었다. 해당 손상에 의한 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 강우시 손상이 진전될 수 있으므로, 보수실시여부 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	정비, 표면처리, 주입보수, 단면보수
2	정기안전점검 (하반기)	㈜명성 엔지니어링	394	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))사면은 록볼트 및 식생공이 시공되어있고, 하부 낙석방지울타리 및 옹형-L형이 설치되어 있다. 보호·보강공의 상태는 양호한 상태이다. 현재, 지반변형 등의 파괴징후는 1단 사면 숏크리트 백태, 누수흔적 및 백태, 소단배수로 균열(0.3mm이상), 망상균열, 토사퇴적, 파손 등 일부가 조사되었다. 해당 손상에 의한 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 강우시 손상이 진전될 수 있으므로, 보수실시여부 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	정비, 표면처리, 주입보수, 단면보수
3	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	394	- 1단 사면 숏크리트 백태, 누수흔적 및 백태, 상부 종균열 - 소단배수로 망상균열, 토사퇴적, 파손, 균열(폭 0.3mm이상)
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	정비, 표면처리, 주입보수, 단면보수 등

3.2.3 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 3.2.2】 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.	

3.2.4 시설물 보수 이력

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

【표 3.2.3】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

3.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

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

【표 3.2.4】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용	-	-

3.3 현장조사 및 시험

3.3.1 현황 및 특성

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

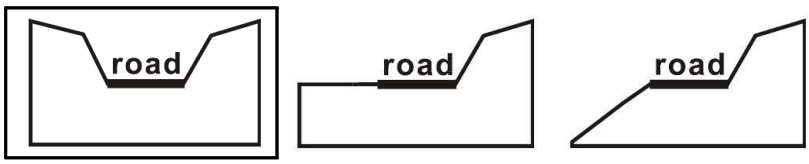
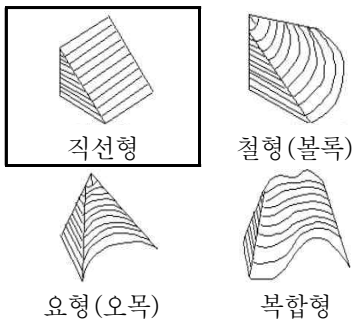
가. 일반현황 조사결과

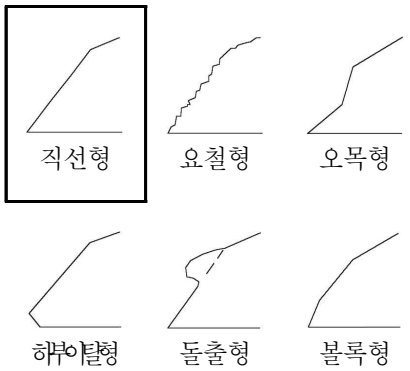
【표 3.3.1】 일반현황 조사결과

<table>
<tr><td>조사일자</td><td colspan="2">2022. 10. 21.</td><td>조 사 자</td><td>정 지 운</td></tr>
<tr><td>일 기</td><td colspan="2">맑음</td><td>준공년도</td><td>2020년 11월 06일</td></tr>
<tr><td>행정구역</td><td colspan="4">경기도 파주시 문산읍 내포리 산 24-33</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위 치</td><td colspan="4">시점 : 37° 50′ 07.0″ 126° 46′ 10.0″</td></tr>
<tr><td colspan="4">종점 : 37° 50′ 24.0″ 126° 46′ 09.0″</td></tr>
<tr><td colspan="4">관리이정 : 28.720 ~ 29.280 km</td></tr>
<tr><td rowspan="4">절토사면</td><td colspan="2">길 이 : 560.0m</td><td colspan="2">높 이 : 35.5m</td></tr>
<tr><td colspan="4">경 사/경사방향 : 69/089(평균경사 54°)</td></tr>
<tr><td colspan="2">구성물질 : 발파암, 리핑암, 토사</td><td colspan="2">토층심도 : 약 2.0m</td></tr>
<tr><td colspan="4">소 단 : 4개(폭 1.0m소단 3개, 폭 3.0m소단 1개)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">낙석/뜬돌</td><td colspan="2">낙석 존재유무 : 없음</td><td colspan="2">낙석의 양 : -</td></tr>
<tr><td colspan="4">낙석 평균크기 : -
낙석 최대크기 : -</td></tr>
<tr><td colspan="2">뜬돌 존재유무 : 없음</td><td colspan="2">뜬돌의 양 : -</td></tr>
<tr><td colspan="4">뜬돌 평균크기 : -
뜬들 최대크기 : -</td></tr>
<tr><td rowspan="9">절토사면
시공현황</td><td>종 류</td><td colspan="2">위 치</td><td>상 태</td></tr>
<tr><td>식생현황</td><td colspan="2">28.720~28.880k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>낙석방지울타리</td><td colspan="2">28.740~28.840k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>낙석방지망</td><td colspan="2">28.740~28.840k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>소단배수로</td><td colspan="2">28.760~28.855k</td><td>파손, 토사퇴적 등</td></tr>
<tr><td>록볼트</td><td colspan="2">28.800~29.100k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>숏크리트</td><td colspan="2">28.860~29.100k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>점검용 계단</td><td colspan="2">28.720~28.740k, 28.790k,
28.8500k, 28.900k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td rowspan="2">붕괴이력</td><td>유 형</td><td colspan="2">규 모</td><td>위 치</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>기 타</td><td>점검로 : ☑유 □무</td><td colspan="2">양호</td><td>□보수필요 ☑보수불필요</td></tr>
</table>

나. 사면특성 조사결과

【표 3.3.2】 사면특성 조사결과

<table>
<tr><td rowspan="3">주변지형의 특성</td><td>주변 지형</td><td colspan="4">산악지형</td></tr>
<tr><td>종단면 형상</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td>기타 특징</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>절토사면의 특성</td><td colspan="5">종횡단면 

종단면특성 
</td></tr>
<tr><td rowspan="7">상부 자연비탈면</td><td>경 사 도</td><td colspan="4">29°</td></tr>
<tr><td>인장균열</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>포행흔적</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>수목의 기울어짐</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>인공구조물</td><td colspan="4">무</td></tr>
<tr><td>산마루측구</td><td colspan="4">유</td></tr>
<tr><td>계곡부</td><td colspan="4">유</td></tr>
<tr><td rowspan="3">식 생</td><td>① 종 류</td><td>초 본</td><td>관 목</td><td>침 엽 수</td><td>활 엽 수</td></tr>
<tr><td>② 밀 도</td><td>하</td><td>하</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>③ 근계특징</td><td colspan="4">천근성 (O), 심근성 ( )</td></tr>
</table>

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 3개 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

【표 3.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	28.720~28.900	180.0	35.5	절리암반사면	
2구간	28.900~29.100	200.0	32.0	절리암반사면	
3구간	29.100~29.280	180.0	27.1	절리암반사면	

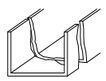
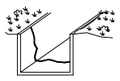
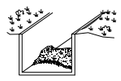
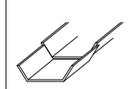
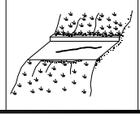
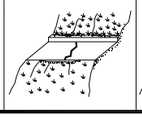
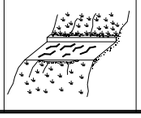
3.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)

절토사면명 : 절토사면(STA.31+100~31+600(좌)) / 28.720~29.280km

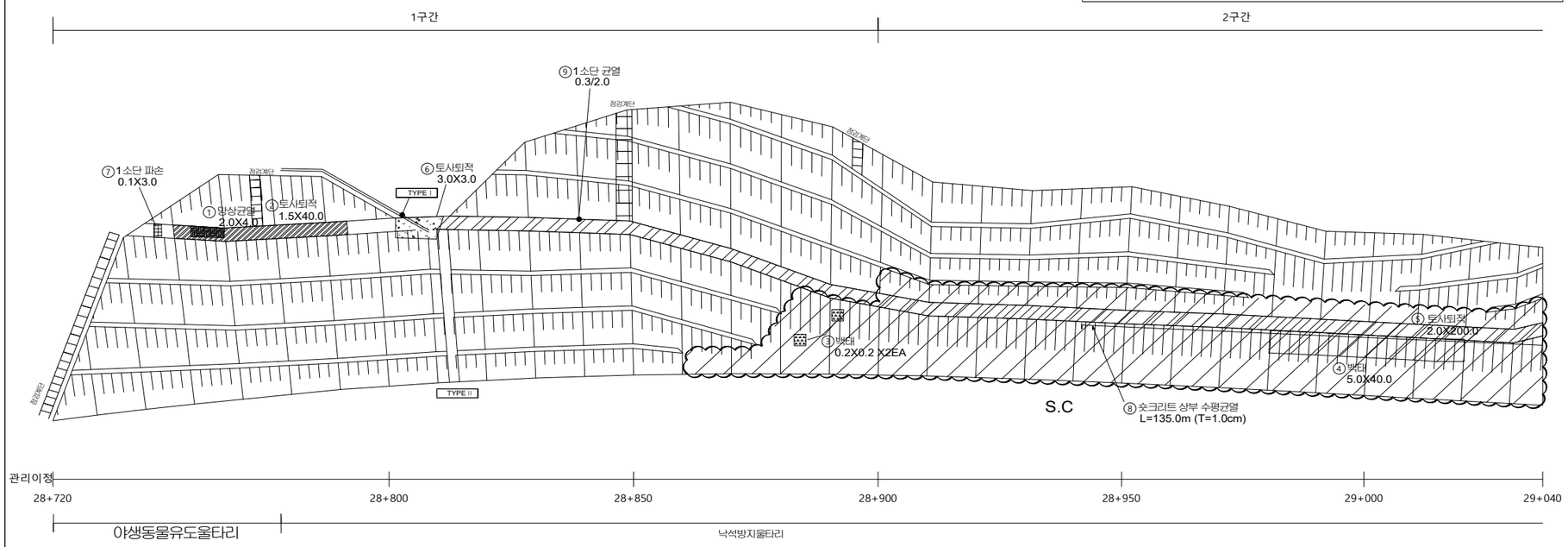
[방향 : 69/089 , 연장 : 560.0m , 높이 : 35.5m]

사면명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))
관리이정	STA.28+720~29+280(좌)
연장(m)/높이(m)	560/35.5
사면의경사/경사방향	69/089

배 수 시 설 손 상 유 형 (T Y P E)

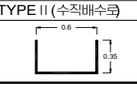
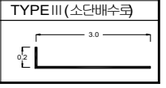
A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-뒷채움토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (종방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로파손
									

범 례 : 벌목제근요망(수목) / 개 비 온 / 숏크리트 / 몰탈격자블럭 / 누 수



절토사면 / 관리이정 STA.28+720~29+280(좌)

배 수 로 제 원 (단 위 : m)

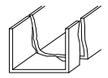
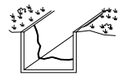
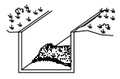
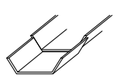
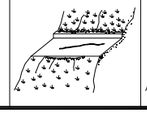
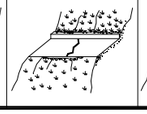
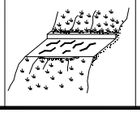
TYPE Ⅰ (산마루측구)	TYPE Ⅱ (수직배수로)	TYPE Ⅲ (소단배수로)
		

절토사면명 : 절토사면(STA.31+100~31+600(좌)) / 28.720~29.280km

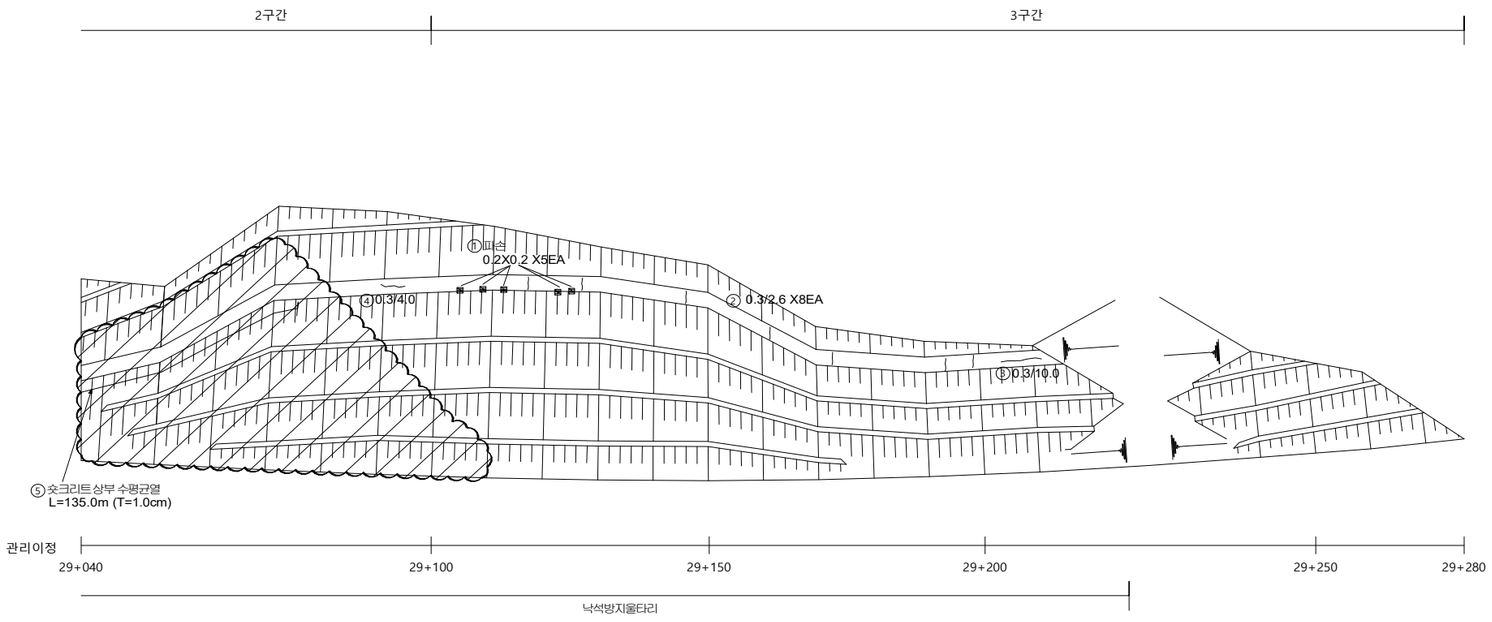
[방향 : 69/089 , 연장 : 560.0m , 높이 : 35.5m]

사면명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))
관리이정	STA.28+720~29+280(좌)
연장(m)/높이(m)	560/35.5
사면의경사/경사방향	69/089

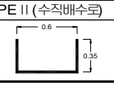
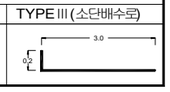
배 수 시 설 손 상 유 형 (T Y P E)

A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-뒷채움토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (종방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로파손
									

범 례



절토사면 / 관리이정 STA.28+720~29+280(좌)

배수로 제원 (단위 : m)		
TYPE Ⅰ (산마루측구)	TYPE Ⅱ (수직배수로)	TYPE Ⅲ (소단배수로)
		

3.3.3 외관조사 결과

가. 1구간(관리이정 28.720~28.900k)

절토사면(STA.31+100~31+600(좌)) 의 1구간은 관리이정 28.720~28.900k에 위치하며, 연장 180.0m, 높이 35.5m로 구성물질은 암반사면으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 숏크리트공, 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), 숏크리트 보강 등으로 인해 노출암의 확인이 어려운 상태이나, 공사중 사면보고서를 확인한 결과 보통풍화(MW)~심한풍화(HW)상태인 것으로 확인되었다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설, 이격거리내 시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리, 낙석방지망, 점검계단, 숏크리트 공법이 시공되어 있으며, 대체로 양호한 상태로 조사되었다. 이격거리는 0.3~1.0m정도의 거리를 유지하고 있다.
- 사면하부의 이격거리내에 낙석 및 토사퇴적은 없는 상태로, 낙석 및 토사유실 발생여부 확인을 위해 주기적인 관찰이 요구된다.
- 숏크리트 시공구간의 일부에서 백태가 발생한 것으로 확인되었으며, 기 발생된 손상은 숏크리트의 내구성 확보차원에서 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로, 산마루측구, 수직도수로가 시공되어 있는 것으로 확인되었다.
- 소단배수로는 배수로 내에 토사퇴적이 발생된 상태이며, 일부 구간에서 균열 및 파손이 조사되었다. 현재 토사퇴적으로 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.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 | 1구간 시점부 전경
원 인 | 상태양호
대 책 | –</td><td>현 황 | 1구간 사면부 전경
원 인 | 상태양호
대 책 | –</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 | 수직도수로, 낙석방지울타리 전경
원 인 | 상태양호
대 책 | –</td><td>현 황 | 28.740k 소단배수로 파손
원 인 | 배수로 하부 다짐미흡, 배수로 자중
대 책 | 단면보수</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 | 28.780k 소단배수로 망상균열
원 인 | 배수로 양생미흡, 표면 건조수축
대 책 | 표면처리</td><td>현 황 | 29.170k 소단배수로 균열(0.3/2.6)
원 인 | 초기 건조수축
대 책 | 주입보수</td></tr>
</table>

【사진 3.3.1】 외관조사 결과 주요현황(1구간)

현 황	28.780k 소단배수로 토사퇴적	현 황	28.890k 숏크리트 백태
원 인	우수유입	원 인	숏크리트 시공미흡, 습윤침투
대 책	정비	대 책	표면처리

【사진 3.3.1】 외관조사 결과 주요현황(1구간)(계속)

【표 3.3.4】 손상내용 총괄표(1구간)

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	-	-	-	지속관찰	
사면부	상태양호	-	-	-	지속관찰	
사면하부	상태양호	-	-	-	지속관찰	
부대시설	숏크리트 백태	㎡	0.08	2	표면처리	
배수시설	균열(폭 0.3mm이상)	m	2.00	1	주입보수	
	망상균열	㎡	8.00	1	표면처리	
	토사퇴적	㎡	69.00	2	정비	
	파손	㎡	0.30	1	단면보수	

나. 2구간(관리이정 28.900~29.100k)

절토사면(STA.31+100~31+600(좌)) 의 2구간은 관리이정 28.900~29.100k에 위치하며, 연장 200.0m, 높이 32.0m로 구성물질은 암반사면으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 숏크리트공, 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 식생공, 숏크리트 보호공이 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), 숏크리트 보강 등으로 인해 노출암의 확인이 어려운 상태이나, 공사중 사면보고서를 확인한 결과 보통풍화(MW)~심한풍화(HW)상태인 것으로 확인되었다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설, 이격거리내 시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리, 낙석방지망, 점검계단, 숏크리트 공법이 시공되어 있으며, 대체로 양호한 상태로 조사되었다. 이격거리는 0.3~1.0m정도의 거리를 유지하고 있다.
- 사면하부의 이격거리내에 낙석 및 토사퇴적은 없는 상태로, 낙석 및 토사유실 발생여부 확인을 위해 주기적인 관찰이 요구된다.
- 숏크리트 시공구간의 일부에서 백태 및 균열이 발생한 것으로 확인되었으며, 기 발생된 손상은 숏크리트의 내구성 확보차원에서 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로, 산마루측구, 수직도수로가 시공되어 있는 것으로 확인되었다.
- 소단배수로는 배수로 내에 토사퇴적이 발생된 상태이며, 일부 구간에서 균열이 조사되었다. 현재 토사퇴적으로 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.

<table>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td>현 황 | 2구간 시점부 전경
원 인 | 상태양호
대 책 | –</td>
<td>현 황 | 소단배수로 전구간 토사퇴적
원 인 | 우수유입
대 책 | 정비</td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td>현 황 | 도로, 낙석방지울타리 전경
원 인 | 상태양호
대 책 | –</td>
<td>현 황 | 숏크리트 전경
원 인 | 상태양호
대 책 | –</td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td>현 황 | 점검계단 전경
원 인 | 상태양호
대 책 | –</td>
<td>현 황 | 상부자연사면
원 인 | 상태양호
대 책 | –</td>
</tr>
</table>

【사진 3.3.2】 외관조사 결과 주요현황(2구간)

<table>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>29.100k 소단배수로 균열(0.3/4.0)</td><td>현 황</td><td>29.000k 소단배수로 토사퇴적</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>초기 건조수축</td><td>원 인</td><td>우수유입</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>주입보수</td><td>대 책</td><td>정비</td></tr>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>28.950k 숏크리트 균열(1.0/135.0)</td><td>현 황</td><td>28.900k 숏크리트 백태</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>숏크리트 시공미흡, 부착력 저하</td><td>원 인</td><td>숏크리트 시공미흡, 습윤침투</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>주입보수</td><td>대 책</td><td>표면처리</td></tr>
</table>

【사진 3.3.2】 외관조사 결과 주요현황(2구간)(계속)

【표 3.3.5】 손상내용 총괄표(2구간)

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	-	-	-	지속관찰	
사면부	상태양호	-	-	-	지속관찰	
사면하부	상태양호	-	-	-	지속관찰	
부대시설	숏크리트 상단 균열	m	135.00	1	주입보수	
	백태	㎡	200.00	1	표면처리	
배수시설	균열(폭 0.3mm이상)	m	4.00	1	주입보수	
	토사퇴적	㎡	400.00	1	정비	

다. 3구간(관리이정 29.100~29.280k)

절토사면(STA.31+100~31+600(좌)) 의 3구간은 관리이정 29.100~29.280k에 위치하며, 연장 180.0m, 높이 27.1m로 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, 공사중 사면보고서를 확인한 결과 보통풍화(MW)~심한풍화(HW)상태인 것으로 확인되었다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리, 낙석방지망, 점검계단, 숏크리트 공법이 시공되어 있으며, 대체로 양호한 상태로 조사되었다. 이격거리는 0.3~1.0m정도의 거리를 유지하고 있다.
- 사면하부의 이격거리내에 낙석 및 토사퇴적은 없는 상태로, 낙석 및 토사유실 발생여부 확인을 위해 주기적인 관찰이 요구된다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로가 시공되어 있는 것으로 확인되었다.
- 소단배수로는 배수로 일부 구간에서 균열 및 파손이 조사되었다. 현재 체수 및 배수불량 등의 손상은 관찰되지 않았으나, 우수의 원활한 배수 및 유지관리를 위해 지속적인 주의관찰이 필요하며, 그 외 손상에 대해서는 손상 진전 방지를 위한 조치가 필요한 것으로 판단된다.

현 황	3구간 시점부 전경	현 황	3구간 종점부 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-
현 황	상부자연사면 전경	현 황	하단 야생동물유도울타리 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-
현 황	29.110k 소단배수로 파손	현 황	29.120k 소단배수로 균열(0.3/2.6)
원 인	연석부 외부충격	원 인	초기 건조수축
대 책	단면보수	대 책	주입보수

【사진 3.3.3】 외관조사 결과 주요현황(3구간)

【표 3.3.6】 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	균열(폭 0.3mm이상)	m	30.80	9	주입보수	
	파손	㎡	0.20	5	단면보수	

3.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 3.3.7】 외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	-
사면부	상태양호	-
사면하부	상태양호	-
배수시설	소단배수로 균열, 망상균열 소단배수로 토사퇴적 소단배수로 파손	주입보수/표면처리 정비 단면보수
부대시설	숏크리트 균열 숏크리트 백태	주입보수 표면처리
결과요약	사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설, 설치되어 있으며, 사면 보강공법으로 록볼트, 숏크리트 공법이 적용된 상태이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었고, 관목류가 발달되어 있는 상태이다. 사면부 식생상태가 양호한 상태로, 인장균열, 지반변형 등의 파괴징후는 관찰되지 않았다. 다만, 소단배수로 균열 및 파손, 토사퇴적 등이 발생되었으며, 배수기능에 큰 문제는 없는 상태이나, 유지관리 차원에서 조치가 필요하다. 또한, 숏크리트 시공부 일부구간에서 균열, 백태가 조사되었으며, 기능발휘에 큰 문제가 없는 상태이나, 원활한 기능발휘 및 내구성 확보를 위해 보수가 필요한 것으로 판단된다.	

【표 3.3.8】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
부대시설	숏크리트 균열	m	135.00	1	주입보수	
	숏크리트 백태	㎡	200.08	3	표면처리	
배수시설	균열(폭 0.3mm이상)	m	36.80	11	주입보수	
	망상균열	㎡	8.00	1	표면처리	
	토사퇴적	㎡	469.00	3	정비	
	파손	㎡	0.50	6	단면보수	

3.3.5 재료시험

절토사면(STA.31+100~31+600(좌))은 비탈면 분류결과, 암반사면과 토사사면이 혼재되어있는 혼합사면으로 판정되었고, 암반사면 재료시험인 암반 슈미트해머와 토양경도계를 이용한 토양경도 측정시험, 암반의 풍화등급, 불연속면 특성조사 등을 실시하였다.

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 위치 및 결과

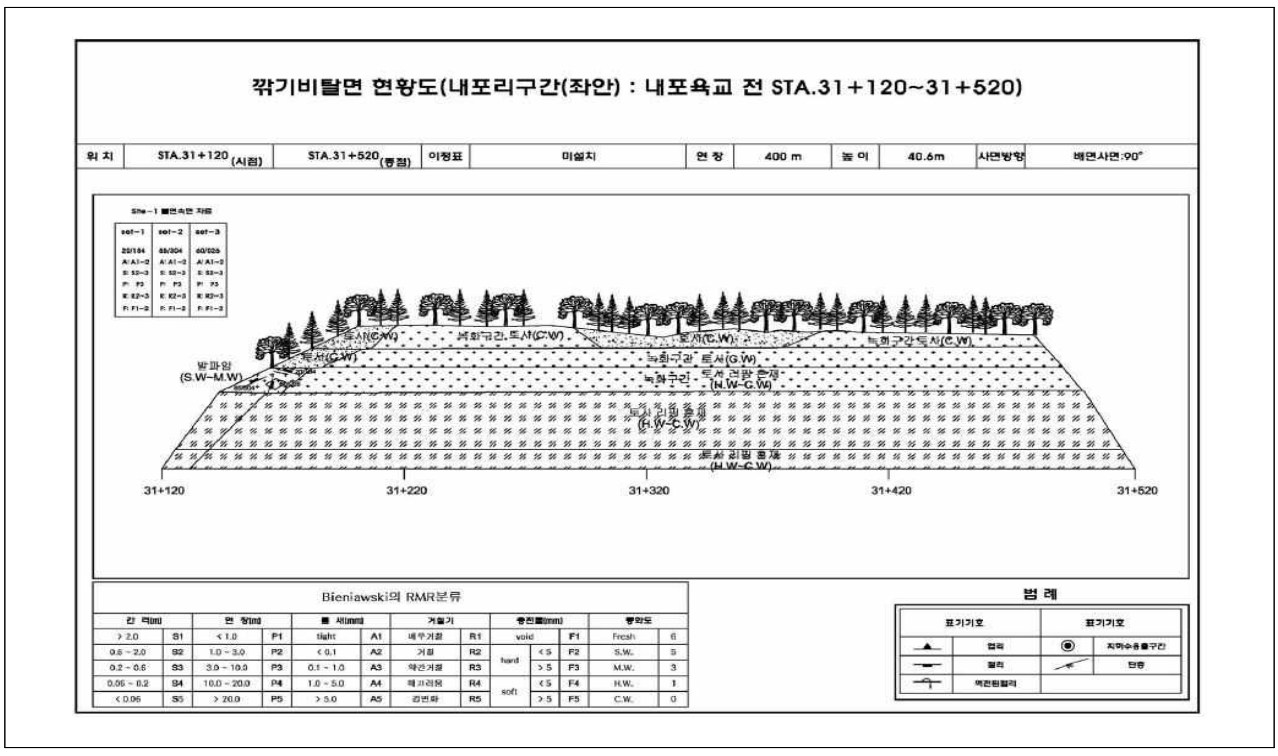
반발경도시험을 통한 암반 판정은 현장조사를 실시한 결과, 사면보호공(Seed Spray, 식생기반 취부공법)으로 인해 노출된 암을 확인할 수 없는 상태로 조사되었다.

사면의 횡단면도를 확인한 결과, 경사도는 1:0.7~1:1.0로 연암~풍화암인 것으로 확인되었고, 암반강도 판정기준에 의해 30~100Mpa 정도의 일축압축강도를 지니고 있는 것으로 판단된다.

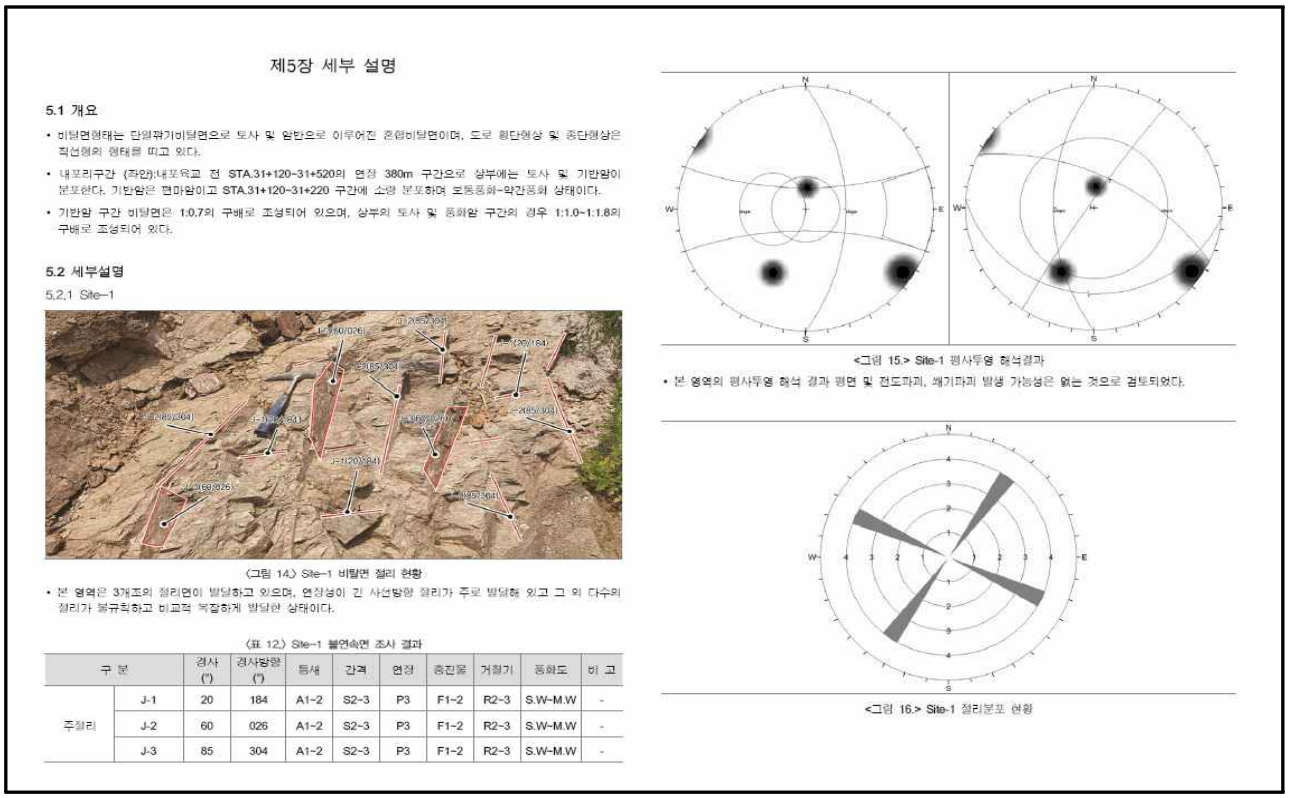
나. 불연속면 조사

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



제5장 세부 설명

5.1 개요

• 비탈면형태는 단일짝기비탈면으로 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 (°)	등재	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, 쐐기파괴 발생 가능성은 없는 것으로 검토되었다.

<그림 16.> Site-1 절리분포 현황

다. 토양경도시험

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

대상 비탈면의 토성은 모래질 실트로 확인되었으며, 최소 15.7, 최대 17.0, 평균 16.3로 조사되어 조밀한 상태로 측정되었다.

【표 3.3.9】 1구간 토양경도시험 측정결과

구분	측정위치	측정치(mm)										평균 mm	지반 분류
1	28.740k	15.0	16.9	15.6	16.6	16.4	15.2	16.0	16.2	16.0	14.8	15.9	모래질 실트
2	28.760k	15.9	16.0	16.3	17.1	16.3	17.8	16.0	14.4	16.0	16.4	16.2	모래질 실트
3	28.780k	15.0	17.5	16.3	17.5	18.0	18.2	18.0	17.1	16.6	15.6	17.0	모래질 실트
4	28.800k	18.0	16.5	16.2	17.9	17.5	16.5	17.2	16.0	16.2	15.8	16.8	모래질 실트

【표 3.3.10】 2구간 토양경도시험 측정결과

구분	측정위치	측정치(mm)										평균 mm	지반 분류
1	28.960k	16.0	15.9	16.6	16.9	16.6	16.9	15.8	16.9	16.0	16.3	16.4	모래질 실트
2	28.980k	16.4	16.7	17.9	16.0	16.3	15.0	16.0	15.3	15.9	16.3	16.2	모래질 실트
3	29.000k	15.0	15.0	15.9	15.0	16.9	16.9	15.9	15.5	15.9	15.8	15.8	모래질 실트
4	29.020k	16.5	16.9	16.9	16.5	16.5	16.6	16.5	16.6	16.5	16.6	16.6	모래질 실트

【표 3.3.11】 3구간 토양경도시험 측정결과

구분	측정위치	측정치(mm)										평균 mm	지반 분류
1	29.120k	16.5	15.8	15.0	15.7	15.0	15.5	16.5	15.0	16.0	16.3	15.7	모래질 실트
2	29.140k	17.0	15.0	15.0	16.0	16.0	16.9	17.9	15.0	15.5	15.5	16.0	모래질 실트

라. 토층심도 조사

본 사면의 준공도면을 통한 조사결과 토층심도는 약 2.0m 정도인 것으로 확인되었다.

3.4 상태평가

3.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 560m의 사면으로서, 지반특성에 따른 사면분류를 실시하였고 외관조사시 실시한 구간분할과 동일하게 3구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다.

【표 3.4.1】 사면분할 현황

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	28.720~28.900	180.0	35.5	절리암반사면	
2구간	28.900~29.100	200.0	32.0	절리암반사면	
3구간	29.100~29.280	180.0	27.1	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 3.4.3]에 수록하였다.

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

【표 3.4.2】 비탈면 분류기준

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>토층심도율</th><th>압축강도</th><th>블록크기비</th><th>주요 파괴유형</th><th>비고</th></tr>
<tr><td colspan="2">토사사면</td><td>> 0.4</td><td>-</td><td>-</td><td>원호, 표층</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">암반
사면</td><td>연약암반사면</td><td rowspan="3">≤ 0.4</td><td>≤10 MPa</td><td>-</td><td>표면, 원호
평면, 쐐기</td><td>제3기층 등</td></tr>
<tr><td>파쇄암반사면</td><td rowspan="2">>10 MPa</td><td>≤ 0.01</td><td>쐐기, 평면
원호, 전도</td><td>단층파쇄대 등</td></tr>
<tr><td>절리암반사면</td><td>> 0.01</td><td>쐐기, 평면
전도, 낙석</td><td>일반암반사면</td></tr>
<tr><td colspan="7">- 토층심도율이 0.2 ~ 0.4일 경우,
혼합 사면으로 규정하여 토사 사면과 암반 사면의 특성을 모두 고려할 필요가 있음</td></tr>
</table>

- 토층심도율(SR)

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

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

- 암반의 블록크기 비(BR)

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

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

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

- 시공 중 사면보고서 내 암반 블록크기

$Ib_1 = 0.6$, $Ib_2 = 0.6$, $Ib_3 = 0.6$

$Ib = \frac{\sum_{i=1}^{3}}{3} = \frac{Ib_1 + Ib_2 + Ib_3}{3} = 0.600$

- 초기점검보고서 내 암반 블록크기

$Ib_1 = 0.521$, $Ib_2 = 2.871$

$Ib = \frac{\sum_{i=1}^{2}}{2} = \frac{Ib_1 + Ib_2}{2} = 1.696$

【표 3.4.3】 비탈면 분류결과

(㎫=10.2kg/㎠)

구 분		분류 기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\,depth}{Slope\,height} = \frac{2.0}{35.5} = 0.056$로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10㎫	-	-	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\,size \in dex}{Slope\,height} = \frac{1.696}{35.5} = 0.048$로 0.01초과	절리암반	
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\,depth}{Slope\,height} = \frac{2.0}{32.0} = 0.063$로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10㎫	-	-	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\,size \in dex}{Slope\,height} = \frac{1.696}{32.0} = 0.053$로 0.01초과	절리암반	
3구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\,depth}{Slope\,height} = \frac{2.0}{27.1} = 0.074$로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10㎫	-	-	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\,size \in dex}{Slope\,height} = \frac{1.696}{27.1} = 0.063$로 0.01초과	절리암반	

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

3.4.2 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 3.4.4】 1구간 사면 손상상태 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표번호	[표 3.4.4]		
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	28.720~28.900km		
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 3.4.5】 1구간 사면 파괴요인 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표번호	[표 3.4.5]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	28.720~28.900km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수		비고
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	184° - 089° = 95°	0		
1-6		절리경사-사면경사	20 ° - 69° = -49°	8		
1-7		절리상태	유리(절리상태 점수 2.6점)	2		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	54°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	199㎜(파주, 22년6월30일)	4	4	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	매우좋음	0		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2022. 10. 21		조사자	정 지 운		

【표 3.4.6】 2구간 사면 손상상태 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표번호	[표 3.4.6]		
조사영역번호	2구간		조사영역 위치	28.900~29.100km		
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 3.4.7】 2구간 사면 파괴요인 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표번호	[표 3.4.7]		
조사영역 번호	2구간		조사영역 위치	28.900~29.100km		
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	54°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	199㎜(파주, 22년6월30일)	4	4	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	매우좋음	0		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2022. 10. 21		조사자	정 지 운		

【표 3.4.8】 3구간 사면 손상상태 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표번호	[표 3.4.8]		
조사영역번호	3구간		조사영역 위치	29.100~29.280km		
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 3.4.9】 3구간 사면 파괴요인 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표번호	[표 3.4.9]		
조사영역 번호	3구간		조사영역 위치	29.100~29.280km		
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	54°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	199㎜(파주, 22년6월30일)	4	4	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	매우좋음	0		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2022. 10. 21		조사자	정 지 운		

나. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.24로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 배수조건, 절리경사로서 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.

【표 3.4.10】 1구간 상태평가결과 산정표

시설물명			절토사면(STA.31+100~31+600(좌))				표번호
근거표번호			[표 3.4.4], [표 3.4.5]				[표 3.4.10]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	18	f2=0.35	c
		⑥ 절리경사-사면경사	8	e			
		⑦ 절리상태	2	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	4	e			
	인위요인	⑩ 절취상태	0	a			
		⑪ 배수조건	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					18	F=0.24	B
상태평가결과	○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 18 / 52 = 0.35 ○상태평가등급(F) : 18 / 76 = 0.24						

【표 3.4.11】 2구간 상태평가결과 산정표

시설물명			절토사면(STA.31+100~31+600(좌))				표번호
근거표번호			[표 3.4.6], [표 3.4.7]				[표 3.4.11]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	8	f2=0.15	b
		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	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					8	F=0.11	A
상태평가결과	○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 8 / 52 = 0.15 ○상태평가등급(F) : 8 / 76 = 0.11						

【표 3.4.12】 3구간 상태평가결과 산정표

시설물명			절토사면(STA.31+100~31+600(좌))				표번호
근거표번호			[표 3.4.8], [표 3.4.9]				[표 3.4.12]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상상태	파괴징후	① 인장균열 ② 지반변형 ③ 구조물변형	0 0 0	a a a	0	f1=0.00	a
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향 ⑥ 절리경사-사면경사 ⑦ 절리상태	0 0 0	a a a	8	f2=0.15	b
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	4	e			
	인위요인	⑩ 절취상태 ⑪ 배수조건 ⑫ 보호/보강 상태	0 2 1	a c a			
합계(Σ)					8	F=0.11	A
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 8 / 52 = 0.15 ○상태평가등급(F) : 8 / 76 = 0.11					

【표 3.4.13】 상태평가결과

구 분	1구간		2구간		3구간		구간별평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급
절토사면(STA.31+100~31+600(좌))	0.24	B	0.11	A	0.11	A	0.24	B

다. 공중이 이용하는 부위

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

3.5 종합평가 및 안전등급 지정

3.5.1 종합평가 결과

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

【표 3.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표				
시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표 번 호	【표 3.5.1】
평가구분	결함지수	평가결과	비 고	
1구간	0.24	B	근거표번호	【표 3.4.10】
2구간	0.11	A	근거표번호	【표 3.4.11】
3구간	0.11	A	근거표번호	【표 3.4.12】
안전성평가	해당없음			
종합평가	0.24	B	최저등급 적용	
종합평가결과	**절토사면의 종합평가 결과 : B**			

3.5.2 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 절토사면의 안전등급은 『경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태』인 **"B등급"** 으로 지정하였다.

【표 3.5.2】 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	

3.6 보수·보강 및 유지관리방안

3.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 3.6.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
상부자연사면	상태양호	-	-	-	-	-	-	-
사면부	상태양호	-	-	-	-	-	-	-
사면하부	상태양호	-	-	-	-	-	-	-
부대시설	숏크리트 균열	주입보수	135.00	202.50	m	-	-	하자
	숏크리트 백태	표면처리	200.08	300.12	㎡	-	-	하자
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	36.80	55.20	m	-	-	하자
	소단배수로 망상균열	표면처리	8.00	12.00	㎡	-	-	하자
	소단배수로 파손	단면보수	0.50	0.75	㎡	-	-	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(㎡)으로 산출하였음.

3.6.2 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 3.6.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
부대시설	· 숏크리트 균열, 백태 구간 → 균열, 백태에 대한 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
배수시설	· 배수로 균열 구간 → 균열부에 대한 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
	· 토사퇴적 구간 → 강우시 원활한 배수를 위하여 손상부에 대한 정비가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상 발생 방지를 위한 유지관리가 필요	

3.7 종합결론

3.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 대상 시설물은 고속국도 17호선 상에 위치한 2종 절토사면으로서 금회 현장조사를 통한 사면의 상태를 종합적으로 평가한 결과는 다음과 같다.
- 외관조사 결과, 사면 전면에 걸쳐 식생공, 배수시설, 설치되어 있으며, 사면 보강공법으로 록볼트, 숏크리트 공법이 적용된 상태이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었고, 관목류가 발달되어 있는 상태이다. 사면부 식생상태가 양호한 상태로, 인장균열, 지반변형 등의 파괴징후는 관찰되지 않았다. 다만, 소단배수로 균열 및 파손, 토사퇴적 등이 발생되었으며, 배수기능에 큰 문제는 없는 상태이나, 유지관리 차원에서 조치가 필요하다. 또한, 숏크리트 시공부 일부구간에서 균열, 백태가 조사되었으며, 기능발휘에 큰 문제가 없는 상태이나, 원활한 기능발휘 및 내구성 확보를 위해 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 토양경도시험 결과, 지반분류는 모래질 실트로 확인되었으며, 최소 15.7, 최대 17.0, 평균 16.3mm로 조사되어 조밀한 상태로 측정되었다.
- 대상 사면은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.24로서 평가결과는 “B등급”으로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 배수조건, 절리경사로서 해당사항에 대해서는 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “B등급”으로 지정하였다.

3.7.2 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 사용제한 등의 조치는 필요치 않는 것으로 판단된다.

3.7.3 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.

3.7.4 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.

부 록

01. 과업지시서
02. 외관조사망도
03. 측정, 시험 성과표
04. 상태평가 결과자료
05. 시설물관리대장
06. 현황조사 사진첩
07. 사용장비 및 기기의 사진
08. 사전검토보고서, 과업수행계획서

01. 과업지시서

서울문산 고속도로 시설물 안전점검 용역

(과업 지시서)

2021. 3.

서울문산고속도로(주)

목 차

Ⅰ. 일반조건

1.1 과업의 명칭

1.2 과업의 목적

1.3 과업의 개요

가. 시설물의 개요

나. 과업의 범위

다. 과업기간

1.4 과업의 일반사항

Ⅱ. 점검계획 및 세부사항

2.1 점검계획

가. 일반

나. 점검계획 수립

2.2 과업의 세부사항

가. 자료수집 및 분석

나. 현장조사 및 시험

다. 상태평가

라. 종합평가 및 안전등급지정

마. 시설물 개선방향 제시

바. 안전점검 보고서에 포함되어야 할 사항

2.3 제공서류

2.4 종합결론

2.5 성과품제출

서울문산고속도로 시설물 안전점검 용역 과업지시서

Ⅰ. 일반조건

1.1 과 업 명 : 서울문산 고속도로 시설물 안전점검 용역

1.2 과업의 목적

본 용역은 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 제7조에 준하는 시설물안전점검 용역으로써, 시설물에 대한 물리적, 기능적 결함을 조사하고 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여, 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 그에 대한 신속하고 적절한 보수·보강 방법 및 향후 유지관리 방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

1.3 과업의 개요

가. 과업대상 시설물의 현황 (붙임1)

나. 과업의 범위

1) 자료수집 및 분석
2) 진단 계획수립
3) 현장조사(상세외관조사 등)
4) 주요 구조체의 구조계산 및 안전성검토
5) 콘크리트 중성화, 강도, 부동침하, 균열, 철근배근 등
6) 시설물의 내구성 평가
7) 시설물 방수 및 내부 누수, 결로 등 문제점 검토
8) 보수대상 및 우선순위, 보수 대책 수립
9) 보수·보강 공법 및 유지관리를 위한 시설개선 공사비용 산출내역 작성 등
10) 시설물의 효율적인 유지관리 방안제시
11) 종합평가
12) 보고서 작성
13) 기타 발주자가 필요하다고 요구하는 사항

다. 과업 기간 : 착수일부터 ~ 2030. 12. 31.

본 용역의 과업기간은 착수일로부터 10년으로 한다.다만, 계약상대자는 다음의 경우에 관리주체의 승인을 득한 후 기간을 변경할 수 있다.

1) 천재지변 및 부득이한 사유로 인하여 용역의 일부 또는 전부 변경이 불가피한 경우
2) 발주기관의 계획변경 등 내부방침에 따라 본 과업중단 또는 지연 및 과업내용의 현저한 변경이나 증·감이 있을 때
3) 과업수행 계획단계에서 예기치 못했던 변경이 불가피한 감독원이 인정하는 사항

1.4 과업의 일반사항

가. 용역수행자는 착수일로부터 매주 용역진행 상황을 보고하여야 하며 조사 중 중요 사항이 발생하면 즉시 보고 하여야 한다.

나. 용역수행자는 본 과업지시 내용을 숙지하여 전반적인 용역 업무를 성실히 수행하여야한다.

다. 용역수행자는 수행업무가 관련법규 또는 과업내용에 적합하여야 한다.

라. 용역수행자는 과업수행시 안전사고 예방에 철저를 기하여야 하며, 안전사고 발생시 응급조치 및 사후처리에 최선을 다하고 이에 따른 비용발생은 용역수행자 부담으로 한다.

바. 과업수행 서류제출

1) 도급자는 착수일로부터 10일 이내에 다음 사항이 포함된 사업수행 계획서를 작성, 제출하여 승인을 받아야 한다

2) 착수계 제출시 현장대리인계, 용역수행 세부계획서, 참여기술자 편성현황 및 비상연락망을 제출하여야 한다.

3) 용역수행은 관계법규에서 자격을 인정하는 자가 시행하여야 하며, 착수계 제출시 참여기술자의 안전점검 및 정밀안전진단과정 이수자격 증빙서류를 제출하여야 한다.

4) 사업수행계획서

- 과업추진 방향 및 계획
- 과업수행을 위한 조직체계 및 인원투입 계획
  ① 각 부위별 조사항목에 대한 조사방법에 따른 일정 계획 포함
  ② 과업의 정도를 고양키 위한 중점 검토대상 항목과 추진계획
- 예정공정표 (주간 단위 구성)

- 보안대책 및 각서 (종사자 안전관리 교육훈련 계획서 포함)
- 과업 책임기술자 및 분야별 책임기술자의 사용인감계 또는 서명
- 과업 수행을 위한 안전조치 계획
- 기타 점검수행에 필요한 사항

5) 특수기술 보유 전문 업체 선정 수행 계획서
- 계약상대자는 필요시 발주기관이 인정하는 업무 또는 전문성이 요구되는 아래 항목에 대하여는 사전에 발주기관과 협의하여 수행할 수 있다.
- 수행항목
  ① 계약 대상자가 보유하지 아니한 고성능 탐사장비의 이용 필요시
  ② 각종 전문 시험 및 이와 유사한 작업
  ③ 제도 및 도면 작성 등의 작업
  ④ 전문적인 시료 채취 및 평가
  ⑤ 고도의 식견을 요하는 지반해석,구조해석, 진동 및굴절, 변위측정 등 전문분야
  ⑥ 기타 발주기관이 특별히 인정하는 업무

바. 공정보고

1) 월간보고: 계약상대자는 과업수행기간 중 수행실적에 대한 매월 공정보고서를 매월말 기준으로 작성 보고한다.

2) 긴급보고

계약상대자는 현장조사 중 중대한 결함이 있을 경우에는 본 시설물이 즉시 조치필요시 보수 · 보강이 될 수 있도록 중간보고서를 작성하여 제출하여야 한다.

3) 중간보고

정밀점검 완료 전 15일 이내 또는 발주기관의 요구시 작성하여 제출

4) 기 타

다음의 경우에는 발주기관에 보고하여야 한다.
- 조사 및 자료수집 완료 또는 공법결정시
- 용역수행시 (용역 착수시, 수행단계, 성과품 작성시, 공정보고, 자문 회의시)
- 과업수행 기간 동안 발주기관 필요시 업무협의를 갖는다.
- 계약상대자는 과업 완료 후라도 본 과업과 관련하여 필요시에는 발주기관의 자문에 협조한다.

사. 기록보존

용역수행자는 작업사항에 대한 기록보존을 위하여 사진촬영을 실시한다.

아. 기타사항

기타 필요한 사항은 발주자와 협의한다.

자. 과업의 변경

과업내용의 변경에 따른 설계변경사항이 발생시는 발주자와 협의 후 시행한다.

차. 적용 및 준수이행

기타 본 과업에 필요한 적용기준은 다음 지침서에 따라 수행한다.

1) 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
2) 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침
3) 건축물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부)
4) 기타 토목(교량,터널)구조안전 및 콘크리트, 철골·철근콘크리트,도로교,터널 표준시방서 기타 관련법규 ,설계지침등

카. 본 과업지시서에 명시되지 않은 사항이라도 과업수행에 필요하다고 판단되어 발주기관에서 요구할 경우에는 이를 성실하게 수행하여야 한다.

타. 보안사항

1) 계약상대자는 과업수행 기간 중 모든 용역에 대한 책임이 있으며, 보안규정을 준수하여야 한다.
2) 과업수행 폐기물 및 작업장 보안사진은 감독원의 입회하에 폐기처리 하여야 한다.
3) 본 과업의 수행과 관련하여 습득한 기록, 자료 등은 발주처의 사전승인 없이는 본업무와 관련이 없는 일에 사용할 수 없으며, 과업수행원 모두에게 이를 주지시켜야 한다.

파. 과업수행 책임 및 기타사항

1) 계약상대자가 제출한 과업 성과의 하자로 예산손실 또는 인명 피해 기타 공사 진행상 지장을 초래하였을 때에는 원인을 파악하여 보완, 재시행 하여야 하며 발주기관이 결정하는 적정하고, 합리적인 책임범위에 대하여 손해배상을 하여야 한다.
2) 본 과업지시서에 명시되지 않은 사항이라도 발주기관이 과업 수행 상 필요하여 요청하는 경미한 사항에 대해서도 계약상대자 부담 하에 성실히 수행하여야 한다.
3) 본 용역과 관련하여 과업 완료 후에도 발주기관의 요청이 있는 경우 계약상대자는 자료 내용 보완과 전산화 관련 도면작성에 최대한 협조하여야 한다.
4) 미 계약된 물량이라도 긴급진단 필요 요건 발생시에는 물량을 조정하여 최우선적으로 시행하고 과업수행 중 발주기관 판단에 의한 제반업무 수행에 대한 요청이 있을시 계약상대자는 성실히 협조하여야 한다.
5) 구조계산서 등 관계 자료와 산출근거는 부록에 수록하여야 하고 시설물 조사표는

정형화 하여야 하며, 발주기관의 유지관리에 활용할 수 있도록 작성하여야 한다.

6) 기타 해외 선진국의 시설물 유지관리에 관한 조사자료 및 새로운 기술, 자재, 장비 보강공법 등 필요한 연구 자료를 수집하고 보수공사를 체계적으로 시행될 수 있도록 방향을 제시한다.

II. 점검계획 및 세부사항

2.1 점검계획

가. 일반

점검계획은 현장에서의 사전조사를 실시한 후에 수립하며 조사항목은 아래와 같다.

- 현장여건 및 문제점
- 시설관리자 등 청취
- 제반시설 관련자료

이때 도면 및 자료를 개략 검토한 후에 조사를 수행함으로써 구조물의 형상이나 세부사항들에 대한 사전 정보를 갖고 점검에 임하도록 한다.

나. 점검계획 수립

사전조사 시 수집된 자료를 검토 후 점검계획을 수립하며 다음사항이 포함되어야 한다.

1) 조사범위 및 항목결정
   - 각 분야별 조사범위와 세부항목을 전체 점검계획에 맞추어 결정
   - 책임기술자가 필요하다고 판단되는 경우 별도 조사항목 포함
2) 기존 점검자료 검토
   - 기 발견된 결함의 확인을 위해 검토
3) 분야별 소요인원 및 구성
   - 분야별 총 소요인원을 판단하여 가용인력을 구성, 투입계획수립
4) 재료시험 실시에 대한 적정성여부 판단
5) 점검기간 및 계획된 작업시간 예측
6) 점검범위 및 안전성에 대한 판단
7) 점검장비 선정

   구조물의 진단에 필요한 재료시험 장비, 측량장비를 준비할 때에는 분야별 세부조사 항목에 부합되는 장비를 준비하도록 한다.

   ① 접근장비를 안전하게 지지하는지 여부
   ② 장비위치에 따른 교통통제의 필요성

③ 장비설치에 따른 지장물 존재여부

8) 접근방법 결정

- 현장여건에 따라 안전을 고려한 최선의 방법 선택

9) 기타 점검자와 관리주체가 필요하다고 판단되는 사항

2.2 과업의 세부사항

정밀점검 세부 조사항목

구분	조사항목	내용
부재 상태 및 내구성	콘크리트 강도 및 규격	콘크리트 압축강도 및 부재의 규격
	균열	균열폭 · 길이 및 면적률
	콘크리트 탄산화	탄산화 진행 깊이
	표면 노후화	박리, 박락 및 층분리, 누수, 백태, 철근노출
변위 · 변형	기울기	건축물 기울기
	기초침하	부등침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

가. 자료수집 및 분석

1) 시설물 유지관리담당 부서에서 보관중인 유지관리 관련자료(기 수행한 점검 및 진단보고서, 보수·보강이력)의 수집·분석

2) 대상시설물의 설계도면과 구조계산서상의 세부설계 내용(진동, 내구성 등)에 대한 조사 및 분석

3) 과업수행 세부계획 수립을 위해 유지관리 관련 자료를 활용하되, 기존 자료가 미흡한 부분에 대하여는 사전 현장답사를 시행

4) 시설물관리대장 작성에 필요한 자료 수집

5) 상기 항목 외에 필요한 사항에 대하여는 조사, 수집 및 분석을 시행하여야 하며 분석 결과 구조물에 대한 최적합 유지관리 방향을 제시하여야 한다.

6) 구조물의 안전성, 균열 등 결함사항에 대해 진행성 여부판단이 어려운 경우 자문을 받아 제시한다.

7) 균열 폭이 비교적 크고, 외관 조사시 시설물에 변위나 변형이 발생된 것으로 판단되어 정밀계측이 필요하다고 인정되거나 장 경간의 보·트러스 등 안전성평가가 구조형상의 변위·변형에 의하여 결정될 요소가 큰 경우에는 주요구조부에 대한 공간좌표측정 등 정밀측량을 정기적으로 실시하고 평가에 반영하여야 한다.

8) 각종 측정장비는 성능에 이상이 없는 것의 사용을 원칙으로 하고 각종조사 및 품질시험 항목은 국토교통부 제정 "시설물의 안전점검 및 정밀안전 지침"에 따라 진단대상의 여건을 고려하여 추가항목이 필요 할 때에는 협의 결정하고, 소요성능 및 측정의 정밀· 정확도를 유지하도록 관리하여야 하며「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」에 의하여 검· 교정을 받은 것을 사용한다.

9) 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에 의거 시행하되 시료채취 등이 필요시에는 콘크리트 구조물에 손상을 최소화하는 범위에서 채취시험량은 사전에 감독원과 협의시행 하여야 한다.

나. 현장조사 및 시험 (해당사항 적용)

1) 외관조사

대상시설물의 전반적인 외관상태에 대한 현장조사로서 진단부위 및 진단사항은 국토교통부, 한국시설안전공단의 안전점검 및 정밀안전진단세부지침에 의거 시행한다.

2) 부재 손상조사 (콘크리트 및 강재)

- 수평 및 수직균열
- 박리박락, 철근노출, 백화현상
- 열화, 골재분리
- 철근의 부식, 누수, 체수
- 강재부식, 변형조사, 강재도장, 상태조사
- 볼트 체결상태
- 면외 휨의 발생여부
- 용접부 등 균열조사
- 처짐 조사
- 수평 및 수직균열, 박락, 철근노출
- 백화현상, 변색, 열화, 골재분리, 누수, 체수, 철근의 부식
- 수평운동, 경사 또는 침하
- 기타

3) 비파괴 현장시험

- 각종 시험의 방법 및 항목은 국토교통부 및 한국시설안전공단의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에 의거 시행한다.
- 비파괴 재료시험의 결과는 그 분야에 경험이 있는 자에 의해 해석되고 평가되어야 하며 이전에 같은 시험이 실시된 경우에는 시험결과를 비교하여 차이점을 분석 평가하여야 한다.

- 모든 비파괴 재료시험 결과는 시설물관리에 필요한 자료의 일부로 사용하여야 하며, 시험결과는 책임기술자가 서명한 시험기관의 정식 공문으로 제출하여야 한다.
- 콘크리트 강도조사
  ① 비파괴검사법 : 반발경도법과 초음파법을 조합한 방법을 사용하여야 하며 다른 검사법을 사용할 경우 발주처와 협의하여야 한다.
  ② 파괴검사법 : 코어채취를 통한 검사방법을 사용하며 채취부위는 외관조사 후 제반여건을 고려하여 시행하여야 하며 기타시험 필요시 발주처와 상호 협의 하여야 한다.
  ③ 시료채취 : 구조적으로 문제가 없는 부위선정
  ④ 콘크리트 구조물의 경우 염분함유량 분석, 비파괴시험, 압축강도, 탄성계수, 콘크리트 배합 추정 등 측정
  ⑤ 균열조사 : 균열양상, 심도, 균열폭등을 각 부재별로 조사한다.
  ⑥ 균열조사장비: 균열의 폭 및 길이 측정(크랙스케일, 균열 경)
  ⑦ 측정된 균열을 자료화(도면, 사진대지 등 발주처의 요구에 맞는 형식)
  ⑧ 균열의 진행성 조사(균열게이지를 부착하여 진행성 여부 판단)
- 철근 배근 조사
  ① 배근간격, 직경조사 : 자기법(ferroscan) 또는 전자파법(RC-Radar)을 이용
- 화학적 분석
  ① 중성화 시험: 페놀프탈레인법에 의한 중성화 깊이 측정
- 염화물시험
  ① 전위차 적정법 및 질산은 적정법을 이용한 콘크리트내의 염소이온중량의 측정
- 계측(필요시)
  ① 균열, 건물의 기울기, 침하, 부재의 변형 등은 계측을 실시하여 현상을 명확히 판단하여야 하며 계측위치 및 방법은 감독원과 협의하여 시행한다.

다. 상태평가

상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 시설물별 세부지침의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

정밀점검은 시설물 전체부재에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 각 평가항목 및 중요도를 고려해 총 단위 상

태평가를 실시한다.

라. 종합평가 및 안전등급지정

- 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교 검토하여 최종적인 종합결과를 평가한다.
- 정기,정밀점검,성능평가,정밀안전진단을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.
- 다만 정밀점검 실시결과 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수·보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수.보강이 필요하며, 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

마. 시설물 개선 방향 제시

1) 시설물의 보수 및 보강 시

- 대상시설물 손상부위 및 안전위험 요소들이 보수·보강을 통하여 개선이 가능한 경우 보수·보강공법 및 안전에 우선하여 부위별 순위를 부여하고, 보수·보강 공사와 의견을 제출하여야 한다.
- 보수·보강방안에 대한 기본도면 및 공사비 내역을 작성하여야 하며, 특수공법에 의한 보강이 필요할 경우, 시방 또는 특기사항을 명시하여야 한다.
- 보수·보강공법의 채택시 필요한 경우 구조해석 및 실험을 실시함으로써 공법의 적정성을 확보하여야 한다.
- 시설물의 부위별 손상(크랙, 누수, 결로 등)에 대한 장기, 단기별 조치방안을 구체적으로 제시하여야 한다.
- 시설물의 보수·보강 공사 후, 필요시 그 효과를 확인하기 위한 검증방법을

제시하여야 한다.

- 작업 여건을 감안한 보수시기, 보수 우선순위 및 보수대책 수립하여야 한다.
- 구조물의 기능을 유지하기 위하여 필요한 사항(보수대상, 공법, 추정소요예산)을 작성하여 제시하여야 한다.
- 보수공법 제시에 따른 개략도면 및 설계내역서 등을 작성하여야 한다.

바. 안전점검 용역보고서에 포함되어야 할 사항

1) 보고서의 표지 다음에 안전점검의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문 (서울문산고속도로 대표이사)
- 정기,정밀점검,성능평가,정밀안전진단 결과표(안전등급)
- 시설물 현황표
- 참여기술진 명단
- 시설물의 위치도
- 시설물의 전경사진, 부위별 사진
- 안전점검(정기,정밀,성능평가,정밀안전진단) 실시결과 요약문
- 보고서 목차

2) 안전점검 및 진단 개요

과업의 범위와 과업내용 등 계획 및 실시와 관련된 주요사항을 기술한다.

- 점검의 목적
- 시설물의 개요 및 이력사항
- 점검의 범위 및 과업내용
- 사용 장비 현황
- 점검 수행일정

3) 자료수집 및 분석

관련 자료를 검토·분석하고 그 내용을 기술한다.

- 설계도면, 구조계산서
- 기존 안전점검 실시결과
- 보수·보강이력 및 용도변경
- 시설물의 내진설계 여부 확인
- 기타 관련자료

4) 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상을 첨부한다.

- 전체 시설물 외관조사 결과분석
- 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석(주요구조부 내력손실, 철근콘크리트의 중성화에따른 내력손실, 기타 구조안전에 영향을 주는 결함여부)
- 재료시험, 측정결과의 분석
- 기 시행한 용역(점검 및 진단 등)보고서와 손상물량 등을 비교 검토, 균열 등 손상진전 여부를 확인 유지관리상 문제점 도출(보수·보강), 문제점에 대한 대책, 향후 유지관리 방향을 제시하여야 한다.

5) 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석결과에 따라서 시설물의 상태평가 결과를 작성한다.

- 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가
- 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결정

6) 종합평가

시설물의 상태평가, 안전성을 검토결과를 종합하여 안전상태 종합평가 결과를 결정한다.

7) 안전등급 지정

실시결과 상태평가, 안전성 등을 종합적으로 평가하여 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

8) 보수·보강 방법

- 시설물의 보수·보강공법 제시
- 보수시기, 보수우선순위 및 보수대책 수립
- 유지보수 관리 방안 및 공법 및 비용 산출

9) 종합결론 및 건의사항

- 실시결과의 종합결론
- 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

10) 부록

- 외관조사망도
- 구조해석 모델링 및 수치해석 자료(입출력자료는 e-보고서에 포함)
- 측정, 시험, 계측 성과표
- 상태평가 결과 자료

- 시설물관리대장 사본
- 현황조사 및 외관조사 사진첩
- 사용 장비 및 기기의 사진
- 사전조사 자료 일체(사전검토보고서, 과업수행계획서 등 관련자료)
- 기타 참고자료:
  설계도서, 준공 및 이후 안전점검(초기,일상,정기,정밀) 보고서 등 관련자료 포함.

2.3 제공서류

가. 발주기관 제공서류

1) 기존설계도면
2) 하자점검 및 보수·보강 내역
3) 초기 안전점검 보고서

2.4 종합결론

가. 종합결론

계약상대자는 안전점검의 실시결과에 따라 시설물의 상태성 및 안전성에 대해 판단 후 보수·보강 등 시설물의 개선책 제시 (사업량 및 사업비용 등)

1) 상태 및 안전성 비교 분석
2) 시설물의 안전상태 종합 분석

나. 효율적인 유지관리방안제시

1) 시설물의 기능을 유지할 수 있도록 시설물별 특성에 맞는 효율적인 유지관리 방안을 제시하여야 한다.
2) 본 과업수행 중 파악한 유지관리상 문제점은 적절한 보완대책을 작성하여 유지관리개선 사항으로 제시하여야 한다.
3) 내구성능평가 및 결과를 제시하고 보수보강 부위별 우선순위와 대책을 세워야 한다.

다. 용역결과 보고회

1) 발주자가 보고회 요청시 응하여야 하며, 보고 및 보고자료(ppt) 준비는 용역수행자가 한다.

2.5 성과품 제출

가. 성과품의 제출

1) 보고서 내용은 용역 수행에 따른 모든 자료가 포함된 종합보고서 이어야 하며 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에 의거 작성되어야 한다.
2) 본 과업의 성과는 보수·보강공사 등 계획수립을 시행할 예정 기초자료로 활용될 수 있도록 상세하게 작성하여야 한다.
3) 과업 수행에 사용한 공식자료와 통계는 그 근거와 발행 연도 제시한다.
4) 성과품 작성은 한글 사용을 원칙으로 하되 필요한 경우 영어를 사용할 수 있으며 이 경우 한글을 병용하여야함.
5) 본 과업의 성과는 과업시행 부분에서 제시한 기준 및 절차에 따라 작성되어야 한다.
6) 기술 분야별 성과는 상호 연관성을 표시하여 색인, 판독, 검색 등이 용이하도록 작성하여야 하며, 부록 작성시 관련 자료는 산출근거를 명시하고 색인(Index) 등을 작성하여 삽입시켜야 한다.
7) 참고문헌을 명시(List Up)하여야 한다.
8) 종합보고서 제출 5일 이전에 발주기관에 사전검사를 받아야 하며, 여기에서 지적되는 미비사항을 보완하여 종합보고서를 작성 제출토록 한다.
9) e-보고서는 별도 작성하며 안전점검 실시결과 보고서를 보관 등 유지관리 업무에 효율적이며, 체계적으로 활용할 수 있도록 전자매체(PDF 파일)로 작성하여야 한다.
10) e-보고서에는 조사내용, 결과분석 등을 열람할 수 있도록 작성하여야 하며, 첨부되는 사진(칼라) 또는 동영상(칼라) 등은 결함을 구체적으로 확인할 수 있도록 하여 e-보고서와 서식에서 상호 참조할 수 있도록 하여야 한다.
11) e-보고서에는 시설물의 상태평가를 위한 입·출력 자료 전체를 포함하여야 하며, 기간이 경과한 후에도 결함에 대한 해석이 가능하도록 상세하고 명확하여야 한다.
12) 각 시행과정에 참여한 담당자에 대하여 과업 참여기술자별 인적사항, 업무내용, 참여기간 등을 기록하되 참여기술자 주민등록번호는 공공기관의 개인정보에 관한 법률 제9조의 규정에 의거 개인정보 누출방지를 위하여 뒷자리를 암호화 처리한다.
13) 보고서는 본 보고서와 부록으로 구분하여 작성한다.
14) 본 보고서에는 본 과업에서 수행한 사항만을 작성하며 일반적인 점검 원칙, 분석방법, 이론, 구조해석 데이터 등 점검 및 진단 용역에서 공통으로 적용되는 사항들은 부록에 수록한다.

15) 계약상대자는 종합보고서를 준공 5일전에 발주기관의 사전검사를 받아야 하여, 지적되는 미비사항을 보완·수정하여 제출하여야 한다.

16) 부록작성

- 외관조사망도

  기 시행한 용역에서 발견한 손상과, 보수·보강이력 및 본 용역시 발견한 손상을 동일도면에 아래와 같은 방법으로 표기 한다

  ① 기 시행한 용역에서 발견한 손상은 점선으로 본 용역에서 발견한 손상은 실선으로 표기한다.

  ② 기 시행한 용역에서 발견한 손상을 보수한 경우는 청색으로, 보수 안한 경우는 적색으로, 본 용역에서 발견한 손상은 검정색으로 표기한다.

  ③ 손상발생연도와 보수보강 시행연도를 외관 조사망도에 표기한다.

- 구조해석 모델링 및 수치해석 자료
- 각종 측정, 시험, 장력측정 및 계측 성과표
- 상태평가 결과 자료
- 시설물관리대장 사본
- 현황조사 및 외관조사 사진첩
- 사용 장비 및 기기의 사진
- 사전조사 자료 일체
- 기타 참고 자료

나. 성과품 제출목록

1) 안점점검종합보고서(유지관리지침 등 모든 과업사항 포함) --- 10부
2) 성과품 및 사진첩(CD, 외장하드) ---------- 10 SET
   - 현황사진 및 주요과업 수행 사진첩
3) 기타 발주자가 요구하는 자료 ---------- 1식
4) 시설물 관리대장 (양식) ---------- 1식

02. 외관조사망도

서울문산 고속도로 시설물
정밀안전점검용역

외관조사망도

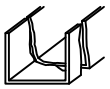
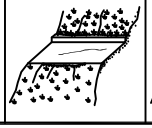
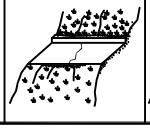
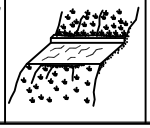
(절토사면(STA.28+720~28+880(좌)))

서울문산고속도로(주)

(주)명성엔지니어링

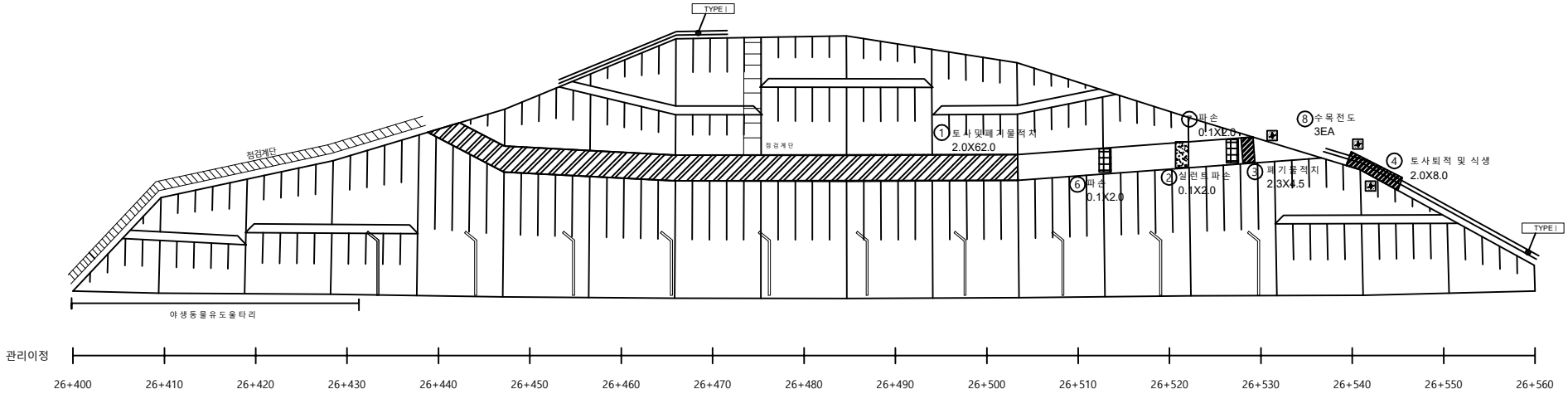
사면명	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))
관리이정	STA.26+400~26+560(좌)
연장(m)/높이(m)	160/32.8
사면의경사/경사방향	58/087

배 수 시 설 손 상 유 형 (T Y P E)

A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-뒷채움토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (종방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로파손
									

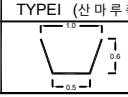
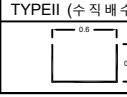
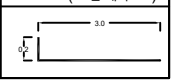
범 례

벌목제근요망(수목) 개 비 온 숏크리트 돌탈격자블럭 누 수



절토사면 / 관리이정 STA.26+400~26+560(좌)

배 수 로 제 원 (단 위 : m)

TYPEI (산마루측구)	TYPEII (수직배수로)	TYPEIII (소단배수로)
		

(주)명성엔지니어링	Project Title: 서울문산고속도로 시설물 정밀안전점검용역	Drawing Title: 절토사면(STA.28+720~28+880(좌)) 외관조사망도	Note

서울문산 고속도로 시설물
정밀안전점검용역

외관조사망도

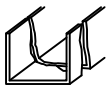
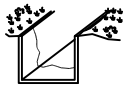
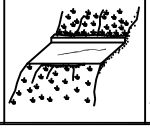
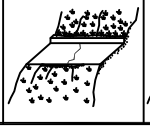
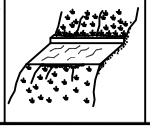
(절토사면(STA.29+700~30+200(우)))

서울문산고속도로(주)

(주)명성엔지니어링

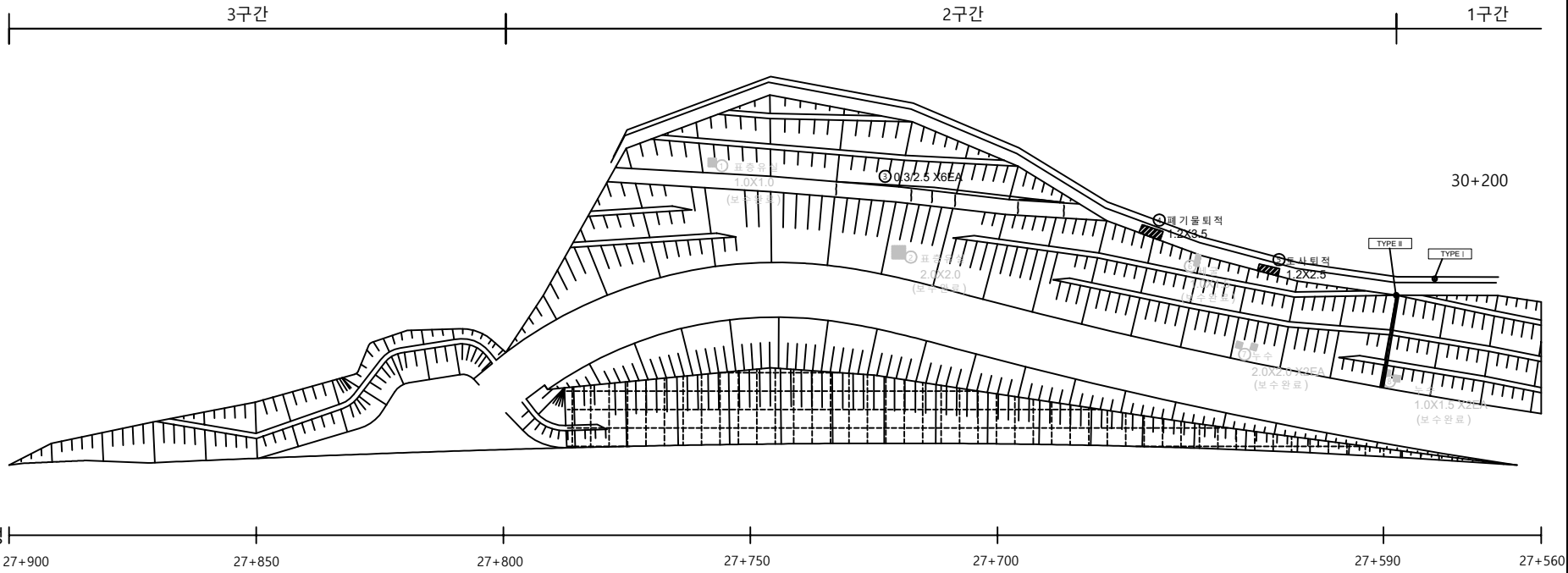
사면명	절토사면(STA.29+700~30+200(우))
관리이정	STA.27+900~27+400(우)
연장(m)/높이(m)	500/30.9
사면의경사/경사방향	55/231

배 수 시 설 손 상 유 형 (T Y P E)

A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-뒷채움토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (종방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로파손
									

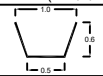
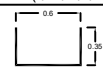
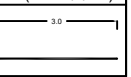
범 례

벌목제근요망(수목) 개 비 온 숏크리트 돌탈격자블럭 누 수



절토사면 / 관리이정 STA.27+900~27+400(우)

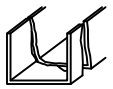
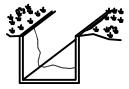
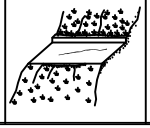
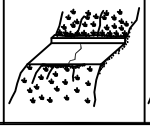
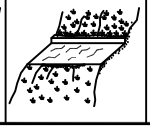
배 수 로 제 원 (단 위 : m)

TYPEI (산마루측구)	TYPEII (수직배수로)	TYPEIII (소단배수로)
		

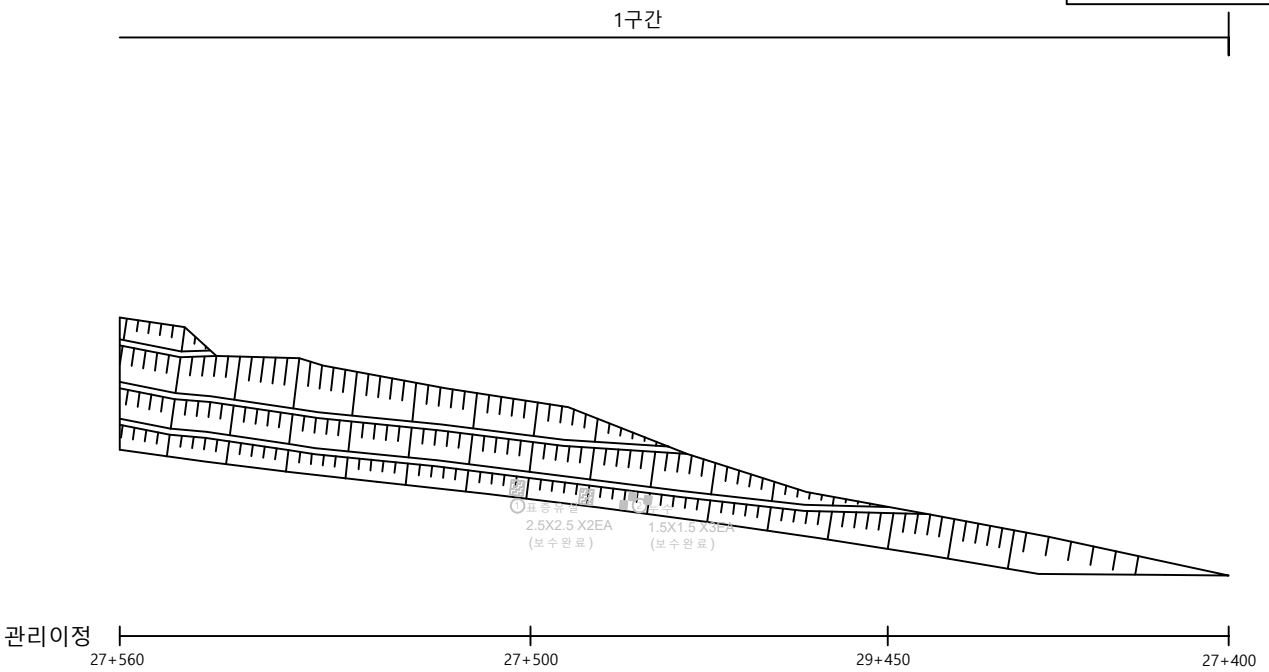
(주)명성엔지니어링	Project Title: 서울문산고속도로 시설물 정밀안전점검용역	Drawing Title: 절토사면(STA.29+700~30+200(우)) 외관조사망도	Note

사면명	절토사면(STA.29+700~30+200(우))
관리이정	STA.27+900~27+400(우)
연장(m)/높이(m)	500/30.9
사면의경사/경사방향	55/231

배 수 시 설 손 상 유 형 (T Y P E)

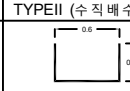
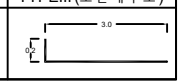
A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-뒷채움토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (종방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로파손
									

범 례



절토사면 / 관리이정 STA.27+900~27+400(우)

배 수 로 제 원 (단 위 : m)

TYPEI (산마루측구)	TYPEII (수직배수로)	TYPEIII (소단배수로)
		

(주)명성엔지니어링	Project Title: 서울문산고속도로 시설물 정밀안전점검용역	Drawing Title: 절토사면(STA.29+700~30+200(우)) 외관조사망도	Note

서울문산 고속도로 시설물
정밀안전점검용역

외관조사망도

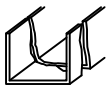
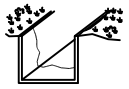
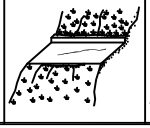
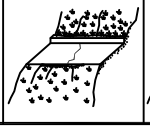
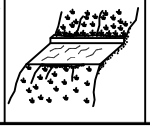
(절토사면(STA.31+100~31+600(좌)))

서울문산고속도로(주)

(주)명성엔지니어링

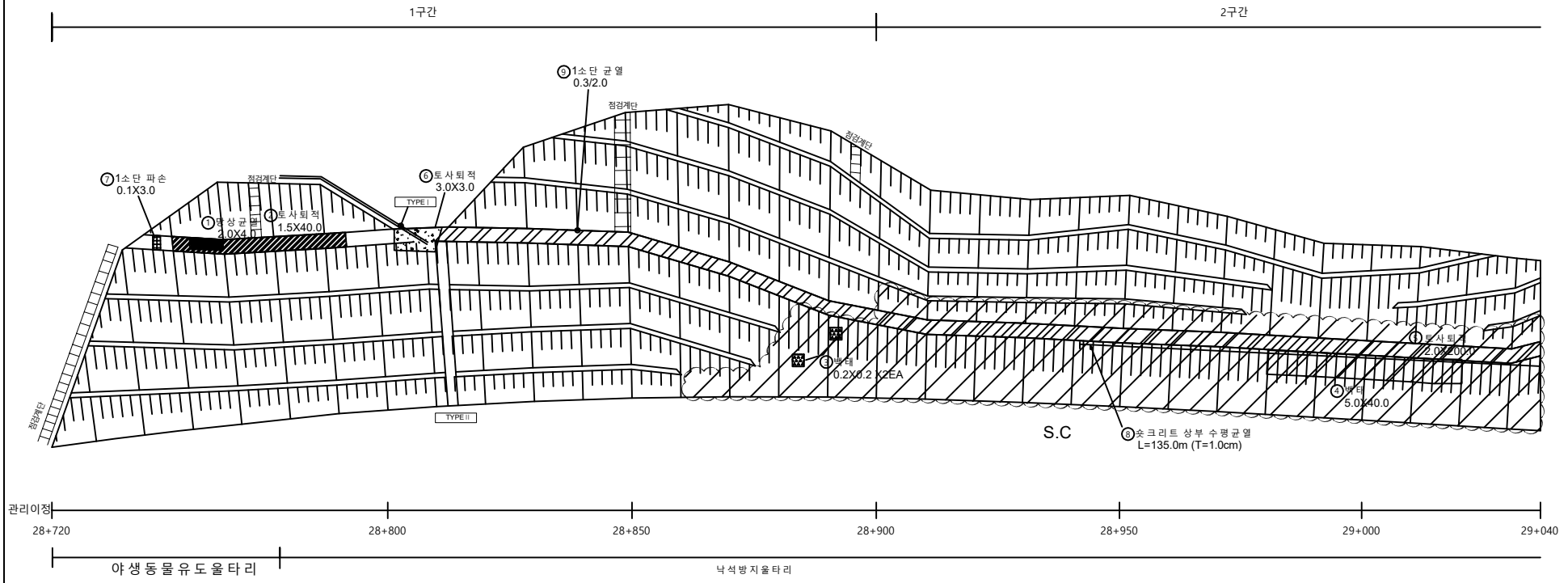
사면명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))
관리이정	STA.28+720~29+280(좌)
연장(m)/높이(m)	560/35.5
사면의경사/경사방향	69/089

배 수 시 설 손 상 유 형 (T Y P E)

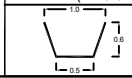
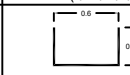
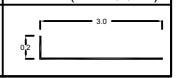
A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-뒷채움토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (종방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로파손
									

범 례

벌목제근요망(수목) | 개 비 온 | 숏크리트 | 몰탈격자블럭 | 누 수



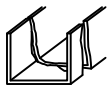
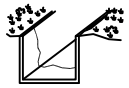
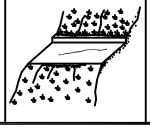
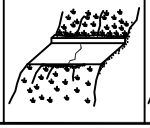
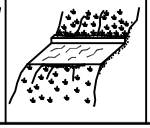
절토사면 / 관리이정 STA.28+720~29+280(좌)

배 수 로 제 원 (단 위 : m)		
TYPEI (산마루측구)	TYPEII (수직배수로)	TYPEIII (소단배수로)
		

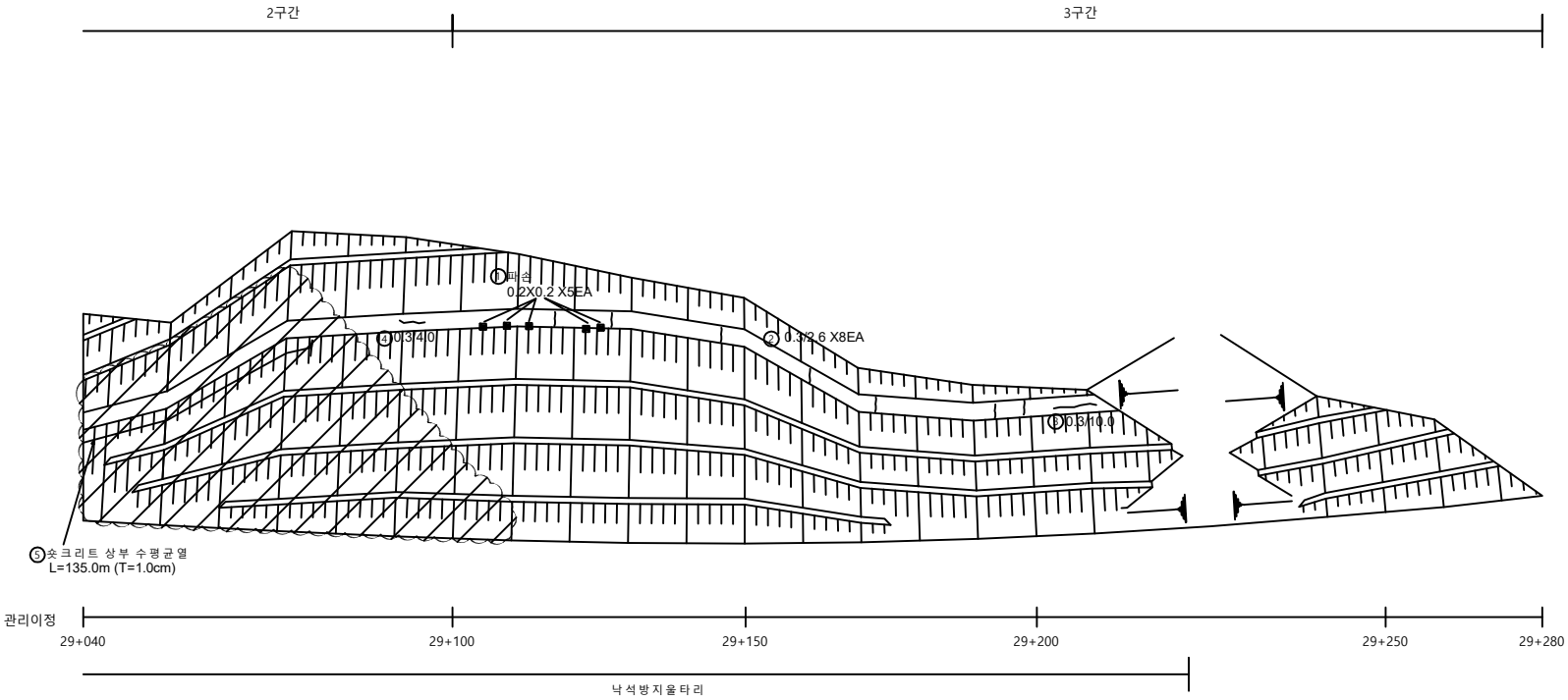
(주)명성엔지니어링	Project Title: 서울문산고속도로 시설물 정밀안전점검용역	Drawing Title: 절토사면(STA.31+100~31+600(좌)) 외관조사망도	Note

사 면 명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))
관 리 이 정	STA.28+720~29+280(좌)
연 장 (m)/높 이 (m)	560/35.5
사 면 의 경 사 /경 사 방 향	69/089

배 수 시 설 손 상 유 형 (T Y P E)

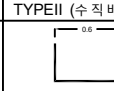
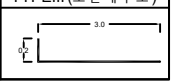
A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-뒷채움토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (종방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로파손
									

범 례



절토사면 / 관리이정 STA.28+720~29+280(좌)

배 수 로 제 원 (단 위 : m)

TYPEI (산마루측구)	TYPEII (수직배수로)	TYPEIII (소단배수로)
		

(주)명성엔지니어링	Project Title: 서울문산고속도로 시설물 정밀안전점검용역	Drawing Title: 절 토 사 면 (STA.31+100~31+600(좌)) 외 관 조 사 망 도	Note

03. 측정,시험 성과표

03-01. 암반반발경도시험

절토사면STA.29+700~30+200(우) 반발도법에 의한 압축강도 추정(암반강도)

구 분	측정위치	타격방향	측정치					평균치	상위50%반발	보정계수	보정반발	추정강도(Mpa)
3구간	27.820k	-45	47	44	50	50	50	45.0	50.1	-0.60	49.5	100.1
			38	54	44	44	44					
			38	56	42	42	40					
			40	40	42	48	46					

03-02. 토양경도측정

1. 절토사면(STA.28+720~28+880(좌))

【표 1.3.6】 토양경도시험 측정결과

구분	측정위치	측정치(mm)										평균 mm	지반 분류
1	26.420k	17.5	18.1	17.9	13.4	13.5	15.1	16.4	18.9	17.5	17.4	16.6	모래질 실트
2	26.440k	14.2	15.9	17.4	17.9	18.2	15.8	18.5	12.1	15.1	14.5	16.0	모래질 실트
3	26.460k	15.8	14.9	18.4	19.2	18.7	15.9	18.4	18.2	18.5	17.6	17.6	모래질 실트
4	26.480k	13.2	14.9	14.5	13.8	15.4	14.8	13.8	13.4	14.8	15.8	14.4	모래질 실트
5	26.500k	12.5	15.7	14.5	18.4	17.5	14.6	13.2	18.7	14.9	17.9	15.8	모래질 실트
6	26.520k	14.4	15.5	15.9	18.5	16.5	15.1	16.5	15.2	15.7	14.8	15.8	모래질 실트

2. 절토사면(STA.29+700～30+200(우))

【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

3. 절토사면(STA.31+100~31+600(좌))

【표 3.3.9】 1구간 토양경도시험 측정결과

구분	측정위치	측정치(mm)										평균 mm	지반 분류
1	28.740k	15.0	16.9	15.6	16.6	16.4	15.2	16.0	16.2	16.0	14.8	15.9	모래질 실트
2	28.760k	15.9	16.0	16.3	17.1	16.3	17.8	16.0	14.4	16.0	16.4	16.2	모래질 실트
3	28.780k	15.0	17.5	16.3	17.5	18.0	18.2	18.0	17.1	16.6	15.6	17.0	모래질 실트
4	28.800k	18.0	16.5	16.2	17.9	17.5	16.5	17.2	16.0	16.2	15.8	16.8	모래질 실트

【표 3.3.10】 2구간 토양경도시험 측정결과

구분	측정위치	측정치(mm)										평균 mm	지반 분류
1	28.960k	16.0	15.9	16.6	16.9	16.6	16.9	15.8	16.9	16.0	16.3	16.4	모래질 실트
2	28.980k	16.4	16.7	17.9	16.0	16.3	15.0	16.0	15.3	15.9	16.3	16.2	모래질 실트
3	29.000k	15.0	15.0	15.9	15.0	16.9	16.9	15.9	15.5	15.9	15.8	15.8	모래질 실트
4	29.020k	16.5	16.9	16.9	16.5	16.5	16.6	16.5	16.6	16.5	16.6	16.6	모래질 실트

【표 3.3.11】 3구간 토양경도시험 측정결과

구분	측정위치	측정치(mm)										평균 mm	지반 분류
1	29.120k	16.5	15.8	15.0	15.7	15.0	15.5	16.5	15.0	16.0	16.3	15.7	모래질 실트
2	29.140k	17.0	15.0	15.0	16.0	16.0	16.9	17.9	15.0	15.5	15.5	16.0	모래질 실트

04. 상태평가 결과자료

1. 절토사면(STA.28+720~28+880(좌))

가. 상태평가 조사결과표

【표 1.4.4】 사면 손상상태 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))		표번호	[표 1.4.4]		
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 1.4.5】 사면 파괴요인 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))		표번호	[표 1.4.5]			
1. 지반상태							
일련번호	구 분		상 태		상태점수		비고
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	100° - 087° = 13°		5		
1-6		절리경사-사면경사	35° - 58° = -23°		7		
1-7		절리상태	유리 (절리상태 점수 2.6점)		2		
2. 사면형상							
1-8	절리암반	사면의 경사	평균사면경사 51°		1		
3. 자연적 외부요인							
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	199㎜(파주, 22년6월30일)		4	4	
		지하수위	사면 높이의 1/3		1		
4. 인위적 외부요인							
1-10	절리암반	절취상태	매우 좋음		0		
1-11	배수조건		보통		2		
1-12	보호/보강상태		양호함		0		
조사일시	2022. 10. 21		조사자	정 지 운			

나. 상태평가결과 산정표

【표 1.4.6】 상태평가결과 산정표

시설물명			절토사면(STA.28+720~28+880(좌))				표번호
근거표번호			[표 1.4.4], [표 1.4.5]				[표 1.4.6]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상상태	파괴징후	① 인장균열 ② 지반변형 ③ 구조물변형	0 0 0	a a a	0	f1=0.00	a
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향 ⑥ 절리경사-사면경사 ⑦ 절리상태	5 7 2	d e b	21	f2=0.40	c
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	4	e			
	인위요인	⑩ 절취상태 ⑪ 배수조건 ⑫ 보호/보강 상태	0 2 0	a c a			
합계(Σ)					21	F=0.28	B
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 = a등급 ○파괴요인지수(f2) : 21 / 52 = 0.40 = c등급 ○상태평가등급(F) : 21 / 76 = 0.28 = B등급					

다. 종합평가 결과 산정표

【표 1.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표				
시설물명	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))		표 번 호	【표 1.5.1】
평가구분	결함지수	평가결과	비 고	
상태평가	0.28	B	근거표번호	【표 1.4.6】
안전성평가	해당없음			
종합평가	0.28	B	최저등급 적용	
종합평가결과	절토사면의 종합평가 결과 : B			

2. 절토사면(STA.29+700~30+200(우))

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		상태점수	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		상태점수	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	199㎜(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 2.4.6】 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° - 231° = -26°	3		
1-6		절리경사-사면경사	65° - 55° = 10°	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	199㎜(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. 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 2.4.9】 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	199㎜(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

【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
손상상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	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
손상상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	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			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상상태	파괴징후	① 인장균열 ② 지반변형 ③ 구조물변형	0 0 0	a a a	0	f1=0.00	a
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향 ⑥ 절리경사-사면경사 ⑦ 절리상태	0 0 0	a a a	7	f2=0.13	a
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	4	e			
	인위요인	⑩ 절취상태 ⑪ 배수조건 ⑫ 보호/보강 상태	0 1 1	a b 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					

다. 종합평가 결과 산정표

【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**			

3. 절토사면(STA.31+100~31+600(좌))

가. 상태평가 조사결과표

【표 3.4.4】 1구간 사면 손상상태 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표번호	[표 3.4.4]		
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	28.720~28.900km		
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 3.4.5】 1구간 사면 파괴요인 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표번호	[표 3.4.5]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	28.720~28.900km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수		비고
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	184° - 089° = 95°	0		
1-6		절리경사-사면경사	20 ° - 69° = -49°	8		
1-7		절리상태	유리(절리상태 점수 2.6점)	2		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	54°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	199㎜(파주, 22년6월30일)	4	4	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	매우좋음	0		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2022. 10. 21		조사자	정 지 운		

【표 3.4.6】 2구간 사면 손상상태 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표번호	[표 3.4.6]		
조사영역번호	2구간		조사영역 위치	28.900~29.100km		
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 3.4.7】 2구간 사면 파괴요인 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표번호	[표 3.4.7]		
조사영역 번호	2구간		조사영역 위치	28.900~29.100km		
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	54°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	199㎜(파주, 22년6월30일)	4	4	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	매우좋음	0		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2022. 10. 21		조사자	정 지 운		

【표 3.4.8】 3구간 사면 손상상태 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표번호	[표 3.4.8]		
조사영역번호	3구간		조사영역 위치	29.100~29.280km		
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 3.4.9】 3구간 사면 파괴요인 조사결과표

시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표번호	[표 3.4.9]		
조사영역 번호	3구간		조사영역 위치	29.100~29.280km		
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	54°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	199㎜(파주, 22년6월30일)	4	4	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	매우좋음	0		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2022. 10. 21		조사자	정 지 운		

나. 상태평가결과 산정표

【표 3.4.10】 1구간 상태평가결과 산정표

시설물명			절토사면(STA.31+100~31+600(좌))				표번호
근거표번호			[표 3.4.4], [표 3.4.5]				[표 3.4.10]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	18	f2=0.35	c
		⑥ 절리경사-사면경사	8	e			
		⑦ 절리상태	2	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	4	e			
	인위요인	⑩ 절취상태	0	a			
		⑪ 배수조건	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					18	F=0.24	B
상태평가결과	○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 18 / 52 = 0.35 ○상태평가등급(F) : 18 / 76 = 0.24						

【표 3.4.11】 2구간 상태평가결과 산정표

시설물명			절토사면(STA.31+100~31+600(좌))				표번호
근거표번호			[표 3.4.6], [표 3.4.7]				[표 3.4.11]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	8	f2=0.15	b
		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	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					8	F=0.11	A
상태평가결과	○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 8 / 52 = 0.15 ○상태평가등급(F) : 8 / 76 = 0.11						

【표 3.4.12】 3구간 상태평가결과 산정표

시설물명			절토사면(STA.31+100~31+600(좌))				표번호
근거표번호			[표 3.4.8], [표 3.4.9]				[표 3.4.12]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상상태	파괴징후	① 인장균열 ② 지반변형 ③ 구조물변형	0 0 0	a a a	0	f1=0.00	a
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향 ⑥ 절리경사-사면경사 ⑦ 절리상태	0 0 0	a a a	8	f2=0.15	b
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	4	e			
	인위요인	⑩ 절취상태 ⑪ 배수조건 ⑫ 보호/보강 상태	0 2 1	a c a			
합계(Σ)					8	F=0.11	A
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 8 / 52 = 0.15 ○상태평가등급(F) : 8 / 76 = 0.11					

다. 종합평가 결과 산정표

【표 3.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표				
시설물명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))		표 번 호	【표 3.5.1】
평가구분	결함지수	평가결과	비 고	
1구간	0.24	B	근거표번호	【표 3.4.10】
2구간	0.11	A	근거표번호	【표 3.4.11】
3구간	0.11	A	근거표번호	【표 3.4.12】
안전성평가	해당없음			
종합평가	0.24	B	최저등급 적용	
종합평가결과	절토사면의 종합평가 결과 : B			

05. 시설물관리대장

시설물관리대장(절토사면)

시 설 물 번 호	SL2020-0000039
관 리 번 호	
시 설 물 명	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))

내 용
1. 기본현황
2. 상세제원
3. 안전점검 및 정밀안전진단 이력
4. 보수·보강 이력
5. 첨부: 1) 전경사진 2) 설계도서 목록 3) 기타 관리주체에서 유지관리에 필요한 자료

관리주체 : 서울문산고속도로주식회사

소 유 자 : 국토교통부 전화번호 : 031-927-2605

보 관 자 :

1. 기본현황

시설물번호	관리번호	시설물명	노선		시설물분류			
			구분	세부노선	시설물종류	시설물종별	시설물구분	SOC성능평가대상
SL2020-0000039		절토사면(STA.28+720~28+880(좌))	고속국도	고속국도17호선	연직높이 30미터 이상(옹벽이 있는 경우 옹벽상단으로부터의 높이)을 포함한 절토부로서 단일 수평연장 100미터이상인 도로사면	2종	절토사면	유

주소 (시,도) (시,군,구) (읍,면,동) (리,번지 등 주소)				관리주체	관리주체구분				소유자	소유자구분			
					공공			민간		공공			민간
경기도	파주시	월롱면 능산리 산 33-16		서울문산고속도로주식회사	중앙부처	지자체	(국가/지방)공기업	V	국토교통부	중앙부처	지자체	(국가/지방)공기업	
										V			

사업계획 승인일	준공 (사용승인)일	하자담보책임 만료일	2. 상세제원	3. 안점점검 및 정밀안전진단 이력	4. 보수·보강 이력	환기구 덮개 (접근 가능한 환기구)	5. 첨부자료 목록
2015년 08월 07일	2020년 11월 06일	2027년 11월 05일	유	유	무	무	절토사면(STA.28+720~28+880)-1.jpg 절토사면(STA.28+720~28+880)-2.jpg

설계기간	설계자	공사기간	시공자	총공사비(백만원)
2008-05-01 ~ 2010-08-31	(주)신성엔지니어링	2015-11-07 ~ 2020-11-06	(주)대우건설	1,045

내진정보	내진설계 대상 유무	내진설계 적용 유무	적용내진설계기준	내진성능평가 실시 유무	내진보강 유무
	대상	적용		미실시	미실시

영21조대상	감리기간	감리자(책임감리원)	사업주체(발주자)	공사명	공사감독·공사관리관
아니오	2015-11-07 ~ 2020-11-06	(주)신성엔지니어링(오영식)	서울문산고속도로주식회사	서울~문산 고속도로 민간투자사업 제4공구	홍경표

기타 기본현황

작성일	작성자	최종 수정일	최종 수정자
2020년 11월 27일	서울문산고속도로주식회사 (인)	2020년 12월 22일	홍준원

비고	

2. 상세제원

시설물명			사면위치		시점		종점		주용도	
절토사면(STA.28+720~28+880(좌))				위도	37° 49′ 3″		37° 49′ 7″		고속도로	
				경도	126° 46′ 57″		126° 46′ 57″			
사면형상	횡단지형	횡단형상	종단형상	법면특징	곡부개소수	규모	연장	높이	경사	구성재료	소단수
	양안사면, 외사면+하부사면	straight	straight	smooth			160 m	32.8 m	58	암	5
상부사면	높이 (깍기부포함)	경사	토층심도	식생	부석유무	하부사면	높이	경사	형식/재료	식생	하천유무
		33		초본	무				절토		무
	배수시설	기타	상부사면내 인공구조물	종류	위치		배수시설	기타	하부사면내 인공구조물	종류	위치
	측구,집수정										

인접시설물 규모

	종류	규모	특성	이격거리	기타		종류	규모	특성	이격거리	기타
1	도로	왕복4차로	고속도로	1							

보 강 공 법

	공종	공법	적용구간	위치	비고
1	보호공	식생공-seed spray	28+720 ~ 28+880	상부사면	
2	교통인자보호공	낙석방지울타리	28+740 ~ 28+840	상부사면	
3	교통인자보호공	낙석방지망	28+740 ~ 28+850	상부사면	
4	교통인자보호공	옹벽-L형	28+720 ~ 28+880	상부사면	
기타 상세제원					

전경사진	정 · 측면,기타사진

시설물관리대장(절토사면)

시 설 물 번 호	SL2020-0000040
관 리 번 호	
시 설 물 명	절토사면(STA.29+700~30+200(우))

내 용
1. 기본현황
2. 상세제원
3. 안전점검 및 정밀안전진단 이력
4. 보수·보강 이력
5. 첨부: 1) 전경사진 2) 설계도서 목록 3) 기타 관리주체에서 유지관리에 필요한 자료

관리주체 : 서울문산고속도로주식회사

소 유 자 : 국토교통부 전화번호 : 031-927-2605

보 관 자 :

1. 기본현황

시설물번호	관리번호	시설물명	노선		시설물분류			
			구분	세부노선	시설물종류	시설물종별	시설물구분	SOC성능평가대상
SL2020-0000040		절토사면(STA.29+700~30+200(우))	고속국도	고속국도17호선	연직높이 30미터 이상(옹벽이 있는 경우 옹벽상단으로부터의 높이)을 포함한 절토부로서 단일 수평연장 100미터이상인 도로사면	2종	절토사면	유

주소 (시,도) (시,군,구) (읍,면,동) (리,번지 등 주소)				관리주체	관리주체구분				소유자	소유자구분			
					공공			민간		공공			민간
경기도	파주시	월롱면 능산리 326-29		서울문산고속도로주식회사	중앙부처	지자체	(국가/지방)공기업	V	국토교통부	중앙부처	지자체	(국가/지방)공기업	
										V			

사업계획 승인일	준공 (사용승인)일	하자담보책임 만료일	2. 상세제원	3. 안점점검 및 정밀안전진단 이력	4. 보수·보강 이력	환기구 덮개 (접근 가능한 환기구)	5. 첨부자료 목록
2015년 08월 07일	2020년 11월 06일	2027년 11월 05일	유	유	무	무	절토사면(STA.29+700~30+200)-1.jpg 절토사면(STA.29+700~30+200)-2.jpg

설계기간	설계자	공사기간	시공자	총공사비(백만원)
2008-05-01 ~ 2010-08-31	(주)신성엔지니어링	2015-11-07 ~ 2020-11-06	(주)대우건설	1,786

내진정보	내진설계 대상 유무	내진설계 적용 유무	적용내진설계기준	내진성능평가 실시 유무	내진보강 유무
	대상	적용		미실시	미실시

영21조대상	감리기간	감리자(책임감리원)	사업주체(발주자)	공사명	공사감독·공사관리관
아니오	2015-11-07 ~ 2020-11-06	(주)신성엔지니어링(오영식)	서울문산고속도로주식회사	서울~문산 고속도로 민간투자사업 제4공구	홍경표

기타 기본현황

작성일	작성자	최종 수정일	최종 수정자
2020년 11월 27일	서울문산고속도로주식회사 (인)	2020년 12월 22일	홍준원

비고	

2. 상세제원

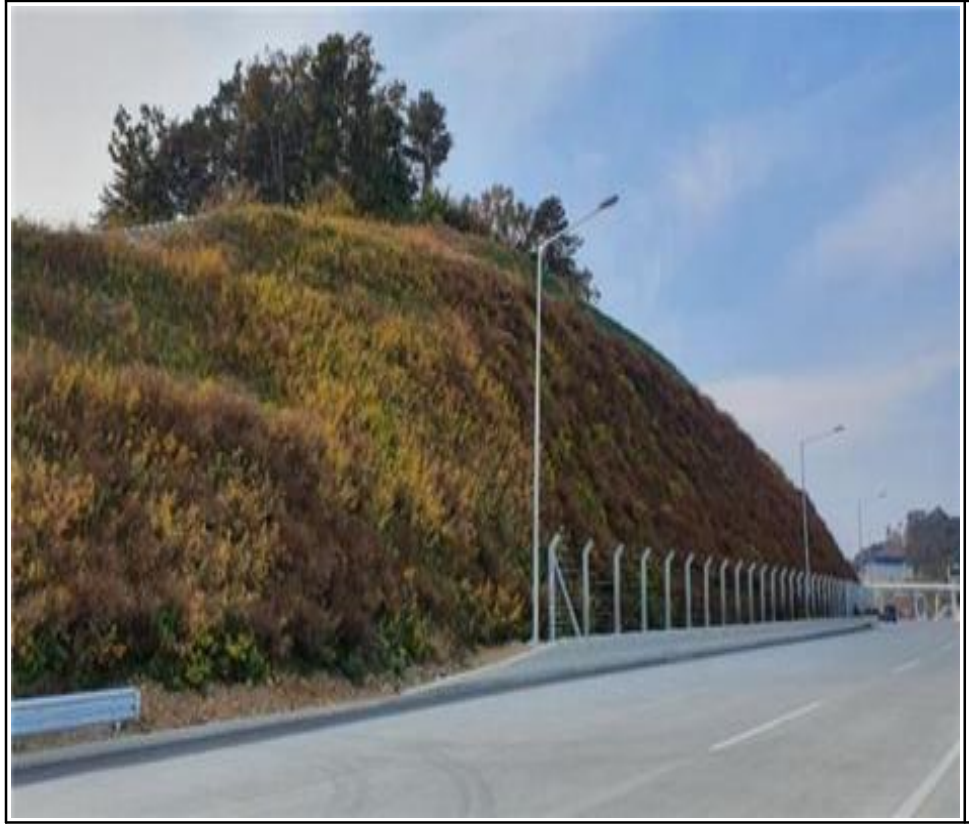
시설물명			사면위치		시점		종점		주용도	
절토사면(STA.29+700~30+200(우))				위도	37° 46′ 32″		37° 49′ 43″		고속도로	
				경도	126° 46′ 45″		126° 46′ 31″			
사면형상	횡단지형	횡단형상	종단형상	법면특징	곡부개소수	규모 연장	높이	경사	구성재료	소단수
	외사면					500 m	30.9 m	55	암	4
상부사면	높이 (깍기부포함)	경사	토층심도	식생	부석유무	하부사면 높이	경사	형식/재료	식생	하천유무
		24		초본	무			절토		무
	배수시설	기타	상부사면내 인공구조물	종류	위치	하부사면 배수시설	기타	하부사면내 인공구조물	종류	위치
	측구,집수정									

인접시설물 규모

	종류	규모	특성	이격거리	기타		종류	규모	특성	이격거리	기타
1	도로	왕복4차로	고속도로	1							

보 강 공 법

	공종	공법	적용구간	위치	비고
1	보호공	식생공-seed spray	29+700 ~ 30+200	상부사면	
2	교통인자보호공	낙석방지울타리	29+960 ~ 30+100	상부사면	
3	교통인자보호공	옹벽-L형	29+700 ~ 30+200	상부사면	
기타 상세제원					

전경사진	정 · 측면,기타사진
	

시설물관리대장(절토사면)

시 설 물 번 호	SL2020-0000041
관 리 번 호	
시 설 물 명	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))

내 용
1. 기본현황
2. 상세제원
3. 안전점검 및 정밀안전진단 이력
4. 보수·보강 이력
5. 첨부: 1) 전경사진 2) 설계도서 목록 3) 기타 관리주체에서 유지관리에 필요한 자료

관리주체 : 서울문산고속도로주식회사

소 유 자 : 국토교통부 전화번호 : 031-927-2605

보 관 자 :

1. 기본현황

시설물번호	관리번호	시설물명	노선		시설물분류			
			구분	세부노선	시설물종류	시설물종별	시설물구분	SOC성능평가대상
SL2020-0000041		절토사면(STA.31+100~31+600(좌))	고속국도	고속국도17호선	연직높이 30미터 이상(옹벽이 있는 경우 옹벽상단으로부터의 높이)을 포함한 절토부로서 단일 수평연장 100미터이상인 도로사면	2종	절토사면	유

주소 (시,도) (시,군,구) (읍,면,동) (리,번지 등 주소)				관리주체	관리주체구분				소유자	소유자구분			
					공공			민간		공공			민간
경기도	파주시	문산읍 내포리 산 24-33		서울문산고속도로주식회사	중앙부처	지자체	(국가/지방)공기업	V	국토교통부	중앙부처	지자체	(국가/지방)공기업	
										V			

사업계획 승인일	준공 (사용승인)일	하자담보책임 만료일	2. 상세제원	3. 안점점검 및 정밀안전진단 이력	4. 보수·보강 이력	환기구 덮개 (접근 가능한 환기구)	5. 첨부자료 목록
2015년 08월 07일	2020년 11월 06일	2027년 11월 05일	유	유	무	무	절토사면(STA.31+100~31+600)-1.jpg 절토사면(STA.31+100~31+600)-2.jpg

설계기간	설계자	공사기간	시공자	총공사비(백만원)
2008-05-01 ~ 2010-08-31	(주)신성엔지니어링	2015-11-07 ~ 2020-11-06	(주)대우건설	2,245

내진정보	내진설계 대상 유무	내진설계 적용 유무	적용내진설계기준	내진성능평가 실시 유무	내진보강 유무
	대상	적용		미실시	미실시

영21조대상	감리기간	감리자(책임감리원)	사업주체(발주자)	공사명	공사감독·공사관리관
아니오	2015-11-07 ~ 2020-11-06	(주)신성엔지니어링(오영식)	서울문산고속도로주식회사	서울~문산 고속도로 민간투자사업 제4공구	홍경표

기타 기본현황

작성일	작성자	최종 수정일	최종 수정자
2020년 11월 27일	서울문산고속도로주식회사 (인)	2020년 12월 22일	홍준원

비고	

2. 상세제원

시설물명			사면위치		시점		종점		주용도	
절토사면(STA.31+100~31+600(좌))				위도	37 ° 50 ′ 7 ″		37 ° 50 ′ 24 ″		고속도로	
				경도	126 ° 46 ′ 10 ″		126 ° 46 ′ 9 ″			

사면형상	횡단지형	횡단형상	종단형상	법면특징	곡부개소수	규모	연장	높이	경사	구성재료	소단수
	양안사면	straight	straight	smooth			140 m	35.5 m	54	혼합	4

상부사면	높이 (깍기부포함)	경사	토층심도	식생	부석유무	하부사면	높이	경사	형식/재료	식생	하천유무
		29	2	초본	무						무
	배수시설	기타	상부사면내 인공구조물	종류	위치		배수시설	기타	하부사면내 인공구조물	종류	위치
	측구,집수정										

인접시설물 규모

	종류	규모	특성	이격거리	기타		종류	규모	특성	이격거리	기타
1	도로	왕복4차선	고속도로	1							

보 강 공 법

	공종	공법	적용구간	위치	비고
1	보호공	식생공-seed spray	31+00 ~ 31+600	상부사면	
2	보강공	록볼트	31+180 ~ 31+500	상부사면	
3	교통인자보호공	낙석방지울타리	31+090 ~ 31+525	상부사면	
4	교통인자보호공	옹벽-L형	31+100 ~ 31+600	상부사면	
기타 상세제원					

전경사진	정 · 측면,기타사진

06. 현황조사 사진첩

1. 절토사면(STA.28+720~28+880(좌))

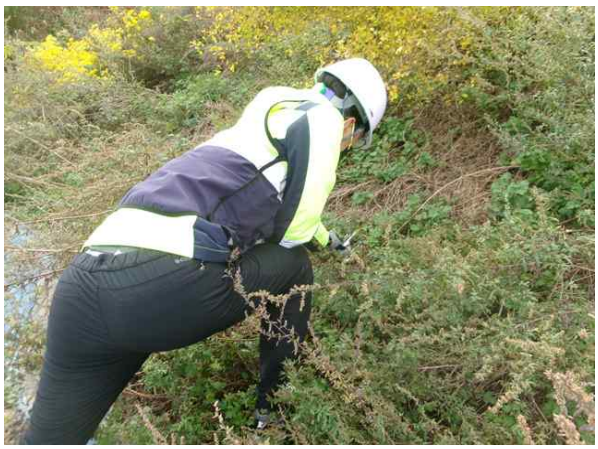
전 경

전경

1소단 배수로 전경

점검계단 전경

낙석방지울타리 전경



작업사진

손상현황 사진

현 황	26.430~26.500k 전면 식생상태
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	2단 사면부, 점검계단 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	사면하부(이격부) 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	야생동물울타리 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	도로부, 낙석방지울타리 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	도로, 낙석방지울타리 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	26.440~26.500k 토사퇴적, 폐기물 적치	현 황	26.515k 소단배수로 파손
원 인	우수로 인한 토사침식, 폐기물 처리 미흡	원 인	균열부 손상진전
대 책	정비	대 책	단면보수
현 황	26.520k 소단배수로 실란트 파손	현 황	26.528k 소단배수로 파손
원 인	실란트 노후화	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 우수유입
대 책	실란트 재시공	대 책	주입보수
현 황	26.535k 2단 수목전도	현 황	26.540k 토사퇴적 및 식생
원 인	-	원 인	토사유입
대 책	정비	대 책	정비

2. 절토사면(STA.29+700~30+200(우))

전 경

전경

1소단 배수로 전경

낙석방지울타리 전경

산마루측구 전경

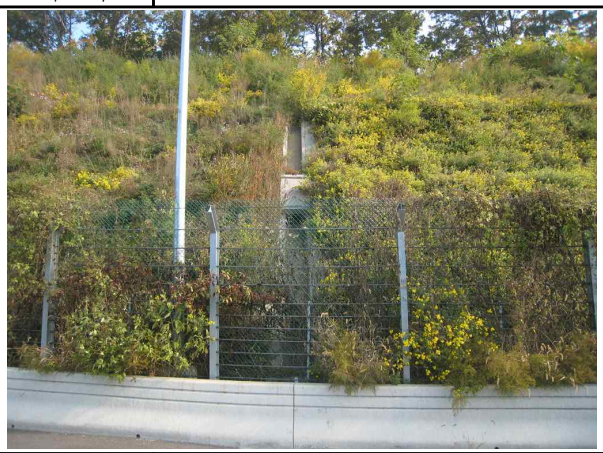
작업사진

손상현황 사진

현 황	1구간 상부자연사면 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	1구간 시점부 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	1구간 하부 전경
원 인	상태양호
대 책	-



현 황	1~2구간 수직도수로 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	2구간 시점부 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	2구간 종점부 전경
원 인	상태양호
대 책	-

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>2구간 상부자연사면 전경</td><td>현 황</td><td>2구간 상부자연사면 전경</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>상태양호</td><td>원 인</td><td>상태양호</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>-</td><td>대 책</td><td>-</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>2구간 소단배수로 전경</td><td>현 황</td><td>2구간 도로, 낙석방지울타리 전경</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>상태양호</td><td>원 인</td><td>상태양호</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>-</td><td>대 책</td><td>-</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>2구간 산마루측구 전경</td><td>현 황</td><td>27.620k 소단배수로 토사퇴적</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>상태양호</td><td>원 인</td><td>강우시 토사유입</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>-</td><td>대 책</td><td>정비</td></tr>
</table>

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
현 황	3구간 종점부 전경	현 황	3구간 상부자연사면 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-

3. 절토사면(STA.31+100~31+600(좌))

전 경

전경

1소단 배수로 전경

점검계단 전경

낙석방지울타리 전경

작업사진

손상현황 사진

현 황	1구간 시점부 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	1구간 사면부 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	수직도수로, 낙석방지울타리 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	28.740k 소단배수로 파손
원 인	배수로 하부 다짐미흡, 배수로 자중
대 책	단면보수

현 황	28.780k 소단배수로 망상균열
원 인	배수로 양생미흡, 표면 건조수축
대 책	표면처리

현 황	29.170k 소단배수로 균열(0.3/2.6)
원 인	초기 건조수축
대 책	주입보수

현 황	28.780k 소단배수로 토사퇴적
원 인	우수유입
대 책	정비

현 황	28.890k 숏크리트 백태
원 인	숏크리트 시공미흡, 습윤침투
대 책	표면처리

현 황	2구간 시점부 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	소단배수로 전구간 토사퇴적
원 인	우수유입
대 책	정비

현 황	도로, 낙석방지울타리 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	숏크리트 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	점검계단 전경
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	상부자연사면
원 인	상태양호
대 책	-

현 황	29.100k 소단배수로 균열(0.3/4.0)
원 인	초기 건조수축
대 책	주입보수

현 황	29.000k 소단배수로 토사퇴적
원 인	우수유입
대 책	정비

현 황	28.950k 숏크리트 균열(1.0/135.0)
원 인	숏크리트 시공미흡, 부착력 저하
대 책	주입보수

현 황	28.900k 숏크리트 백태
원 인	숏크리트 시공미흡, 습윤침투
대 책	표면처리

현 황	3구간 시점부 전경	현 황	3구간 종점부 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-
현 황	상부자연사면 전경	현 황	하단 야생동물유도울타리 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-
현 황	29.110k 소단배수로 파손	현 황	29.120k 소단배수로 균열(0.3/2.6)
원 인	연석부 외부충격	원 인	초기 건조수축
대 책	단면보수	대 책	주입보수

07. 사용장비 및 기기의사진

< 사용장비 및 기기의 사진 >

수행장비	장비명	용 도	사 진
휴대 장비	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	균열폭 측정기	외관조사시 균열폭 측정	
	균열측정기	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인	
	클리노미터	불연속면의 주향/경사 측정	
	프로파일 게이지	불연속면거칠기 측정	
	버니어 캘리퍼스	부재 상세치수 측정	
비파괴 시험	암반 슈미트해머	암반강도조사	

시 험 성 적 서
(TEST REPORT)

ktl 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 22-058455-01-2
Report No.

1. 의 뢰 자 (Client)

기 관 명 (Name) : (주)명성엔지니어링

주 소 (Address) : 경기도 성남시 분당구 야탑로69번길 18, 3층 301호(야탑동, 동아체인)

의뢰일자 (Date of Receipt) : 2022. 09. 19.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : Q.C

3. 시험대상품목/품질/시료명 (Test Sample)

제 품 명 (Description) : 테스트 햄머

제작회사 (Manufacturer) : SANYO

모 델 명 (Model Name) : 2013 (R value / N type) (암반용)

제조번호 (Serial Number) : 88335

기 타 (Remark) :

4. 시험기간 (Date of Test) : 2022년 09월 20일 ~ 2022년 09월 20일

5. 시험장소 (Location of Test) :

■ KTL 고정시험실 (주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)

□ 현장시험

6. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 시험결과 참조

7. 시험결과 (Test Results) : 시험결과 참조

비고(Note) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용은 금합니다.
2. 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재 가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
("원본"이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 부합시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)
3. 아래의 2D바코드를 스캔하여 성적서의 원본내용 확인이 가능하며, KTL 보관 원본과의 동일성은 고객전용홈페이지(customer.ktl.re.kr)의 "성적서 원본확인"창에서 비교가능 합니다.
4. 본 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 표준 및 KOLAS 인정과 관련이 없습니다.

확 인 Affirmation	작성자(Tested by)	기술책임자(Technical Manager)
	성 명(Name): 김섬김 (Signature)	성 명(Name): 문제덕 (Signature)

2022. 09. 20.

한국산업기술시험원장

경기도 안산시 상록구 해안로 723(723, Haean-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, KOREA) Tel.031-500-0217 Fax. 031-500-0389

※ 위 마크는 추후 진자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

ktl 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 22-058455-01-2
Report No.
페이지 (2)/(총 2)
Page of Pages

시 험 결 과 (Test Results)

1. 일반사항

◇ 제품명 : 테스트 햄머
◇ 제작회사 : SANYO
◇ 모델명 : 2013 (R value / N type) (압반용)
◇ 제조번호 : 88335

2. 사용된 표준장비 명세

사용장비명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number
Test Anvil	KAMEKURA / 57	C02002
Test Anvil	KAMEKURA / 82	None

3. 시험방법

- 기준 Test Anvil 값과 비교 시험한다.

4. 시험결과

1) Test Anvil (KAMEKURA)을 이용한 비교시험결과 * 단위 : R

표 준 값	지 시 값					평균값	측정불확도
57	1회	2회	3회	4회	5회	55.8	2.4
	56	56	54	56	56		
	6회	7회	8회	9회	10회		
	56	56	55	56	57		

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, k = 2)

2) Test Anvil (KAMEKURA)을 이용한 비교시험결과 * 단위 : R

표 준 값	지 시 값					평균값	측정불확도
82	1회	2회	3회	4회	5회	86.2	2.4
	86	86	86	87	86		
	6회	7회	8회	9회	10회		
	86	87	86	86	86		

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, k = 2) 끝.

※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

08. 사전검토보고서
과업수행계획서

서울문산고속도로 시설물 정밀점검 및 하자점검 용역

과 업 수 행 계 획 서

[2022년 하반기 정밀안전점검]

2022. 08

㈜명성엔지니어링

목 차

제1장 과업의 개요 ····· 1

1.1 과 업 명 ····· 1

1.2 배경 및 목적 ····· 1

1.3 과업기간 ····· 1

1.4 과업 대상 시설물 ····· 1

제2장 과업의 범위 ····· 2

2.1 과업의 범위 ····· 2

2.2 과업수행 흐름도 ····· 3

2.3 단계별 과업수행 흐름 ····· 4

제3장 과업수행 일정 및 내용 ····· 6

3.1 예정공정표 ····· 6

3.2 현장조사 실시방안 ····· 7

3.3 현장조사방법 및 예정일정 ····· 8

3.4 현장조사장비 투입 계획(굴절차+통제) ····· 9

3.5 현장조사장비 투입 계획(고소차+통제) ····· 9

3.6 현장조사장비 투입 계획(고소차) ····· 10

제4장 과업수행 세부사항 ····· 12

4.1 계획수립 ····· 12

4.2 현장조사 ····· 12

4.3 시설물 평가 ····· 21

4.4 보수・보강방안 제시 ····· 24

4.5 유지관리 방안 제시 ····· 26

4.6 성과품 작성 ····· 27

제5장 인력 및 장비투입계획 ····· 28

5.1 과업수행 인력 ····· 28

5.2 과업참여자 명단 ····· 29

5.3 장비투입계획 ····· 30

제6장 안전관리 계획 ····· 31

6.1 안전관리 조직구성 ····· 31

6.2 안전관리 운영계획 ····· 31

6.3 교통처리 계획 ····· 34

제7장 사전검토 내용 ····· 42

7.1 과업명 ····· 42

7.2 배경 및 목적 ····· 42

7.3 과업 범위 ····· 42

7.4 사전검토 내용 ····· 42

7.5 결론 ····· 48

제1장 과업의 개요

1.1 과 업 명

• 서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기, 정밀안전점검)용역

1.2 배경 및 목적

본 용역은 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의거 실시하는 안전점검으로써 대상시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견함으로써 신속하고 적절한 하자보수 조치를 취하고 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사·측정·평가하여 향후 시설물의 유지관리 및 정기 · 정밀안전점검·하자보수 등 필요한 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

1.3 과업기간

• 2022년 08월 18일 ~ 2022년 12월 31일

1.4 과업 대상 시설물

• 정밀안전점검 대상 시설물 : 교량, 터널, 절토사면 등 총 62개 시설물

구분	합계	교량		터널		옹벽	사면	비고
		1종	2종	1종	2종			
정밀안전점검	61개	30개	12개	4개	4개	8개	3개	

※세부시설물 리스트 첨부.

제2장 과업의 범위

2.1 과업의 범위

1) 자료수집 및 분석

- 준공도면, 구조계산서, 공사기록, 사용제한사항, 부대시설물, 기타 환경조건 등
- 시공·보수·보강도면, 제작 및 작업도면
- 시설물관리대장
- 보수·보강이력

2) 현장조사 및 시험

- 시설물 외관 상태 조사
- 외관조사망도 작성
- 간단한 비파괴 현장시험, 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험)
- 콘크리트 탄산화 깊이 측정 등
- 필요시 안전성평가 등에 필요한 조사·시험
- ㈜명성엔지니어링 특허를 활용한 점검(균열측정, 손상촬영 등)

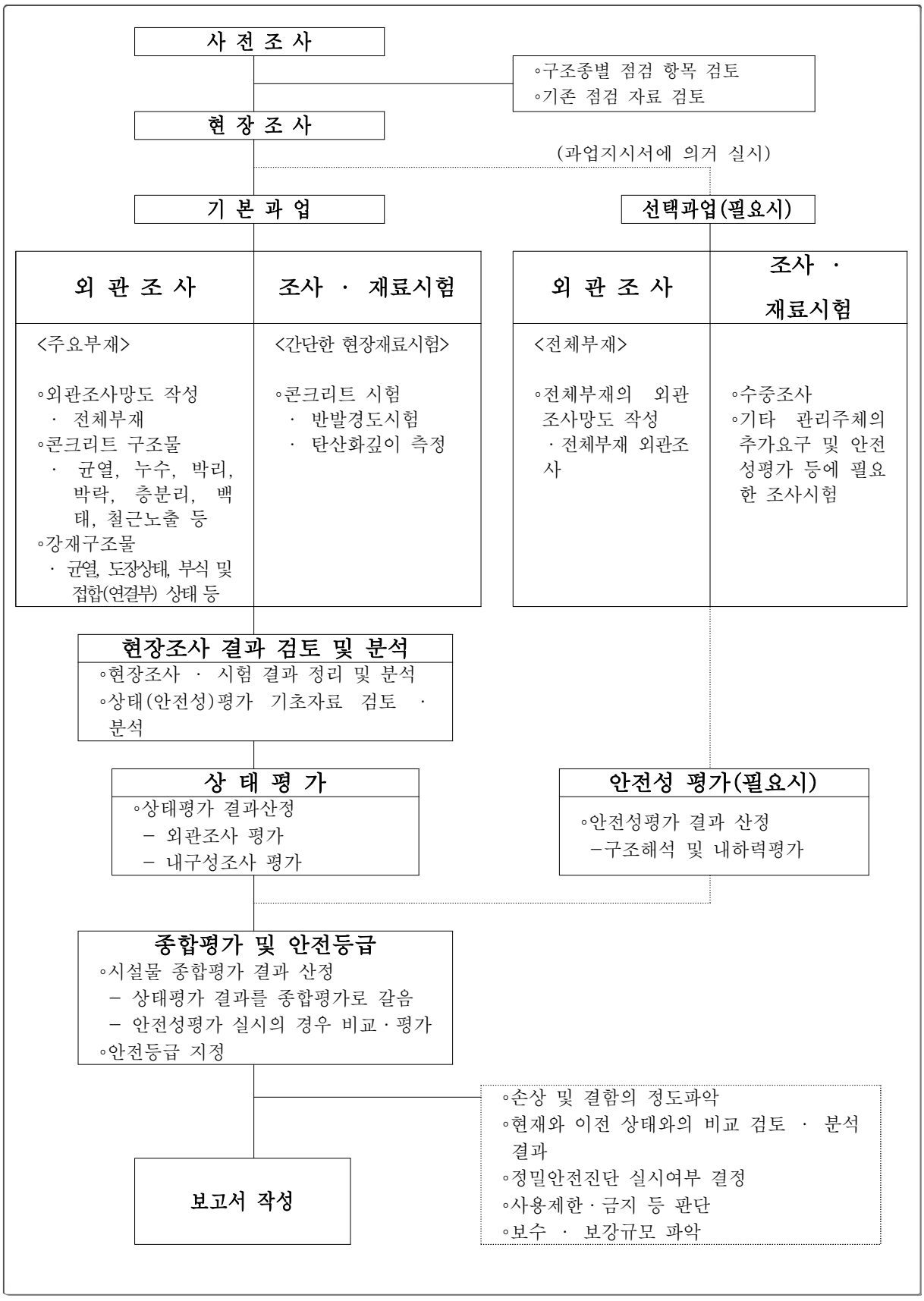
3) 상태평가

- 시설물의 부재별 외관조사 및 결과 분석
- 현장 재료시험 결과 분석
- 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가
- 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임기술자의 소견 (안전등급 지정)

4) 보수·보강 방법

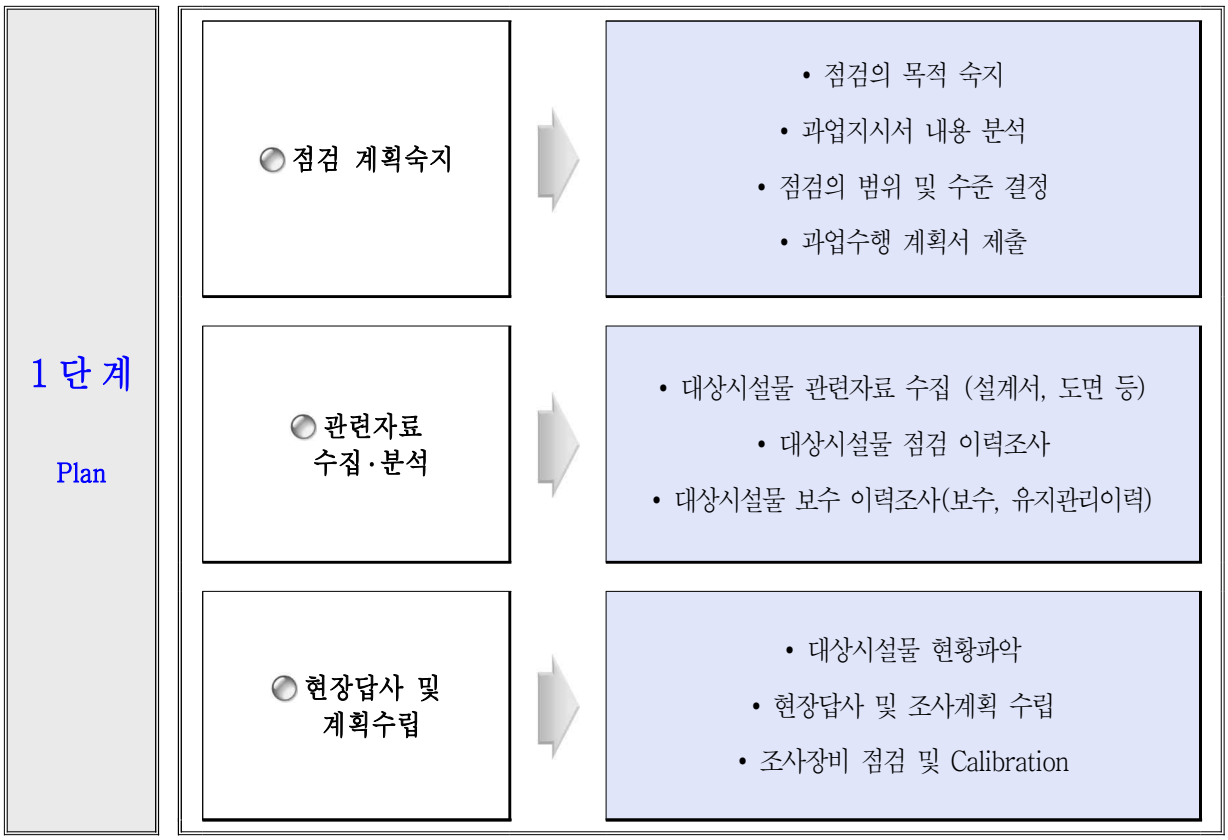
- 보수・보강 방안(공법, 우선순위 및 시기)제시

2.2 과업수행 흐름도

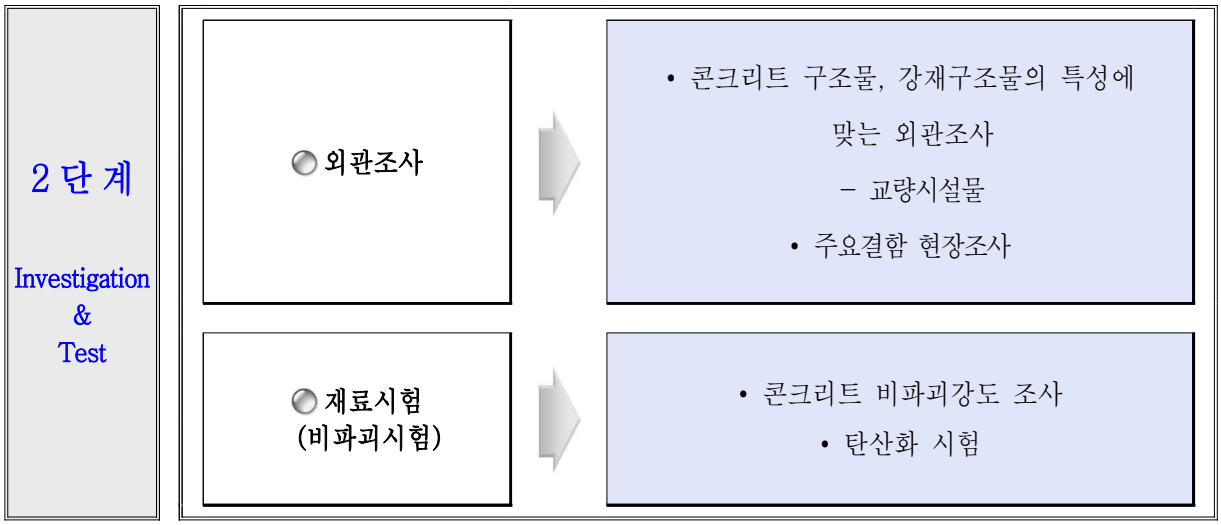

사 전 조 사
◦구조종별 점검 항목 검토
◦기존 점검 자료 검토
현 장 조 사
(과업지시서에 의거 실시)
기 본 과 업
선택과업(필요시)
외 관 조 사
조사 · 재료시험
<주요부재>
◦외관조사망도 작성
· 전체부재
◦콘크리트 구조물
· 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등
◦강재구조물
· 균열, 도장상태, 부식 및 접합(연결부) 상태 등
<간단한 현장재료시험>
◦콘크리트 시험
· 반발경도시험
· 탄산화깊이 측정
외 관 조 사
조사 · 재료시험
<전체부재>
◦전체부재의 외관 조사망도 작성
· 전체부재 외관조사
◦수중조사
◦기타 관리주체의 추가요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사시험
현장조사 결과 검토 및 분석
◦현장조사 · 시험 결과 정리 및 분석
◦상태(안전성)평가 기초자료 검토 · 분석
상 태 평 가
◦상태평가 결과산정
– 외관조사 평가
– 내구성조사 평가
안전성 평가(필요시)
◦안전성평가 결과 산정
–구조해석 및 내하력평가
종합평가 및 안전등급
◦시설물 종합평가 결과 산정
– 상태평가 결과를 종합평가로 갈음
– 안전성평가 실시의 경우 비교 · 평가
◦안전등급 지정
◦손상 및 결함의 정도파악
◦현재와 이전 상태와의 비교 검토 · 분석 결과
◦정밀안전진단 실시여부 결정
◦사용제한 · 금지 등 판단
◦보수 · 보강규모 파악
보고서 작성

2.3 단계별 과업수행 흐름

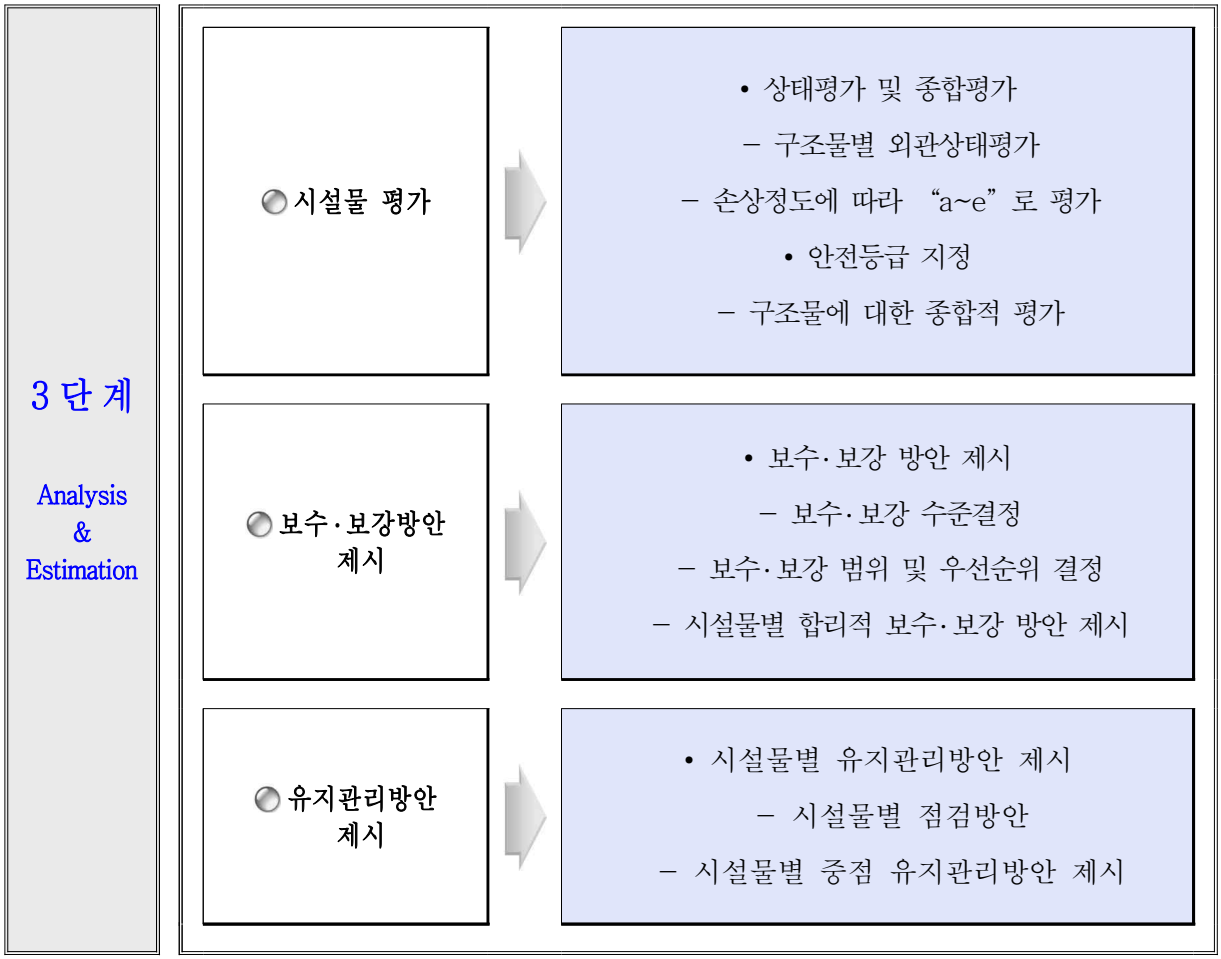
1단계 : 계획 및 착수



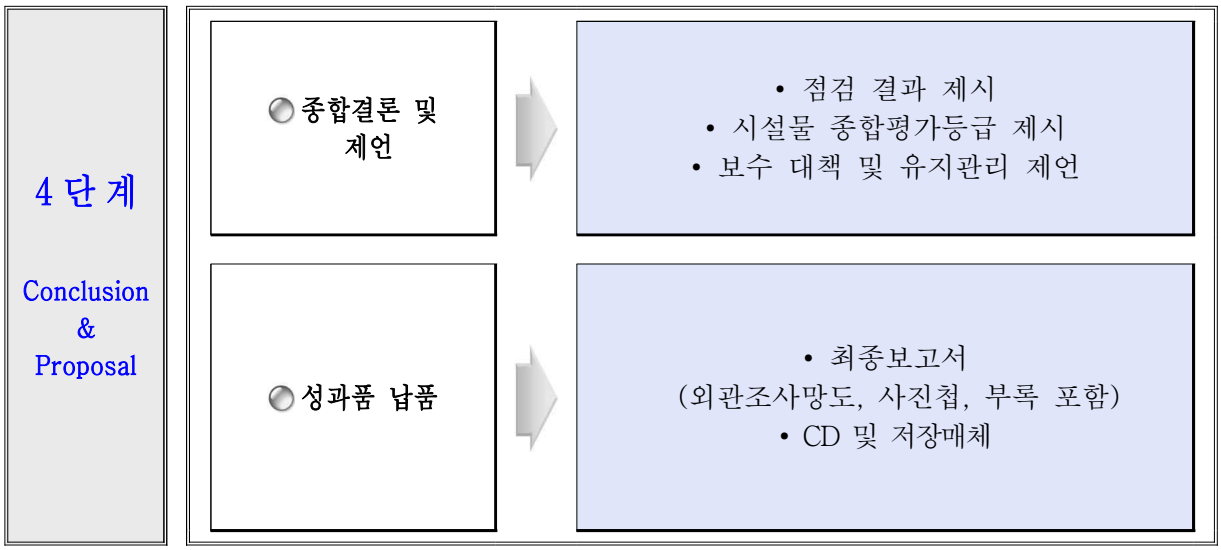
2단계 : 현 장 조 사



3단계 : 현장조사 결과 분석 및 평가



4단계 : 종합결론 및 제언



제3장 과업수행 일정 및 내용

3.1 예정공정표

공 종	2022년 8월 18일 ~ 2022년 12월 31일											비 고
	8월	9월			10월			11월		12월		
	18	10	20	30	10	20	31	15	30	15	31	
1. 자료수집 및 분석 ·관계도서 수집 및 분석 현장답사 및 점검계획 수립												- 8/18 착수
2. 현장조사 및 시험 ·외관조사 ·재료시험 및 측정												-현장조사 및 시험 -구조물별 조사팀 운영 -필요시 추가조사
3. 상태평가 ·상태평가 결과작성												-현장조사와 내업작업 병행 실시
4. 종합평가 및 안전등급 지정 ·종합평가 ·안전등급 지정												
5. 보수보강 및 유지관리 방안 제시 ·보수보강방안 제시 ·유지관리방안 제시												
6. 보고서 작성 ·보고서 작성 ·보고서 수정 및 납품												- 12/31 준공예정
공정율(%) 진행	5	7	10	10	10	10	15	15	5	5	8	
공정율(%) 누계	5	12	22	32	42	52	67	82	87	92	100	

3.2 현장조사 실시 방안

구 분	구조물현황 개소	실시 내용	비 고
공 통	57	• 각 시설물별 점검팀 운용(교량팀, 터널팀, 사면팀 등)으로 조사일정 단축 • 교통통제 필요 구간에 대한 통제계획 수립 및 협의 후 실시 - 통제 전 통제계획서 제출 - 공사신고서 지구대 제출 및 상황실 협의 (7일 전)	
터 널	8	• 통제 후 조사 실시(09월 13일 ~ 10월 22일) • 충분한 조사인력 투입으로 조사 일정 단축	
교 량	37	• 2개팀 이상 동시 실시 • 하부 및 거더내부 등 통제 불필요 부재 우선 조사 실시 • 상부 도보조사(비통제) 시 안전관리 철저 - 후방 신호수 배치 • 인접 터널과 연계하여 차단일정 최소화 (09월 13일 ~ 10월 22일)	
절토사면	3	• 현장조사 시 안전관리 철저(비통제 도보조사) - 신호수 배치	
옹 벽	9	• 현장조사 시 안전관리 철저(비통제 도보조사)	

3.3 현장조사 방법 및 예정일정

부재	조사 방법	조사 항목
교량 상면	· 도보를 통한 육안조사 (안전계획 수립 후 현장조사)	· 포장 및 신축이음장치 파손 등 · 방호벽 및 부대시설 등
교량 하면 및 터널 내부	 [교량 굴절차를 이용한 점검] [고소 점검차를 이용한 점검]	· 슬래브 하면 균열, 백태, 재료분리, 파손, 철근노출 보수부 재손상 등 · PSC 거더 균열, 백태, 재료분리, 파손, 철근노출 박리, 박락, 보수부 재손상 등 · 강재 박스 도장 박리, 볼트 체결 상태, 부식, 용접 상태 및 용접부 균열 등 · 받침 장치 작동 상태, 이동량, 파손, 밀림, 편기 등 · 교대, 교각 균열, 단면손상, 침하, 보수부 재손상 동 · 터널 균열, 누수, 파손 및 손상, 재질열화 배수, 지반상태, 갱문상태, 공동구 등 · 각종 비파괴시험 반발경도, 탄산화

3.4 현장조사 장비 투입 계획(굴절차+통제)

NO	시 설 물 명	구조형식	연장(m)	투입일	비고
1	신공릉천교(서울)	PSC+BH	320.0	1일	
2	신공릉천교(문산)	PSC+BH	326.0		
3	금촌3교	IPC	274.0		
합 계			920	1일	

3.5 현장조사 장비 투입 계획(고소차+통제)

NO	시 설 물 명	구조형식	연장(m)	투입일	비고
1	봉대산터널(서울)	NATM	386.0	1일	
2	봉대산터널(문산)	NATM	376.0		
3	성라산터널(서울)	NATM	240.0		
4	성라산터널(문산)	NATM	257.0		
5	견달산터널(서울)	NATM	303.0	1일	
6	견달산터널(문산)	NATM	308.0		
7	금촌터널(서울)	NATM	354.0		
8	금촌터널(문산)	NATM	364.0		
합 계			2,588	1일	

3.6 현장조사 장비 투입 계획(고소차)

NO	시 설 물 명	구조형식	연장(m)	투입일	비고
1	강매교	STB	290.0	1일	
2	행주산성JCT R-B교	PSC Beam	110.0		
3	서문3교(서울방향)	STB	250.0		
4	서문3교(문산방향)	STB	250.0		
5	서문4교(서울방향)	STB	128.0		
6	서문4교(문산방향)	STB	128.0		
7	서문5교(서울방향)	Bicon	135.0	2일	
8	서문5교(문산방향)	Bicon	135.0		
9	서문9교(서울방향)	STB+IPC	345.0		
10	서문9교(문산방향)	STB+IPC	330.0		
11	서문10교(서울방향)	Spliced	101.0		
12	서문10교(문산방향)	Spliced	101.0		
13	서문11교	STB	70.0		
16	서문13교	Bicon	50.8	3일	
18	서문14교	STB	70.0		
19	남고양IC2교	STB+합성형라멘	499.0		
20	남고양IC1교	STB	120.0	4일	
21	남고양교	STB	370.0		
22	서문15교	Bicon+STB	876.0		
23	원당천(R-A)교 (퇴계원방향 확장부)	STB	200.0	5일	
24	원당천(R-C)교 (부천방향 확장부)	STB	200.0		
25	성사1교 (부천방향 확장부)	STB	120.0		
26	성사1교 (퇴계원방향 확장부)	STB	120.0		

※현장 여건에 따라 조정될 수 있음.

NO	시 설 물 명	구조형식	연장(m)	투입일	비고
27	성사2교(확장부)	STB	110.0	5일	
28	서문22교(서울)	BH+STB	532.0		
29	서문22교(문산)	BH+STB	503.0		
30	서문27교(서울)	Bicon	50.0	6일	
31	서문27교(문산)	Bicon	100.0		
32	장진천2교(서울)	Bicon	180.0		
33	장진천2교(문산)	Bicon	180.0		
34	대원2교	BH	115.0		
35	신월롱교	PSC Box	430.0		
36	덕은교	IPC	50.6	7일	
37	능산4교(서울)	IPC+SEGB	195.0		
38	능산4교(문산)	IPC+SEGB	195.0		
합 계			7,639.4	7일	

※현장 여건에 따라 조정될 수 있음.

제4장 과업수행 세부사항

4.1 계획수립

사전조사는 육안검사와 간단한 계측을 중심으로 실시하며, 사업 책임기술자와 조사요원이 실시한다. 사전조사 결과에 의해서 정밀조사의 범위 및 방법을 결정하고, 진단의 전체적인 상세계획을 수립하며, 정밀조사가 필요하지 않을 경우에는 검사 대상 부위에 대한 확인검사를 거쳐서 상태 및 안전성 평가 그리고 보수·보강의 필요성을 검토, 판단하는 예비 자료로 활용한다. 특히 유지관리이력은 점검 및 진단 이력, 보수 및 보강 이력으로 구분 작성하며, 기 점검내용은 지적된 사항별 조치내용을 상세히 조사한다.

구 분	내 용
건설이력 조사	① 실시설계 보고서 검토 ② 구조계산서 검토 ③ 준공도면 검토 ④ 시공 상세도 및 지반조사 보고서 검토 등 ⑤ 건설지
안전점검 및 보수이력조사	① 안전점검 내역 검토 ② 보수·보강 이력사항 조사 ③ 기 안전점검 편람 ④ 기존 교통량(경찰청 등 유관기관자료 활용) ⑤ 기 점검 및 진단보고서

4.2 현장조사

현장조사는 사전조사의 결과에서 수립된 계획에 따라 체계적이고 정밀하게 실시되는 조사이다. 정밀조사는 정밀외관조사, 구조물에 대한 품질조사 등을 중심으로 이루어지며, 구조물의 외관상태, 안전성 여부, 기능장해 및 성능저하의 원인 규명을 비롯하여 적절한 보수·보강방법의 제시가 충분할 정도의 자료를 획득할 수 있을 정도로 실시한다. 특히 정밀조사는 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2021.12」에 의거 실시하며 부재별 손상에 대한 발생현황 및 원인파악, 기 손상에 대한 조치여부 및 진행성 유무, 각종 지장물이 구조물에 미치는 영향과 유지관리의 지장여부, 기 보수·보강 부위에 대한 정밀조사를 실시하도록 한다.

가. 외관조사

1) 교량

구 분			조사부재	주요 조사내용	비 고
교량	상부구조	아스팔트	• 교면포장	• 균열, 요철, 함몰, 체수	손상별 상태, 규모, 종류, 위치 등을 표기
		콘크리트	•바닥판 •거더(PSCI,PSCB)	• 균열, 누수 및 백태 • 박리, 파손 • 철근노출, 피복두께 등	
		강재	• Steel Box Girder	• 구조별 단면제원 • 균열 및 변형상태 • 볼트이완 및 누락상태 • 표면부식상태 • 이음부 외관상태 • 도장외관상태 • 기타 결함상태	
	하부구조 (콘크리트)		• 교각 • 기초	• 균열, 누수 및 백태 • 단면결손 상태 • 기타 열화상태	손상별 상태, 규모, 종류, 위치 등을 표기
	부대시설		• 방호울타리, 연석	• 균열, 파손, 철근노출	
			• 방음벽	• 파손, 변위, 볼트이완 등	
			• 신축이음부	• 유간 및 부식, 손상상태 • 누수발생 여부 • 후타재 균열, 단차 등	
			• 받침장치	• 작동상태 • 받침콘크리트 상태 • 부식 및 균열, 파손상태 • Anchor Bolt상태	
			• 배수시설	• 배수구 외관상태 • 배수로 체수상태 • 배수 및 누수상태 • 배수파이프 설치상태	

2) 터널

구 분		조 사 부 재	주 요 조 사 내 용	비 고
터널	터널내부	• 본선(라이닝)	• 균열, 누수 및 백태 • 박리, 파손 • 철근노출, 피복두께 등	손상별 상태, 규모, 종류, 위치 등을 표기
		• 타일	• 구조물 상태	
		• 조인트부	• 유간 및 부식, 손상상태 • 누수발생 여부	
	부대시설	• 갱문(갱구부)	• 균열, 누수 및 백태 • 박리, 파손 • 철근노출, 피복두께 등	
		• 배수시설	• 배수시설 외관상태 • 배수시설 체수상태	

3) 절토사면

점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
사면손상상태	<면밀한 육안검사> – 파괴징후 ·인장균열, 이완암괴 규모 ·사면 및 구조물 변형 상태 – 파괴현황 ·파괴유형, 위치, 규모 등	– 카메라 – 필기도구 – 줄자 – 지질용 해머 – 클리노컴파스 – 거리측정기 – GPS(위치측정기) → 도면사용가능 – 슈미트해머 – 토양경도계
사면파괴요인	<면밀한 육안검사> – 지반상태 ·토질 조건 및 토층 심도 ·토질의 연경도 ·절리 경사 및 방향 ·절리간격, 거칠기, 연장 등의 상태 – 사면형상 ·사면 경사 및 집수지형 – 자연적 외부 요인 상태 ·강우 및 지하수 상태(필요할 경우 지진 하중) – 인위적 외부 요인 상태 ·절취 상태, 배수 조건 ·표면 보호 및 보강공 상태 <간단한 측정> – 반발경도법에 의한 강도 조사 (슈미트해머, 토양경도계)	

나. 재료시험

1) 조사범위 및 조사항목

구조물 품질시험은 전체 외관조사 결과를 종합 분석한 후 재료시험 부위를 선정하여 실시한다. 특히 비파괴 조사수량은 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 2021.12」에 의거하여 구조물별로 필요개소를 발주처와 협의하여 결정한다.

시 험 종 류	조 사 항 목	측 정 장 비	대상시설물	비 고
반발경도시험	콘크리트 강도	슈미트 햄머	교량, 터널, 절토사면	
탄산화깊이측정	탄산화진행깊이	CONKIT (페놀프탈레인용액)	교량, 터널	

2) 재료시험 기준수량

(1) 교량

구 분	세부지침 기준		비고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	• 50m 마다	• 연장 50m 마다	기준수량 이상 실시
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내 : 2~3개소[1)] • 5경간 이상 : 3~6개소[2)]		기준수량 이상 실시

1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

(2) 터널

구 분	세부지침 기준	비고
측점분할	•5~20m 간격	책임기술자 조정 가능
반발경도 시험	•총수량 = (총연장 ÷ 300m)개소	기준수량 이상 실시
탄산화 깊이 측정	• 철근콘크리트 구조물 – 1,000m 미만 : 2개소 – 1,000m 이상 : 최소2개소+1,000m당 1개소 추가	기준수량 이상 실시

(3) 절토사면

구 분	세부지침 기준	비고
반발경도 시험	•필요 수량	책임기술자 판단

(4) 옹벽

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

3) 주요 재료시험 실시 개요

(1) 반발경도시험

개 요

■ 콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법임

■ 슈미트해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 적용함

시험 방법

■ 반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 종·횡 간격을 30mm기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 ±20%범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정

■ 측정점간의 최소간격은 보, 기둥 등 모서리로부터 30~60mm 이상 떨어진 장소에서 측정 하고, 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100mm이상을 원칙으로 함

■ 측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면 건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건습에 따른 보정, 압축응력에 따른 반발도의 보정과 타격 방향에 대한 보정 및 재령에 따른 보정을 적용함

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

<반발경도법에 의한 강도추정 흐름도>

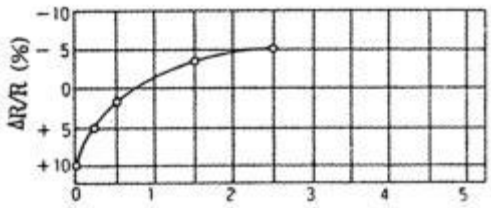
보정 방법

■ 타격방향에 따른 보정(⊿R1)

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

■ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정(⊿R3)
기건상태:⊿R3 = 0, 습윤상태:⊿R3 = +5

■ 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정(⊿R2) 압축응력 1.0kgf/㎠ 인 경우 ⊿R2 = −0.015R, 2.5kgf/㎠ 인 경우 ⊿R2 = −0.05R 정도임



〈압축응력에 따른 반발경도 보정곡선〉

■ 콘크리트 재령에 따른 보정(α)

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

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

압축 강도 추정식

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

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※콘크리트 내구성 평가절차 수립(건설교통부, 시설안전기술공단, 1999.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설안전공단, 2021.12) 참조

슈미트 해머 검교정 성적서

시 험 성 적 서
(TEST REPORT)

ktl 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 21-056564-01-1
Report No.
페이지 (1)/(총 2)
Page of Pages

1. 의 뢰 자 (Client)

기 관 명 (Name) : (주)명성엔지니어링
주 소 (Address) : 경기도 성남시 분당구 야탑로69번길 18, 3층 301호(야탑동, 동아제인)
의뢰일자 (Date of Receipt) : 2021. 08. 24.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : Q.C

3. 시험대상품목/품질/시료명 (Test Sample)

제 품 명 (Description) : 테스트 햄머
제작회사 (Manufacturer) : PROCEQ
모 델 명 (Model Name) : NR-10
제조번호 (Serial Number) : 28191
기 타 (Remark) :

4. 시험기간 (Date of Test) : 2021년 08월 27일 - 2021년 08월 27일

5. 시험장소 (Location of Test) :

■ KTL 교정시험실 (주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)
□ 현장시험

6. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 시험결과 참조

7. 시험결과 (Test Results) : 시험결과 참조

비고(Note) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재 기공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
('원본'이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 지칭합니다.)
3. 아래의 2D바코드를 스캔하여 성적서의 원본내용 확인이 가능하며, KTL 보관 원본과의 동일성은 고객전용홈페이지(customer.ktl.re.kr)의 "성적서 원본확인"항에서 확인가능 합니다.
4. 본 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 표준 및 KOLAS 인정과 관련이 없습니다.

확 인 Affirmation	작성자(Tested by)	기술책임자(Technical Manager)
	성 명(Name): 김태영 (Signature)	성 명(Name): 문재덕 (Signature)

2021. 08. 27.

한국산업기술시험원장

경기도 안산시 상록구 해안로 723(723, Haean-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, KOREA) Tel.031-500-0217 Fax. 031-500-0389

FP104-05-00

※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

ktl

ktl 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 21-056564-01-1
Report No.
페이지 (2)/(총 2)
Page of Pages

ktl

시 험 결 과 (Test Results)

1. 일반사항

◇ 제품명 : 테스트 햄머
◇ 제작회사 : PROCEQ
◇ 모델명 : NR-10
◇ 제조번호 : 28191

2. 사용된 표준장비 명세

사용장비명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number
Test Anvil	PROCEQ / 41	SA01-000-0059
Test Anvil	PROCEQ / 81	E09089

3. 시험방법

- 기준 Test Anvil 값과 비교 시험한다.

4. 시험결과

1) Test Anvil (PROCEQ)을 이용한 비교시험결과 * 단위 : R

표 준 값	지 시 값					평균값	측정불확도
41	1회	2회	3회	4회	5회	43.6	3.7
	44	45	46	46	43		
	6회	7회	8회	9회	10회		
	44	40	45	42	41		

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, k = 2)

2) Test Anvil (PROCEQ)을 이용한 비교시험결과 * 단위 : R

표 준 값	지 시 값					평균값	측정불확도
81	1회	2회	3회	4회	5회	82.0	2.4
	82	83	82	82	83		
	6회	7회	8회	9회	10회		
	82	82	82	81	81		

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, k = 2) 끝.

FP104-06-00

※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

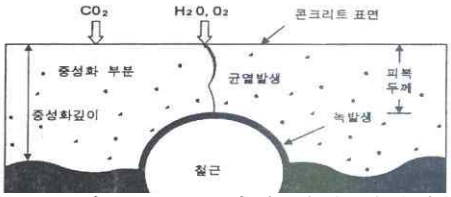
(2) 탄산화깊이측정

개 요

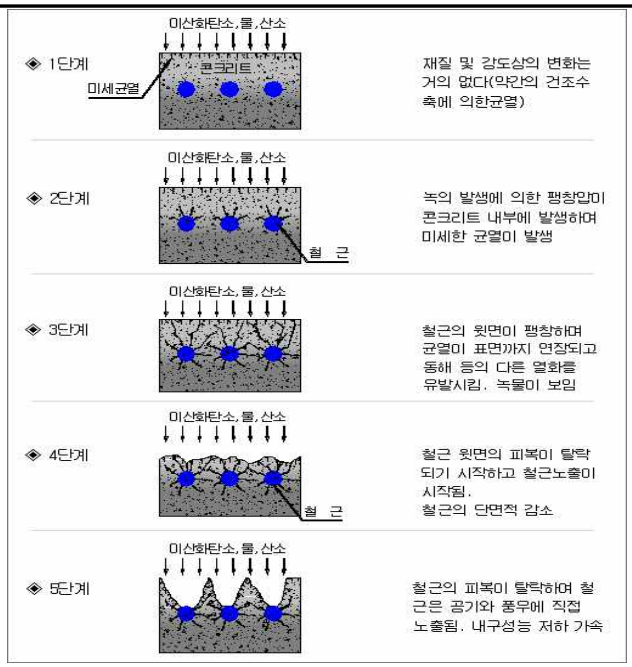
■ 경화콘크리트는 표면에서 서서히 탄산화 하여 pH값은 12~13에서 8~10이하로 감소한다. 이 과정을 콘크리트의 탄산화라고 한다.

$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)^2$

$Ca(OH)^2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$



■ 콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다.



<탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 과정>

위치 및 방법

① 코어 공시체 표면 또는 햄머드릴을 이용하여 직경 1~2 cm정도의 구멍을 뚫고 청소 후에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 탄산화 깊이를 측정 또는 채취된 코어에 시험

② 페놀프탈레인 1% 용액 : 페놀프탈레인 1g + 에탄올 90cc(순도 95%) + 증류수 = 100㎖로 제조

시험 순서

① 햄머드릴을 이용 콘크리트 구조체의 철근의 위치까지 콘크리트를 긁어냄
② 콘크리트를 긁어낸 면을 붓, 솔 등으로 깨끗이 청소
③ 페놀프탈레인 1% 용액을 콘크리트를 벗겨낸 면에 분무기로 분무
④ 탄산화되지 않은 부분은 자주색으로 변하며, 탄산화된 부분은 착색되지 않음
⑤ 콘크리트 표면으로부터 색이 변화되지 않은 깊이(mm)를 측정, 평균값 산정

평가 기준

<탄산화 상태평가 기준>

구분 \ 등급	a	b	c	d	e
탄산화 잔여 깊이	30mm 이상	10 mm 이상 ~ 30mm 미만	0 mm 이상 ~ 10mm 미만	0mm 미만	-
철근부식의 가능성	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음	철근부식 발생	-

내구 수명 평가

■ t1 : 탄산화가 철근표면에 도달하는 시점
t2 : 철근 부식, 콘크리트 균열 발생 시점
t3 : 부재내력이 한계에 달하는 시점

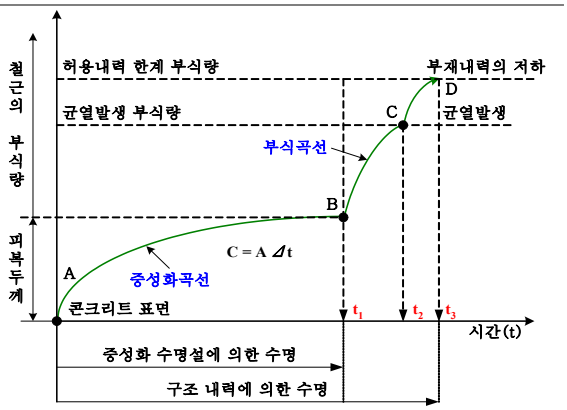
■ 탄산화속도 식 : $C = A\sqrt{t}$

여기서, C : 탄산화깊이(mm)
t : 경과년수(년)
A : 탄산화 속도계수(mm/$\sqrt{년}$)

■ 탄산화가 철근에 도달하는 시간(t_d) :

$$t_d = \frac{D_c^2}{A^2} - t_0$$

여기서, D_c : 철근까지의 피복두께(mm)
t_0 : 현재의 구조물 경과시간(년)



<콘크리트 내부에서 철근부식의 개념>

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설안전공단, 2021.12) 참조

4.3 시설물 평가

가. 개 요

(1) 외관조사, 재료시험 등에 따라 종합분석

(2) 부재별, 구조별 등 전반적인 상태평가

(3) 구조물의 모든 결함 사항에 대해 도식화(외관조사망도 등)

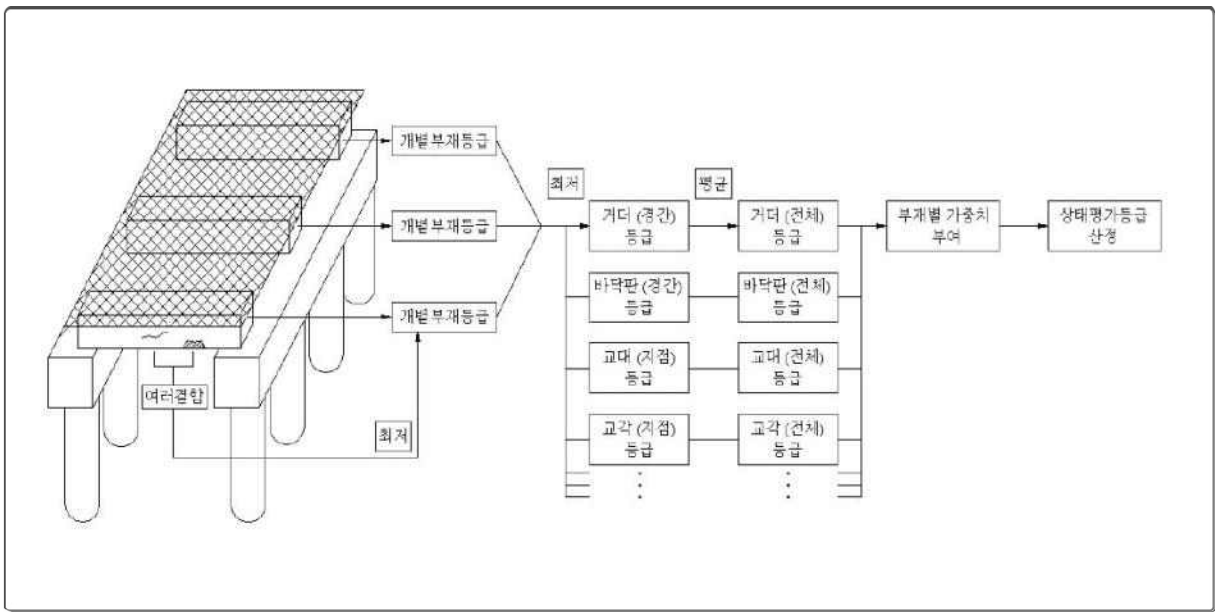
(4) 위치, 방향, 종류, 손상규모, 발생원인 등 진행성 여부에 따라 등급기준설정, 분류하여 List 작성

(5) 『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 세부지침, 2021.12』에 의거하여 실시

나. 상태평가

1) 교 량

(1) 상태평가결과 산정과정

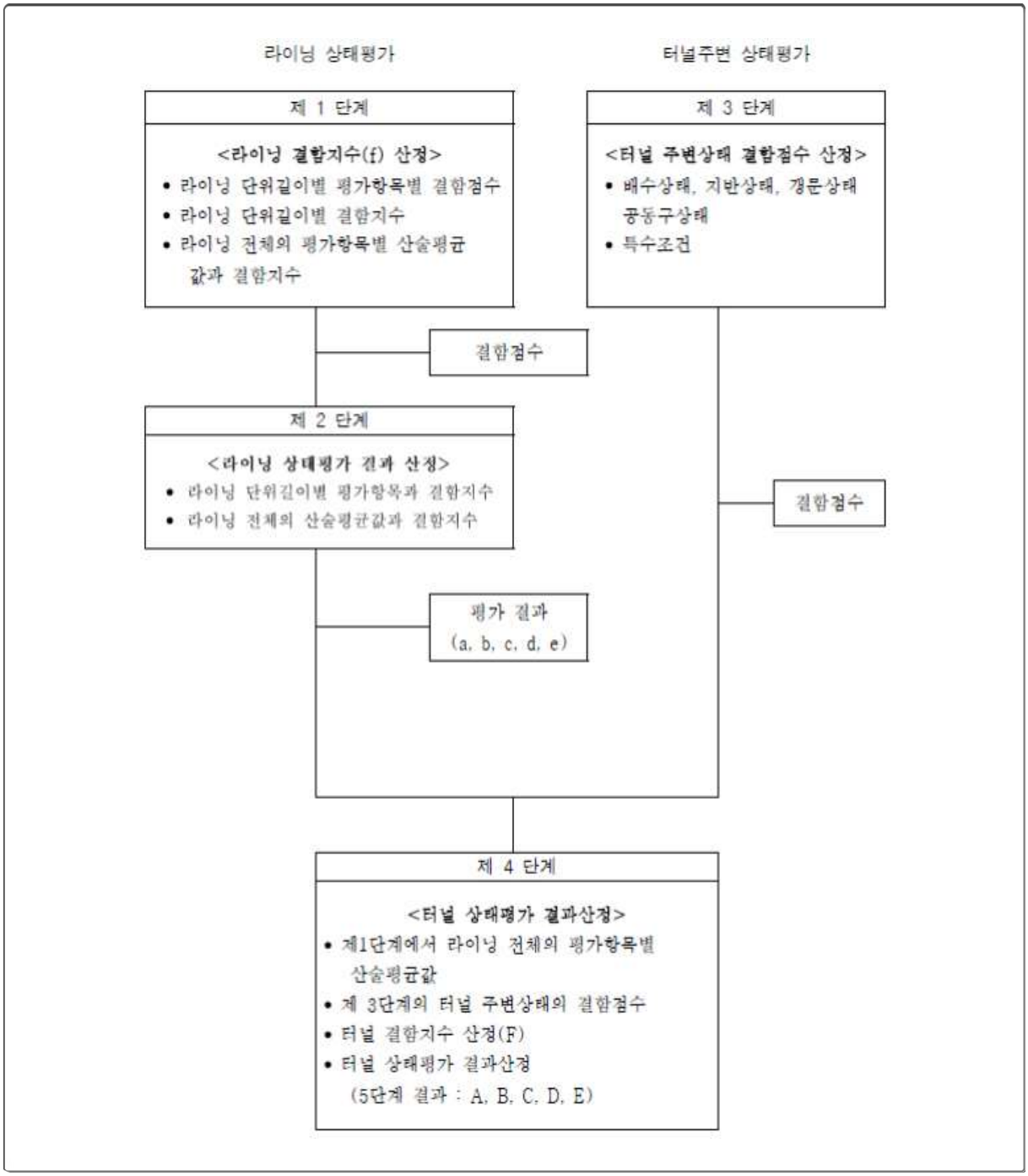


(2) 결함도 점수 범위에 따른 결과

상태평가결과	A	B	C	D	E
결함도범위	0 ≤ x < 0.13	0.13 ≤ x < 0.26	0.26 ≤ x < 0.49	0.49 ≤ x < 0.79	0.79 ≤ x

2) 터 널

(1) 상태평가결과 산정과정

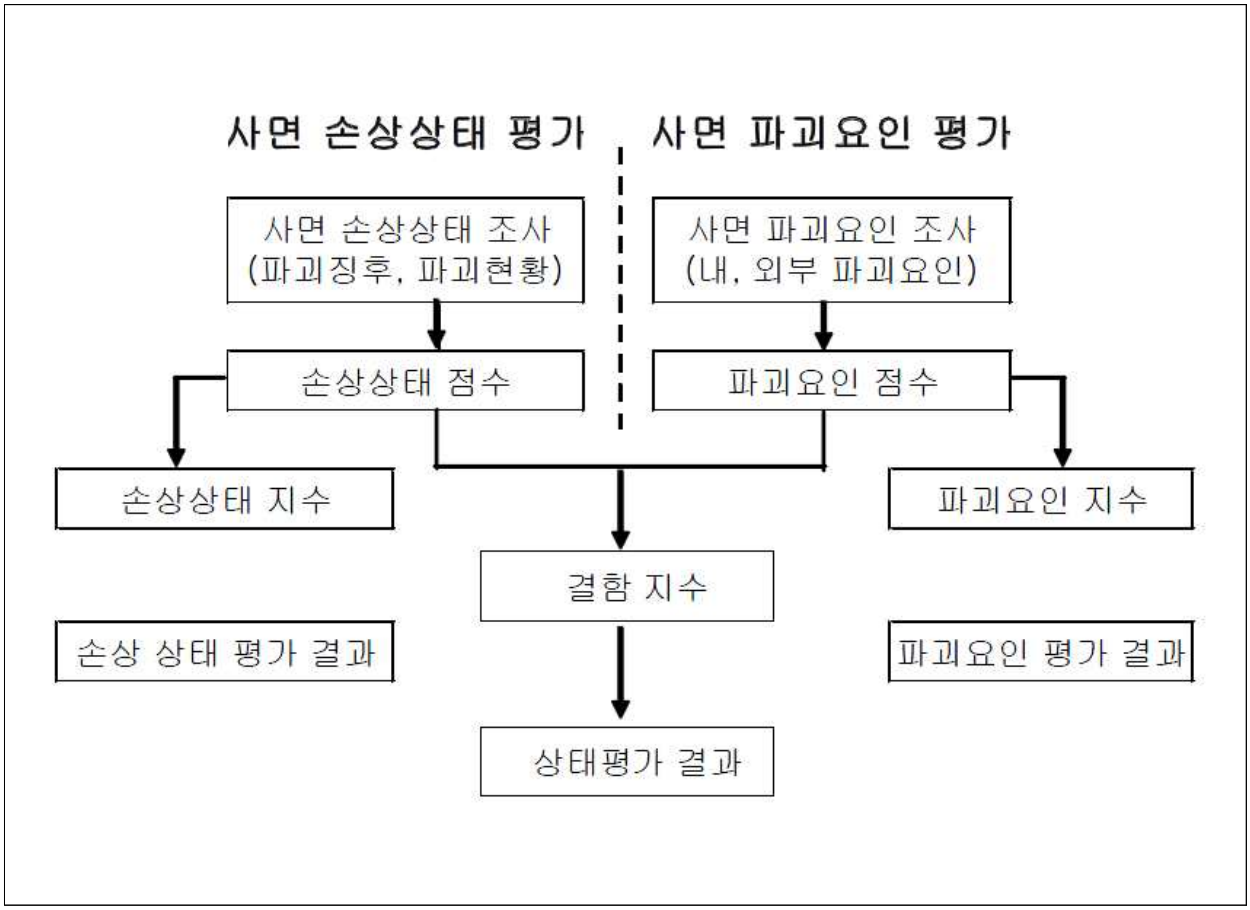


(2) 결함도 점수 범위에 따른 결과

상태평가결과	A	B	C	D	E
결함도범위	0.00 ≤ F 〈 0.15	0.15 ≤ F 〈 0.30	0.30≤ F 〈 0.55	0.55 ≤ F 〈 0.75	0.75 ≤ F

3) 절토사면

(1) 상태평가결과 산정과정



(2) 결함도 점수 범위에 따른 결과

상태평가결과	A	B	C	D	E
결함도범위	0.00 ≤ F 〈 0.15	0.15 ≤ F 〈 0.30	0.30≤ F 〈 0.55	0.55 ≤ F 〈 0.75	0.75 ≤ F

다. 종합평가

정밀안전점검 시 안전성평가를 수행하지 않고 상태평가 만을 수행한 경우는 상태평가 결과를 해당시설물의 종합평가 결과로 하며, 안전성평가까지 모두 수행한 경우 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

라. 안전등급 지정

외관조사 및 시험결과, 시설물평가 결과 등을 종합적으로 평가하여 책임기술자 판단에 따라 대상 시설물의 안전등급을 지정하며, 각 등급 별 시설물의 일반적인 상태는 다음과 같다.

안전등급	구조물의 상태
A	문제점이 없는 최상의 상태
B	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 구조물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 구조물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

4.4 보수 · 보강방안 제시

가. 보수 · 보강 개요

- 노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강공법 및 보수·보강의 수준을 정한다.
- 보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생된 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보강이란 설계하중이상의 하중 등 위해요인에 구조물이 안전하도록 하기 위해서 구조물의 내하력을 확보하는 것을 말한다. 따라서 보수·보강을 위해서는 상태평가 결과와 안전성 평가결과 등을 정밀검토한 후에 보수 · 보강의 필요성, 공법 및 그 수준을 정한다.
- 보수 · 보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 다음의 경우 중에서 선택한다.
  - 현상 유지(진행억제)
  - 실용상 지장이 없는 성능 까지 회복
  - 초기 수준이상으로 개선
  - 개　축

나. 우선순위 결정

- 각 구조물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 구조물에서 발생된 각종 결함에 대하여, 보강을 보수보다, 주요부재를 보조부재보다 우선하여 보수·보강

우선순위 결정

- 단계별 평가에서 구조물에 대한 종합평가는 부재 및 구조물에 발생한 결함 및 손상의 심각성과 부재 및 구조물의 중요도가 반영되어 있으므로 보수·보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가등급이 낮고, 중요도가 큰 부재 및 구조물 순서로 우선순위를 결정

다. 보수 · 보강방안 선정 시 고려사항

보수·보강 공법	내 용
필 요 성	외관 손상상태를 허용정도 및 각종 기준을 참조하여 보수 필요 여부 결정
우선순위 결정	손상정도 및 구조적 안전성 검토 결과에 의거 장·단기대책 수립
공 법	국내외 최신 기술과 시공실적을 고려하여 각 손상별로 2-3가지 공법 검토
안 전 성	보수, 보강실시 후 공용하중에 대한 안전성을 확보할 수 있는 지를 검토
시 공 성	현장작업 여건과 교통불편을 최소화할 수 있는 공법 검토
경 제 성	시공 가능한 공법 중 내구성·안전성을 고려하여 가장 경제적인 공법 선정
유지관리 차원	공학적인 측면에서 보수·보강공법을 검토하고 구조물의 효율적인 유지관리에 문제가 없는 공법 선정

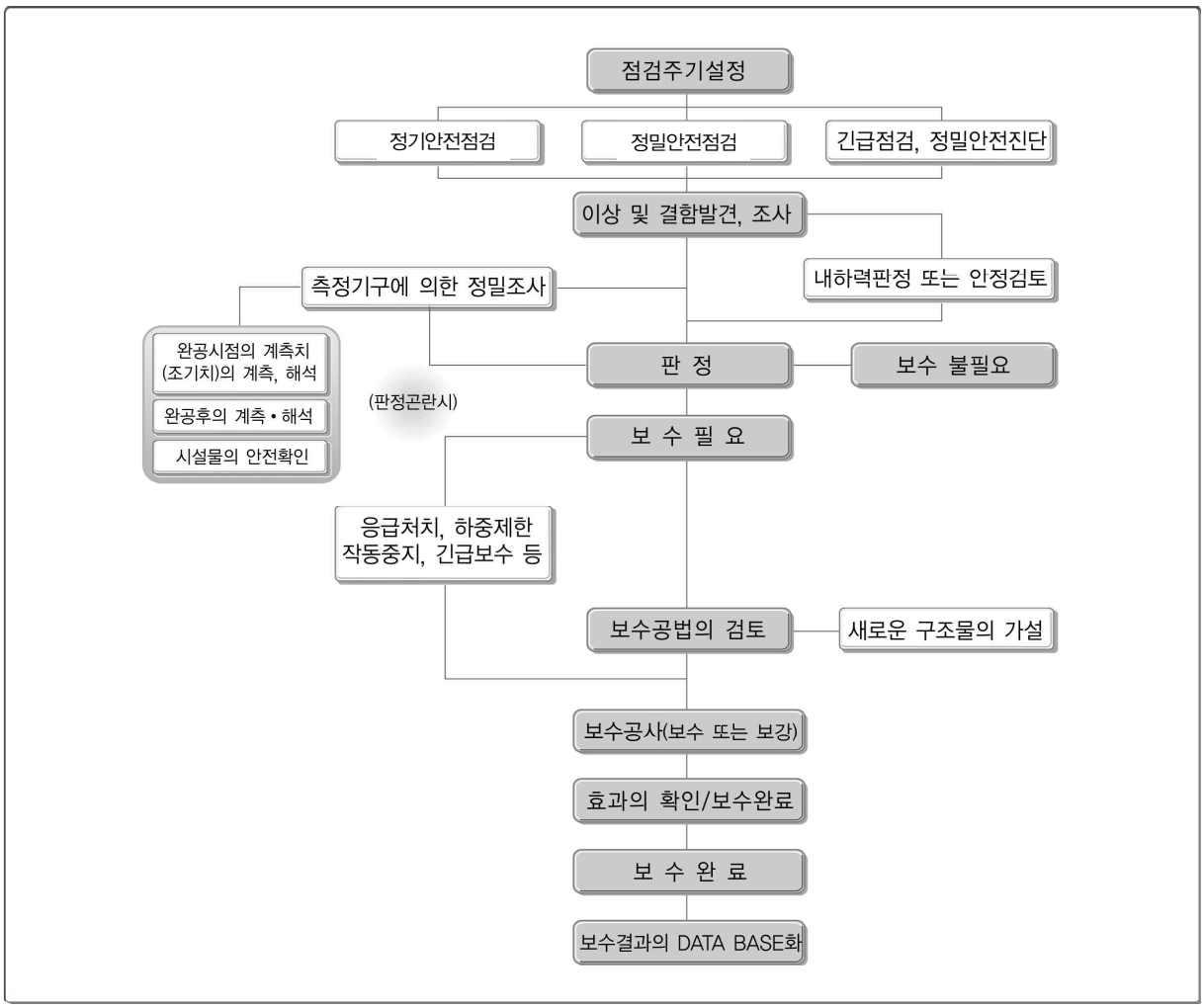
4.5 유지관리 방안 제시

가. 유지관리 기본개념

• 현장 정밀조사를 토대로 주요 손상부재 및 손상원인을 분석하여 유지관리를 효율적으로 실시할 수 있는 방안을 제시한다.

구 분	관 련 내 용
기 본 방 향	현장 정밀조사 결과를 근거로 공용기간 중 대상구조물에서 발생하거나 발생가능한 손상 및 결함을 조기에 유출하여 검토함으로써 사용성, 안전성 및 내구성이 확보될 수 있도록 유지관리방안 검토
제시내용 결정	대상구조물 특성에 맞는 효율적인 유지관리방안 검토
	구조물 관리대장 및 정기점검표 작성
제시방법	구조물 특성에 맞는 정밀점검 요령

나. 구조물 유지관리 업무의 수행절차



4.6 성과품 작성

가. 보고서 작성

서 두	과업의 개요	자료수집 및 분석	외관조사 및 분석
• 제출문, 정밀점검 결과표(안전등급) • 시설물 현황표 • 참여기술진 명단 • 시설물의 위치도 • 시설물의 전경사진 • 정밀점검 실시결과 요약문	• 과업의 목적 • 시설물의 개요 및 이력사항 • 과업의 범위 및 과업내용 • 사용장비 및 기기현황 • 과업수행일정	• 설계도면 및 구조계산서 • 기존 정기점검실시 결과 • 보수 · 보강이력 • 시설물의 내진설계 여부확인	• 기본시설물 또는 주요부재별 외관조사 결과분석 • 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석 • 주요부재(외부강선 등) 외관조사 및 결과분석 • 재료시험 및 측정결과 분석

시설물의 상태평가	안전성평가	종합평가 · 안전등급 지정	종합결론 및 건의
• 대상 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과 산정 • 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가	• 구조물에 대한 안전성평(필요시)	• 시설물에 대한 종합적인 결과 • 책임기술자 소견	• 정밀점검 결과 • 기타 필요한 사항

나. 성과품 목록

성 과 품 목 록	납 품 부 수	비 고
1. 보고서	각3부	감독원 협의에 따라 조정 가능
2. 외관조사망도(CAD도면작성)	각3부	
3. 외관조사 사진첩	각3부	
4. 보고서 CD	각3매	
5. 외장하드(전체 수록)	1개	

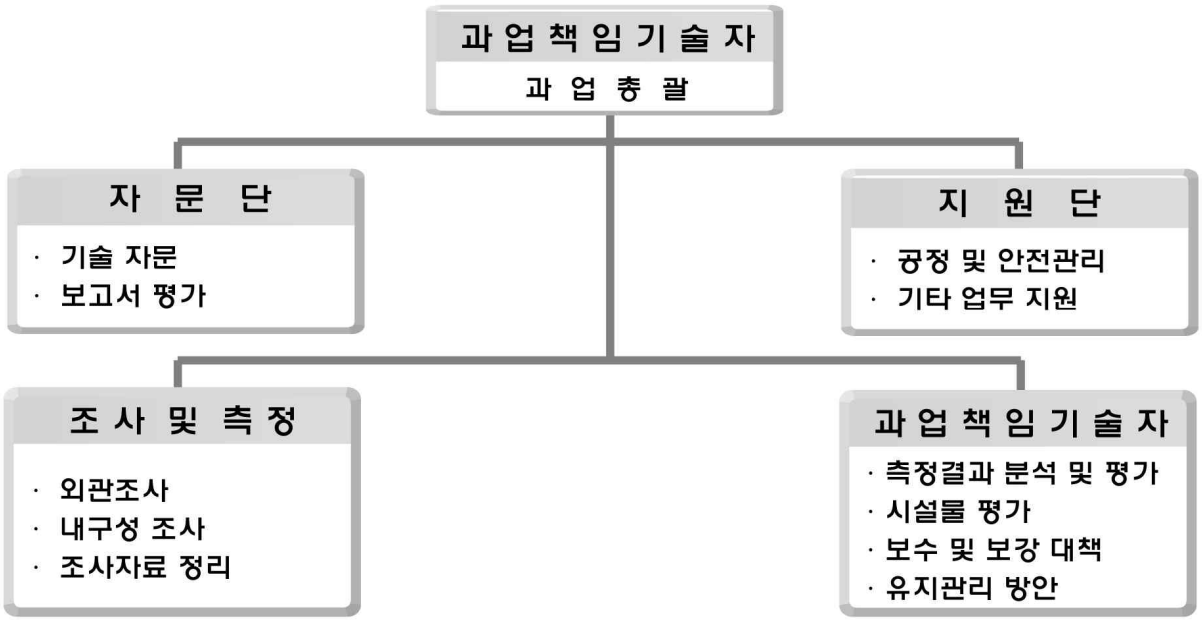
다. 관련지침 및 제기준

- “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” 및 동법 시행령·규칙
- 시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침(2021.12) : 국토교통부
- 시설물의 안전 및 유지관리 세부지침(2021.12) : 국토교통부, 한국시설안전공단
- 한국도로공사 고속도로 공사장 교통관리 기준

제5장 인력 및 장비투입계획

5.1 과업수행 인력

가. 과업수행 조직표



나. 인원구성 기준

- 구조물의 정밀점검 업무가 원활하고 정밀하게 수행될 수 있도록 적정자격을 갖춘 인원을 전담 배치하고, 과업수행에 차질이 없도록 지원팀을 구성
- 특히, 상세 조사 및 분석활동을 철저히 수행할 수 있도록 중점적인 인원투입 및 관리

다. 수행인원의 자격 및 참여내용

구 분	과업수행인원 자격 및 참여내용
사업책임기술자	해당분야의 오랜 기술경험이 있는 기술사 및 기술자로 구성
분야별책임기술자	해당분야의 오랜 기술경험이 있는 기술사 및 특급기술자로 구성
분야별 기술자	특급, 고급, 중급, 초급 기술자로 편성
지 원 단	과업시작부터 완료까지의 전과정에 걸쳐 발주처와의 원활한 업무협조, 업무 보고 및 관련사항에 대한 지원을 실시

5.2 과업참여자 명단

구 분	성 명	직 위	주민등록번호	등 급	비 고
사 업 책임기술자	이 상 훈	부 장	850424-1******	토목특급기술자	
참 여 기 술 자	손 기 영	과 장	920801-1******	토목초급기술자	
	양 주 윤	과 장	831011-2******	토목초급기술자	
	전 희 균	주 임	940107-1******	안전관리초급기술자	
	박 성 언	사 원	950703-1******	토목초급기술자	

5.3 장비투입 계획

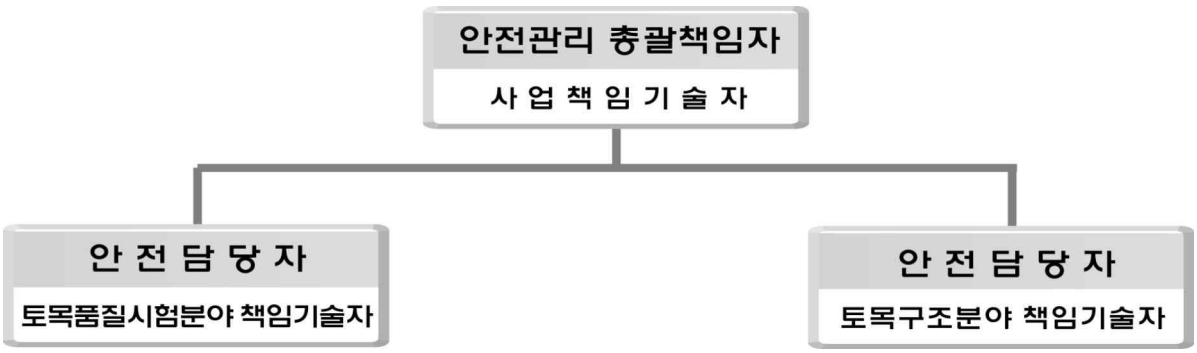
구 분	장 비 명	Model명, 규격	용 도
외 관 조 사	망 원 경	SONY DBV-50V	원거리 관찰
	줄 자	-	제원조사, 손상범위 조사
	디지탈카메라	-	손상 및 전경 촬영
	균 열 경	CRACK SCALE	균열폭 측정
	점 검 차	10Ton	교량 상부구조 근접조사
	드 론	-	점검차 접근불가 구간-(필요시)
내구성 조사	Test Hammer	소형 망치	층상분리, 공동 유무 확인
	슈 미 트 햄 머	NR Type	콘크리트 압축강도 측정
	탄 산 화 측 정 기	CONKIT	콘크리트 탄산화깊이 측정
보 조 장 비	전기디스크그라인더	-	시험 대상부 표면처리
	전 기 드 릴	-	탄산화 진행깊이 측정 및 염화물 시료 채취
	무 전 기	-	교 신 용
	안 전 경 광 봉	-	시설물 점검 및 진단 시 차량통제
	안 전 모	-	안전점검시 낙하, 비례, 추락용
	도 로 안 전 장 비	싸인보드카 등 일체	고속도로 차량 안전 통제

제6장 안전관리 계획

6.1 안전관리 조직구성

• 본 과업을 수행함에 있어 진단참여자를 중심으로 안전관리조직을 구성하고 안전관리자를 선임함으로써 용역수행 중의 안전사고를 미연에 방지할 수 있도록 조치한다.

안전관리 조직표



6.2 안전관리 운영계획

가. 안전교육

• 대상구조물의 특성과 현장조사의 난이도와 위험도를 고려하여 안전수칙 등을 제정하고 이에 따라 안전교육을 실시하도록 하며 안전교육일지를 작성토록 한다.

나. 보호구

• 점검 및 진단참여자 모두는 노동부장관 검정합격품으로써 적정한 보호구를 착용하고 적합한 안전시설을 설치 사용한다.

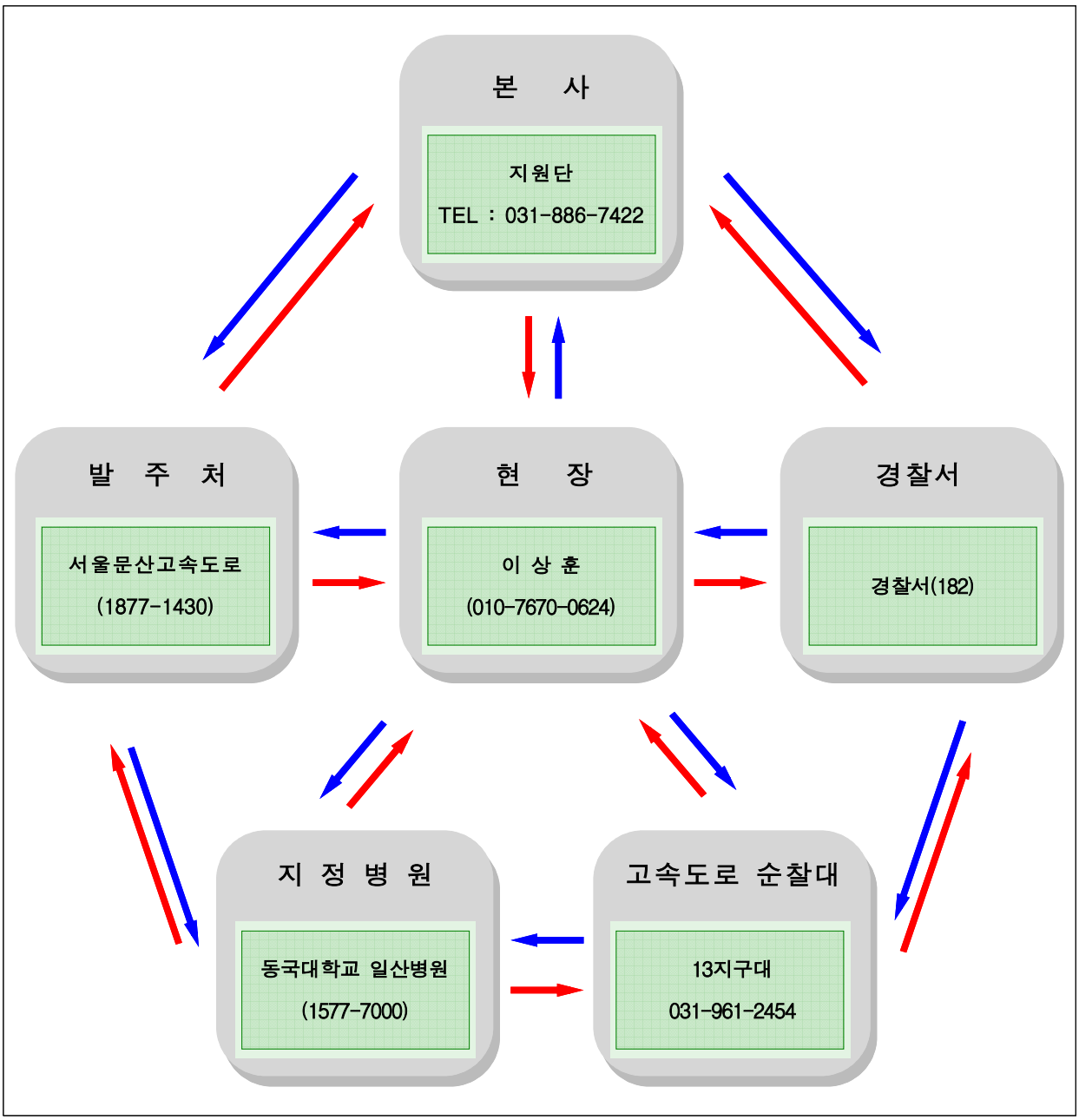
다. 안전사고의 처리

• 안전관리자는 안전사고 발생시 응급조치를 취할 수 있도록 하고 신속하게 인근 병원으로 후송하며 관리법에서 규정한 중대한 사고인 경우에는 규정된 시간내에 산업재해 조사표에 의하여 보고한다. 또한 비상연락망을 구성하여 발주처와 연계하여 안전사고 발생시 신속하게 대처한다.

라. 비상 연락망

- (주)명성엔지니어링 : 경기도 성남시 분당구 야탑로 69번길 18
  (야탑동, 동아프라자 301호)
- 전화 : 031-886-7422 FAX : 031-707-7473
  - 계약업무 담당자 : 양주윤 과장
  - 사무실 / 휴대폰 010-9135-3295

마. 현장 비상연락망



마. 안전수칙

(1) 작업 전 항시 안전교육을 실시 후 작업을 실시하며, 일기조건으로 작업수행이 곤란한 경우에는 작업을 하지 않는다.

(2) 위험한 작업 시에는 안전 관리자가 입회하도록 하며, 특별교육을 실시한다.

(3) 작업 실시 전에 지장물(자동차 등)을 파악하여 관리주체의 협조를 얻어 안전조치를 취한 후 작업을 실시한다.

(4) 공공의 안전과 관계가 있는 경우에는 적절한 조치(출입금지, 접근금지 등의 표지판 설치, 감시인 배치 등)를 한다.

(5) 안전 관리자는 위험물 저장소, 통제구역 등의 출입에 대하여는 관리주체와 사전 협의를 하며, 관리주체가 위 장소의 사용자에게 작업사실을 공지할 수 있도록 사전 협조를 한다.

(6) 다음의 각 사항의 작업 시에는 반드시 보호구를 착용한다.
- 높이 2m 이상의 고소작업으로 추락위험이 있는 장소에서는 안전벨트를 착용한다.
- 낙하물에 의한 위험이 있는 장소에서는 안전모 및 안전화를 착용한다.
- 분진 등이 현저하게 발생되는 장소에서는 분진 방지 마스크를 착용한다.
- 유해가스 등에 의한 질식 등의 위험이 있는 장소에서는 방독 마스크 또는 방독면을 착용한다.
- 산소 결핍 등의 위험이 있는 장소에서는 산소마스크를 착용한다.
- 차도에서의 작업 시에는 형광 표시 의류, 반 벨트, 신호수 옷 등을 착용한다.
- 현저한 소음이 발생되는 작업 장소에서는 귀마개를 착용한다.
- 그라인더 작업 등 비산물에 의한 위험이 있는 작업 시에는 보안경 또는 보안면을 착용한다.

(7) 야간 또는 어두운 곳에서의 작업 시에는 충분한 밝기의 조명시설을 갖추고 식별이 용이하도록 조치를 하며 수시로 작업자 상호간에 연락을 취한다.

(8) 유해가스 발생 및 잔류가 예상되는 장소는 반드시 사전에 정밀 측정기에 의한 측정 및 확인, 안전조치를 한 후에 작업한다.

(9) 전기를 사용할 경우에는 감전사고 예방 조치를 취한다.

(10) 각종 측정 장비를 사용할 때 주의사항을 숙지하여야 하며 무리한 사용과 조작을 하지 않는다.

(11) 장비 사용에 있어 취급자격이 요구되는 장비는 유자격자 이외에는 사용할 수 없도록 한다.

(12) 하부구조진단시 안전사고 방지를 위하여 안전간판, 경광등 및 관련 안전조치 구조물의 설치와 안전요원을 위험이 예상되는 구간에 배치한다.

6.3 교통처리 계획

가. 점검 중 교통처리 안전계획

1) 목 적

외관조사 및 비파괴시험 등 교량점검차 및 고소작업차(터널) 사용 시

2) 세부계획

노선명	공사구간	제한(작업)기간	공사내용	차단방법	비고
서울문산 고속도로	전구간	2022. 08. 22~ 2022. 10. 21	정밀안전점검	2차로 및 갓길차단	

3) 교통통제

차량통제 2주 전에 관할경찰서 및 발주부서에 공문 요청을 시행하여 교통통제 계획을 사전에 통보한다.

4) 통제방법

교량점검차 사용에 의한 교통통제 필요시 도로공사장 교통관련 규정에 적합한 안내간판 및 교통 유도시설 등을 설치하고, 교통정리원을 배치시켜야 한다.

5) 기 타

기타 교량점검차 사용에 필요한 세부사항은 장비사용 일정이 확정되면 담당감독관과 협의하여 장비사용에 따른 제안사항을 협의한다.

나. 안전관리 장비 및 사용계획

1) 안전시설물 설치 : 교통관리예시도 참조

2) 안전시설물 보유량 확보 계획(1개소 차단시)

품 명			단 위	수 량	비 고
교 통 콘			EA	50(△)	고속도로용, 높이75cm
안 내 입간판	공 사 안 내	2,000m 공사중	EA		
		1,500m 공사중	EA	1	
		1,000m 공사중	EA	1	
		500m 공사중	EA	1	
	교 통 안 내	차로규제 입간판	EA	3	
		속도규제 입간판	EA	2	60km 용
		공사해제 입간판	EA	2	110/50
싸 인 카			대	3	갓길 : 2대
로봇신호수			대	1	1,2차로 : 3명 갓길 : 2명
신 호 수			명	2	

※ 작업차 및 싸인카 : 트럭 장착 완충시설(TMA) 장착 및 깃발 설치
(한국도로공사 교통관리기준 공사장 임시 교통통제시설 준용)

3) 안전원 근무 및 안전장구 설치

(1) 안전요원 근무요령(국토교통부 지침 : 5명)

▸ 교통감시원

: 교통콘의 전도상태, 각종표지를 수시점검하며 작업장 내의 작업원의 안전에 관하여 감시 또는 감독하여야 한다.

▸ 서행 신호수

: 교통제한구간에 진입하려는 차량에게 서행을 유도하며 운전자들에게 전방에 작업장

이 있음을 인지 할 수 있도록 신호깃발(주간), 신호봉(야간)을 사용하여 상, 하로 수신호 하여야 한다. [첫 신호수는 로봇 신호기(수)를 통한 신호 권장]

▸ 수신호 방법

정 지	진 행	주의하면서 서행

▸ 작 업 원

: 작업장을 무단 횡단하여서는 아니 되며, 작업 시에는 주행 차량의 주행방향을 바라보며 작업을 진행하여야 하고 항상 주행차량에 대한 자기 안전에 유의하여야 한다. (예외 : 사고처리 및 잡물처리 시)

▸ 안전요원(작업원 포함)은 반드시 소정의 복장을 착용하고 작업에 임하며, 교통감시원의 지시에 따라야 한다.

▸ 교통감시원과 서행신호수간 거리이격에 따른 연락과 전방교통흐름 및 위험성을 사전에 전달하기 위해 휴대용 무전기를 사용한다.

▸ 안전관리자 및 안전요원은 정위치(현장) 근무를 원칙으로 한다.

(2) 안전장비 설치 및 요령

▸ 차로차단 시 공사차량을 제외한 본선-싸인카 3대, 갓길-싸인카 2대를 배치한다.

(필요시 공사예고차량 1대를 공사장 전 2~4km에 배치하여야 한다)

▸ 작업장 표시는 작업장 원거리부터 설치하며, 철거는 역순으로 한다.

▸ 작업장 예고표지는 갓길에 설치하는 것이 원칙이며, 먼 곳에서 가까운 곳에 올수록 확실하고 구체적 행동의 변화를 요구하는 표지를 설치한다.

▸ 표지판은 지면에서 30cm 이상 떨어져야 하며, 갓길 차선에서 30cm이상의 간격을 두고 차량 진행방향에 직각으로 설치한다.

▸ 중앙분리대에 설치 시 폭이 협소할 경우 중앙분리대 구체위에 설치할 수 있다.

▸ 신호수 보호용 교통콘은 신호수 전방 10m ~ 30m 이상 거리에 2개 설치하여 운전자로 하여금 사전에 신호수(기) 위치를 인지할 수 있도록 한다.

▸ 곡선구간에는 서행신호수 전방 30m 부분에 경음기(경보싸이렌)을 설치할 수 있다.

- 싸인카는 작업장의 차로 통제가 시작되는 구간에 정차시켜 운전자들이 차로변경 등을 할 수 있도록 안내화살표를 방향에 맞게 표출하여야 한다.
- 공사장과 주행도로와의 사이에는 최소 30cm 이상이 유지되도록 교통콘 등으로 차단시설을 설치하여야 한다.

(3) 특별원칙

- 작업장의 안전관리자는 공사의 시작과 차단시점 및 해제 시 우리회사 교통정보센터로 통보하여 VMS 홍보가 원만히 진행될 수 있도록 하여야 한다.
- 안전상 저속차선 보다는 고속차선을 우선으로 차단한다.
- 추월로, 주행로 차단 시 예고표지는 작업장 후방 1.5km 지점부터 설치, 갓길차단 시 표지는 작업장 후방 1km 지점부터 설치한다.
- 작업장 예고표지의 위치 및 수량은 교통량 및 지형에 따라 증가시킬 수 있으며, 예기치 못한 사태로 교통정체가 발생하여 1차 예고표지 위치 이상까지 차량대열이 지체될 경우에는 교통정보센터로 신속히 연락하여 교통 지체상황을 VMS 및 방송매체를 통해 홍보해야 하며, 필요시 홍보내용에 우회도로 안내 등을 포함한다.
- 운전자는 비상시에 갓길을 사용할 수 있다고 보기 때문에, 고속 주행하는 도로에서 갓길을 차단할 때에는 도로의 일부를 차단하는 것으로 간주한다.
- 표지판 적정 설치위치가 교량, 터널, 곡선부, 수목성장 구간 등으로 식별이 곤란할 때는 교통정보센터와 협의 후 연장 및 단축하여 설치할 수 있다.
- 안전요원은 식별이 용이한 복장으로 주간에는 황색 또는 형광색 조끼, 안전모를 착용하고 동색의 깃발, 호루라기를 휴대하며, 야간에는 반사 X밴드 착용과 안전 신호봉을 휴대하여야 한다.
- 작업장의 교통콘과 교통콘 사이의 설치거리는, 완화구간, 완충구간, 작업구간, 종결구간 등 최대 30m를 초과해서는 안 된다.
- 종단구배 5%이상 구간 또는 시거 110m가 안 되는 구간에서는 가급적 신호대기지점을 선정하지 말아야 한다.
- 경광등, 싸인보드 등은 자동 점멸식으로 제작되어야 하며, 주간 및 야간에 상시 작동시키고, 단전되더라도 그 자체로서 효과를 낼 수 있는 것으로 한다.
- 교통콘의 규격은 높이 75cm, 밑면은 한 변의 길이가 40cm인 정사각형을 표준으로 하며, 고속도로용을 사용하여야 한다.
- 교통콘의 색상은 주황색으로 상, 하단 2개소에 백색 초고휘도 반사지를 부착한다.
- 공사시행 전 우리회사 교통안전 감독관이 실시하는 안전교육을 공사에 참여하는

모든 인원이 이수하여야 한다.

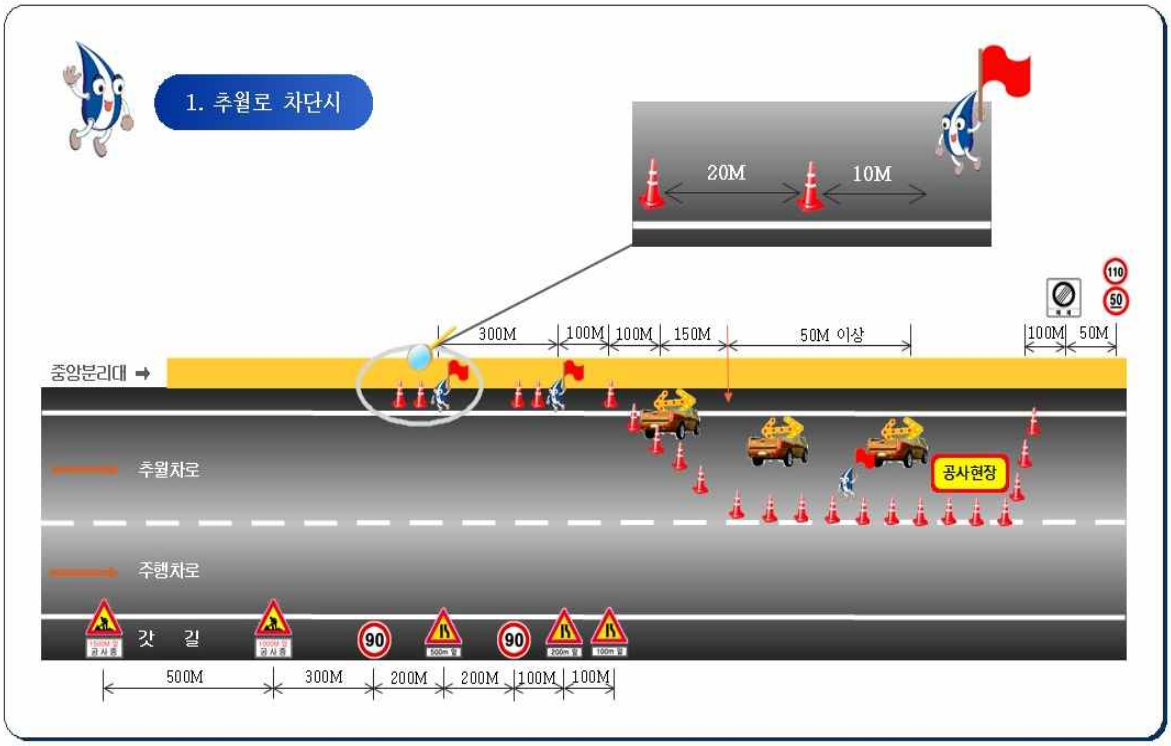
- ▸ 공사시행 전 공사에 사용되는 안전장구 및 표지판 등을 교통안전 감독관에게 검수 받는다. (교통안전교육 후 검수)
- ▸ 교통정보센터 및 안전순찰 근무자는 작업장 안전관리 미흡 시 현지시정 또는 공사를 통제, 제한할 수 있다.

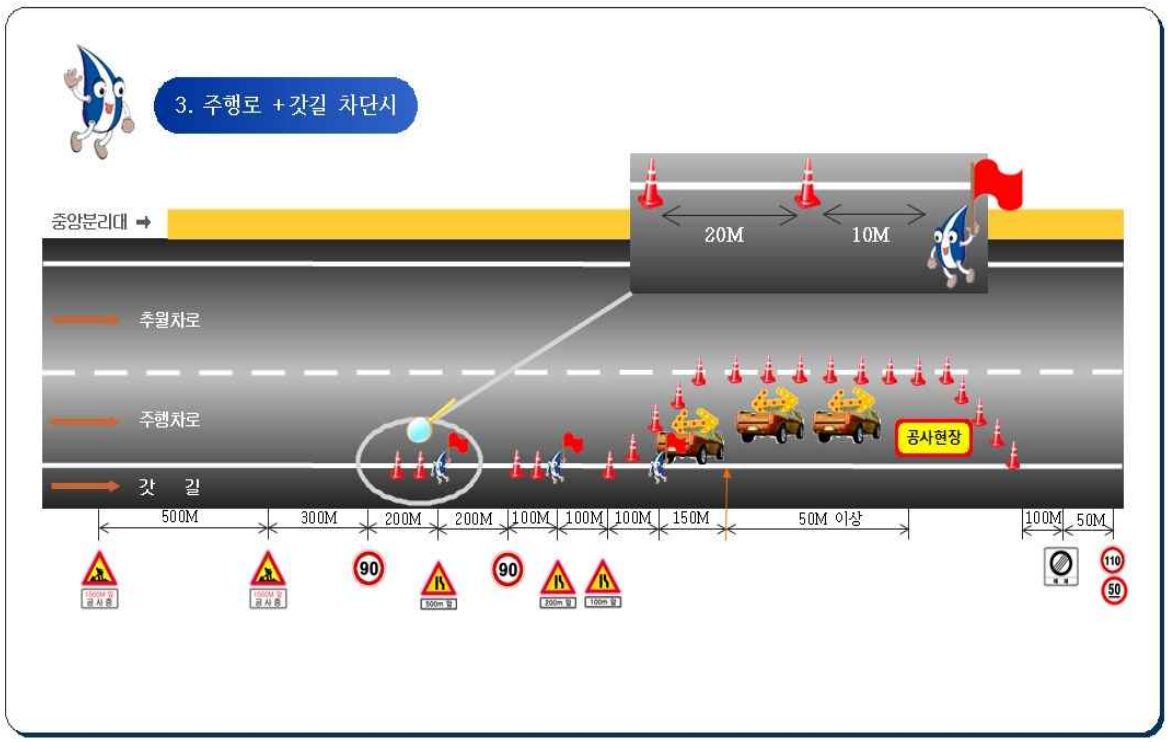
(4) 공사(작업장)의 통제 및 제한

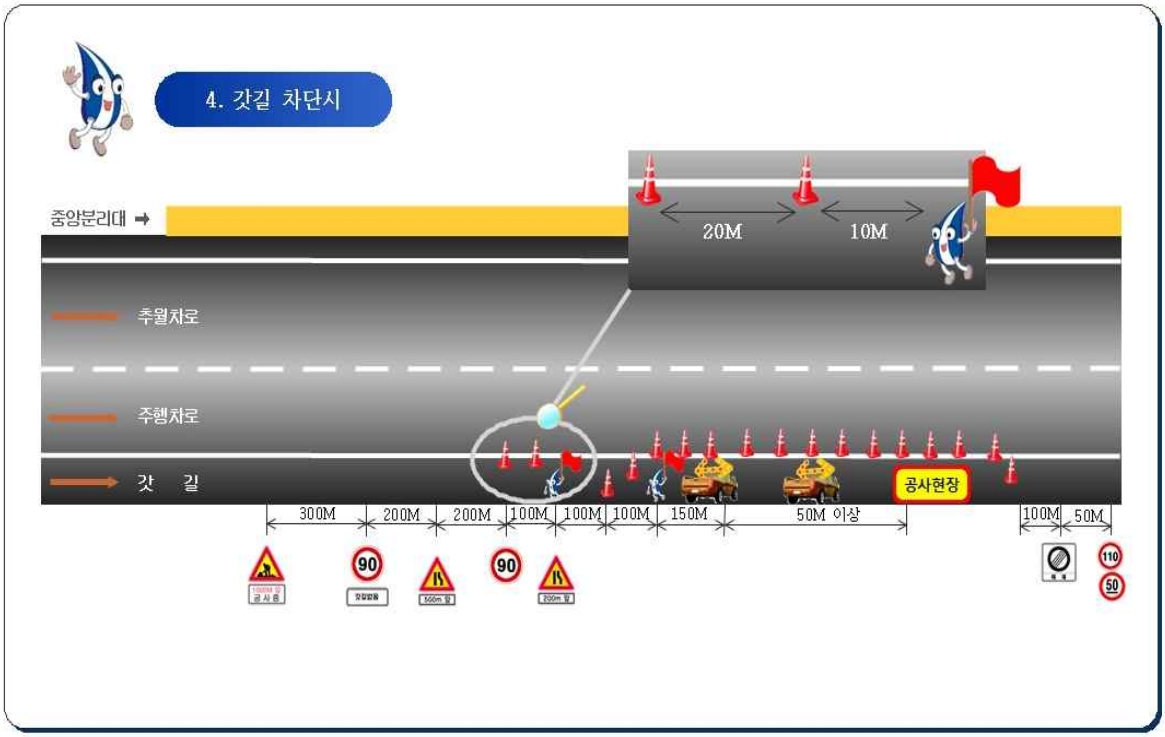
- ▸ 공사 전일 교통차단계획서 미제출
- ▸ 사전 협의 없이 안전관리자(현장대리인) 현장 부재
- ▸ 안전조치 미흡 및 개인안전장구 미착용
- ▸ 강우 등 기상악화 및 공사로 인한 지·정체 발생
- ▸ 작업장 주변 교통사고 발생 및 미신고(협의) 공사
- ▸ 교통정보센터 및 안전순찰 근무자의 시정, 개선요청 불응
- ▸ 차로차단 공사가 중복되어 민원예상 및 발생(5km 이내 작업)
- ▸ 교통차단 계획서

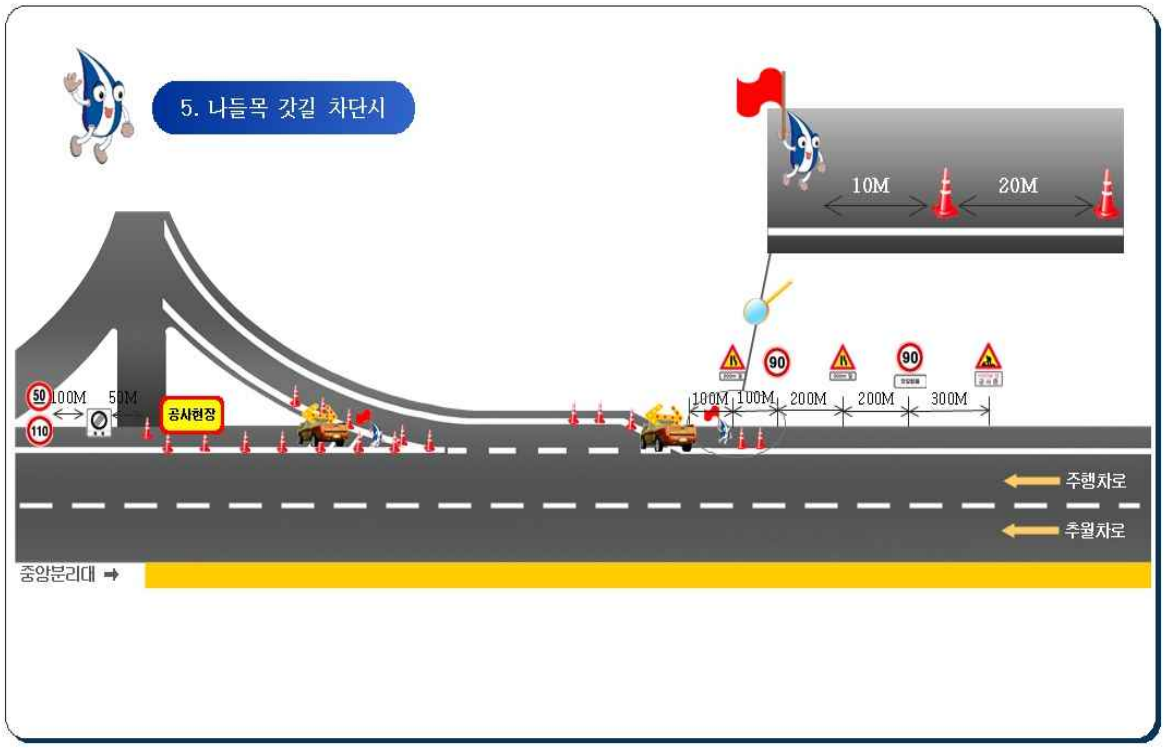
공사 전일 교통정보센터로 계획서 송부(전산입력 후 지구대 송부)

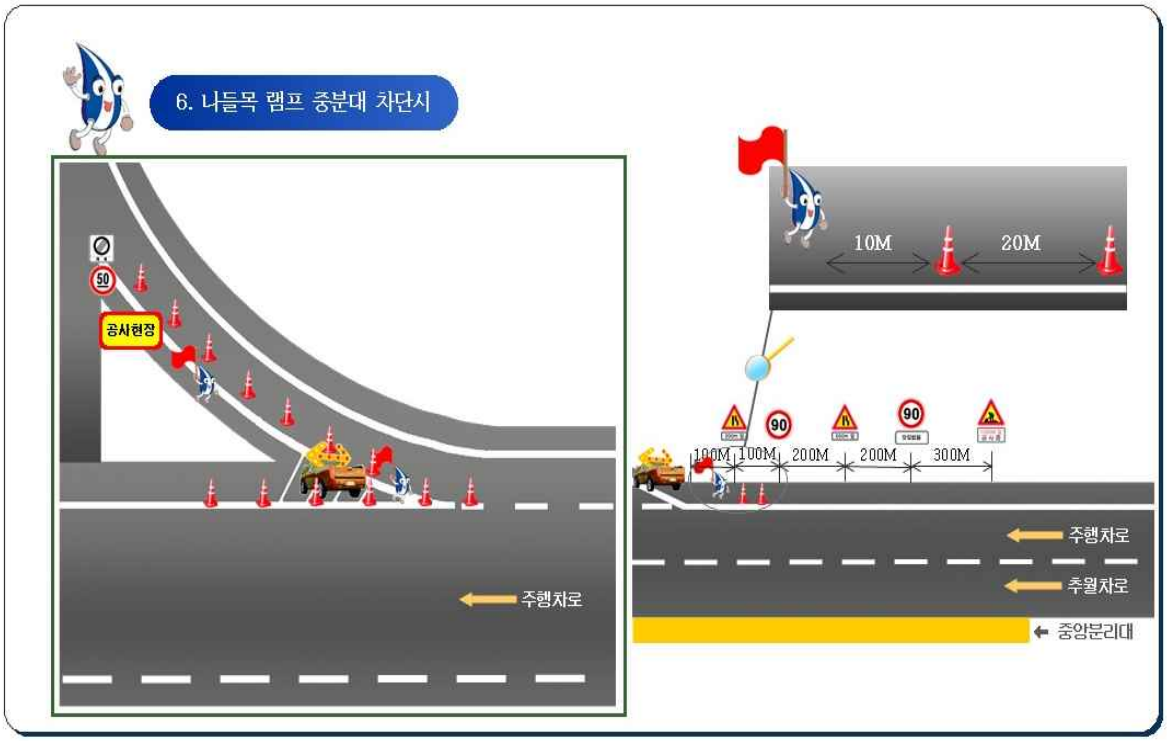
다. 교통차단 계획도

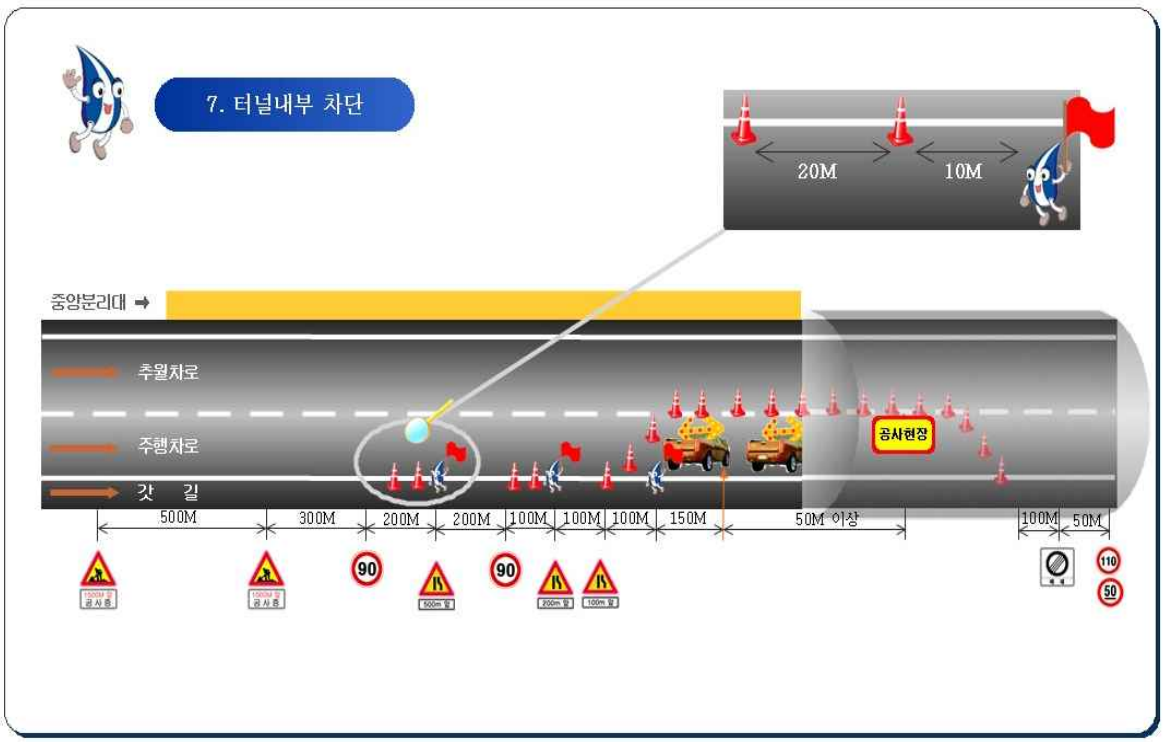

1. 추월로 차단시
20M
10M
300M
100M
100M
150M
50M 이상
100M
50M
중앙분리대
추월차로
주행차로
갓 길
공사현장
500M
300M
200M
200M
100M
100M
90
90
110
50


3. 주행로 + 갓길 차단시
중앙분리대
20M
10M
추월차로
주행차로
갓 길
공사현장
500M
300M
200M
200M
100M
100M
100M
150M
50M 이상
100M
50M
90
90
110
50


4. 갓길 차단시
중앙분리대
추월차로
주행차로
갓 길
20M
10M
공사현장
300M
200M
200M
100M
100M
100M
150M
50M 이상
100M
50M
90
90
110
50


5. 나들목 갓길 차단시
10M
20M
50
110
100M
50M
공사현장
90
90
100M
100M
200M
200M
300M
주행차로
추월차로
중앙분리대


6. 나들목 램프 중분대 차단시
50
공사현장
주행차로
10M
20M
90
90
100M
100M
200M
200M
300M
주행차로
추월차로
중앙분리대


7. 터널내부 차단
20M
10M
중앙분리대
추월차로
주행차로
갓 길
공사현장
500M
300M
200M
200M
100M
100M
100M
150M
50M 이상
100M
50M
90
90
110
50

제7장 사전검토 내용

1. 과업명:

- 서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기, 정밀안전점검)용역

2. 배경 및 목적

본 용역은 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의거 실시하는 안전점검으로써 대상시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견함으로써 신속하고 적절한 하자보수 조치를 취하고 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사·측정·평가하여 향후 시설물의 유지관리 및 정기 · 정밀안전점검·하자보수 등 필요한 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

3. 과업의 범위

3.1 **시설물명** : 서울문산고속도로 상 1,2종 시설물

구분	합계	교량		터널		옹벽	사면
		1종	2종	1종	2종		
정밀안전점검	62개	30개	12개	4개	4개	9개	3개

3.2 **위　　치** : 서울문산고속도로 전구간

4. 사전검토 내용

4.1 정밀점검 대상시설물의 실시범위

가. 교량

구 분	항 목		지침 및 세부지침상 점검실시 범위	금회 실시범위	비 고
주요부재	상부구조	바닥판, 거더	○	○	
	하부구조	교대 및 교각	○	○	
	받　　침	교량 받침	○	○	
	기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 포장	○	○	
보조부재	2차 부재	가로보 및 세로보		○	

나. 터널

구 분	항 목	지침 및 세부지침상 점검실시 범위	금회 실시범위	비 고
기본시설물	본선라이닝	○	○	
	갱 문	○	○	
	개착터널	○	○	
부대시설물	피난 연락갱		○	
	환기시설(Jet fan)		○	
	갱구부 옹벽		○	

다. 절토사면

구 분	항 목	지침 및 세부지침상 점검실시 범위	금회 실시범위	비 고
기본시설물	상부자연사면	○	○	
	사 면	○	○	
	사면하부	○	○	
부대시설물	보호시설	○	○	
	보강시설	○	○	
	배수처리 시설물	○	○	
	이격거리내 시설물	○	○	

4.2 유지관리자료 보유 현황 검토

구 분	보존 대상 목록	관리주체 보유현황	비고
설계도서	◦공통 – 준공내역서 – 공사시방서 – 각종계산서 – 토질 및 지반조사 보고서 – 기타 특이사항 보고서	보유	
	◦설계도면 – 위치도, 평면도, 단면도(종 · 횡) – 상부 · 하부 구조물도, 빔상세도 – 신축이음, 교량받침 상세도	보유	
시설물 관리대장	◦기본현황, 상세제원 ◦유지관리 이력	보유	
시공관련 자료	◦시공관련 자료 ◦품질관리 관련자료 – 재료증명서, 품질시험기록 – 관리 및 선정시험 기록 등 각종시험 기록 – 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 ◦ 사고이력	보유	
안전점검 자료		보유	
보수 · 보강 자료		보유	

4.3 정밀안전점검 과업의 범위

가. 교량, 터널 및 옹벽

과업항목	지침시 기본과업	금회 과업내용
자료수집 및 분석	· 설계도서, 시설물관리대장, 시공관련자료 · 안전점검 실시결과 자료 · 보수 · 보강이력 검토 · 분석	◦좌동
현장조사 및 시험	· 외관조사 및 외관조사망도 작성 · 간단한 현장 재료시험 등 – 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) – 콘크리트 탄산화 깊이 측정	◦좌동
상태평가	· 외관조사 결과분석 · 현장시험 결과분석 · 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 · 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자소견(안전등급 지정)	◦좌동
보수 · 보강 방법	–	◦손상부재에 대한 보수방안 제시
종합보고서 작성	· CAD도면 등 종합보고서 작성	◦ 좌동

나. 절토사면

과업항목	지침시 기본과업	금회 과업내용
자료수집 및 분석	· 설계도서, 시설물관리대장, 시공관련자료 · 안전점검 실시결과 자료 · 보수 · 보강이력 검토 · 분석	◦좌동
현장조사 및 시험	· 기본시설물 또는 주요부재의 외관조사 및 외관망도 작성 – 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 철근노출 등 – 지반상태 변화 : 파괴징후, 파괴현황, 지반상태, 사면형상 등	◦좌동
	· 간단한 현장 시험 등 – 암반 비파괴강도(반발경도시험)	◦암반비파괴시험
상태평가	· 외관조사 결과분석 · 현장시험 결과분석 · 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 · 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자소견(안전등급 지정)	◦좌동
보수 · 보강 방법	–	◦손상현황에 대한 보수 방안 제시
종합보고서 작성	· CAD도면 등 종합보고서 작성	◦ 좌동

4.4 정밀점검 기본과업 재료시험 수량

가. 교량

공구	교량명	연장(m)	경간	반발경도	탄 산 화
1	강매교	290	6	상부 : 6, 하부 : 6	상부 : 2, 하부 : 4
	행주산성JCT R-B교	110	3	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
	서문3교(서울방향)	250	4	상부 : 5, 하부 : 5	상부 : 1, 하부 : 2
	서문3교(문산방향)	250	4	상부 : 5, 하부 : 5	상부 : 1, 하부 : 2
	서문4교(서울방향)	128	2	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
	서문4교(문산방향)	128	2	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
	서문5교(서울방향)	135	3	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
	서문5교(문산방향)	135	3	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
	서문9교(서울방향)	345	7	상부 : 7, 하부 : 7	상부 : 2, 하부 : 4
	서문9교(문산방향)	330	7	상부 : 7, 하부 : 7	상부 : 2, 하부 : 4
	서문10교(서울방향)	101	2	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
	서문10교(문산방향)	101	2	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
	서문11교	70	1	상부 : 2, 하부 : 2	상부 : 1, 하부 : 2
	서문13교	50.8	1	상부 : 2, 하부 : 2	상부 : 1, 하부 : 2
	서문14교	70	1	상부 : 2, 하부 : 2	상부 : 1 ,하부 : 2
	남고양IC2교	499.0	10	상부 : 10, 하부 : 10	상부 : 2, 하부 : 4
	남고양IC1교	120	2	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
	남고양교	390	7	상부 : 8, 하부 : 8	상부 : 2, 하부 : 4
	서문15교	876	17	상부 : 15, 하부 : 15	상부 : 2, 하부 : 4
2	고양분기점 7교	65	1	상부 : 2, 하부 : 2	상부 : 1, 하부 : 2
	고양분기점 11교	60	1	상부 : 2, 하부 : 2	상부 : 1, 하부 : 2
	원당천(R-A)교 (퇴계원방향 확장부)	200	4	상부 : 4, 하부 : 4	상부 : 1, 하부 : 2
	원당천(R-C)교 (부천방향 확장부)	200	4	상부 : 4, 하부 : 4	상부 : 1, 하부 : 2
	성사1교 (퇴계원방향 확장부)	120	2	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
	성사1교 (부천방향 확장부)	120	2	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
	성사2교(확장부)	110	2	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
3	서문22교(서울)	532	9	상부 : 9, 하부 : 9	상부 : 2, 하부 : 4
	서문22교(문산)	503	8	상부 : 9, 하부 : 9	상부 : 2, 하부 : 4
	서문27교(서울)	50	1	상부 : 2, 하부 : 2	상부 : 1, 하부 : 2
	서문27교(문산)	100	2	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
	장진천2교(서울)	180	3	상부 : 4, 하부 : 4	상부 : 1, 하부 : 2
	장진천2교(문산)	180	3	상부 : 4, 하부 : 4	상부 : 1, 하부 : 2
	대원2교	115	2	상부 : 3, 하부 : 3	상부 : 1, 하부 : 2
	신공릉천교(서울)	320	8	상부 : 7, 하부 : 7	상부 : 2, 하부 : 4
	신공릉천교(문산)	326	8	상부 : 7, 하부 : 7	상부 : 2, 하부 : 4
4	금촌3교	274	7	상부 : 6, 하부 : 6	상부 : 2, 하부 : 4
	신월통교	430	4	상부 : 9, 하부 : 9	상부 : 1, 하부 : 2
	덕은교	50.6	1	상부 : 2, 하부 : 2	상부 : 1, 하부 : 2
	능산4교(서울)	195	4	상부 : 4, 하부 : 4	상부 : 1, 하부 : 2
	능산4교(문산)	195	4	상부 : 4, 하부 : 4	상부 : 1, 하부 : 2
	내포IC R-B1교	50.8	1	상부 : 2, 하부 : 2	상부 : 1, 하부 : 2
	내포IC R-A교	179	3	상부 : 4, 하부 : 4	상부 : 1, 하부 : 2

* 세부지침 기준에 따라 교량연장별 조정비 적용 (500m : 80%, 1,000m : 60%, 2,000m : 40%)

나. 터널

■ 금회 시설물별 계획수량 (계획수량 이상 실시 예정)

공구	시 설 물 명	연 장(m)	반발경도	탄 산 화	비 고
1	봉대산터널(문산)	386.0	2	2	2차선
	봉대산터널(서울)	376.0	2	2	2차선
	성라산터널(문산)	240.0	1	2	3차선
	성라산터널(서울)	257.0	1	2	3차선
3	견달산터널(문산)	303.0	2	2	3차선
	견달산터널(서울)	308.0	2	2	3차선
4	금촌터널(문산)	354.0	2	2	2차선
	금촌터널(서울)	364.0	2	2	2차선

다. 절토사면

■ 금회 시설물별 계획수량 (계획수량 이상 실시 예정)

순번	사 면 명	연장(m)	높이(m)	단수	반발경도	비 고
1	절토사면(STA.28+720~28+880(좌))	160.0	32.8	5	1	
2	절토사면(STA.29+700~30+200(우))	500.0	30.9	6	2	
3	절토사면(STA.31+100~31+600(좌))	560.0	35.5	5	2	

라. 옹벽

■ 금회 시설물별 계획수량 (계획수량 이상 실시 예정)

공구	시 설 물 명	형 식	연 장(m)	반발경도	탄산화
1	보강토옹벽(본선 STA.0+283~0+400)	블럭식	128.0	3	-
	보강토옹벽(본선 STA.1+914~2+020)	블럭식	112.0	3	-
	보강토옹벽(본선 STA.6+935~7+040)	판넬식	112.0	3	3
지선	보강토옹벽(지선 STA.0+321~0+680)	블럭식	370.0	8	-
3	보강토옹벽(설문2육교,STA.0+085~0+230)	패널+블럭	115.0	3	3
	보강토옹벽(U-Ⅱ블록,STA.11+092~11+193)	블럭식	108.0	3	-
4	판넬식옹벽(STA.24+249~24+392)	판넬식	143.0	3	3
	PRN옹벽(STA.27+049~27+240)	블럭식	290.0	6	-

5. 결론

- 과업지시서와 용역설계서 검토결과, 정밀안전점검의 실시범위, 기본과업의 항목, 수량은 지침 및 세부지침과 부합하는 것으로 검토됨.
- 금회 안전점검사의 특허(균열 측정, 손상 촬영 등)를 활용한 점검을 실시할 예정임.
- 과업지시서 상 명시되지 않은 내용 및 과업진행 중 발생되는 추가사항 등은 필요 시 발주처와 협의하여 시행함.