

성능평가 결과 요약문

과업수행요약문

1. 과업의 목적

본 과업 「시설물의 안전 및 유지관리의 실시 세부지침(성능평가 편)(이하 「세부지침」이라 한다)은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 「법」이라 한다) 제43조 및 같은 「법」 시행령(이하 「령」이라 한다) 제30조 및 같은 「법」 시행규칙(이하 「규칙」이라 한다) 제32조에 따라 「시설물의 안전 및 유지관리의 실시 등에 관한 지침」(이하 「지침」이라 한다)에서 정하는 성능평가의 절차 및 실시방법, 유지관리 등에 관한 필요사항을 시설물별로 보다 상세히 제시하고 그 실시요령을 정하여 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속·정확하게 조사·평가하고, 그에 대한 적절한 성능확보를 취하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 과학적 유지관리를 체계화하는데 그 목적이 있다.

2. 과업의 범위

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 조사결과 검토 및 분석
- 4) 시설물의 상태안전성능 및 구조안전성능 평가
- 5) 시설물의 내구성능 평가
- 6) 시설물의 사용성능 평가
- 7) 종합평가 및 안전등급 지정
- 8) 보수·보강 및 유지관리방안 제시
- 9) 보고서 작성

3. 과업수행기간

2025. 03. 14. ~ 2025. 09. 09. (180일간)

4. 대상시설물 현황

구분	시설물명	노선명	시설물 제원						비고
			연장(m)	폭(m)	형식	준공년도	종별	안전등급	
1	오천터널(상)	국도 42호선	457.0	9.3	NATM	2004	2중	A	성능평가
2	오천터널(하)	국도 42호선	480.0	9.3	NATM	2004	2중	A	성능평가
3	부평터널(하)	국도 42호선	446.0	9.3	NATM	1999	2중	A	성능평가

5. 사용장비

수행장비	장비명	용 도	사 진
휴대 장비	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	균열측정자	외관조사시 균열폭 측정	
	균열측정기	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인	
	버니어 캘리퍼스	부재 상세치수 측정	

수행장비	장비명	용 도	사 진
비파괴 시험	콘크리트 슈미트해머	콘크리트 강도조사	
	그라인더	비파괴 시험 실시 전 콘크리트 먼처리	
	햄머드릴	콘크리트 탄산화 조사	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 조사	
	Rc-Radar	철근배근측정	
	광파기	단면측량	
접근 장비	고소 점검차(스카이)	외관조사시 근접조사	
	우마 사다리	외관조사시 근접조사	

시 설 물 별 요 약 문

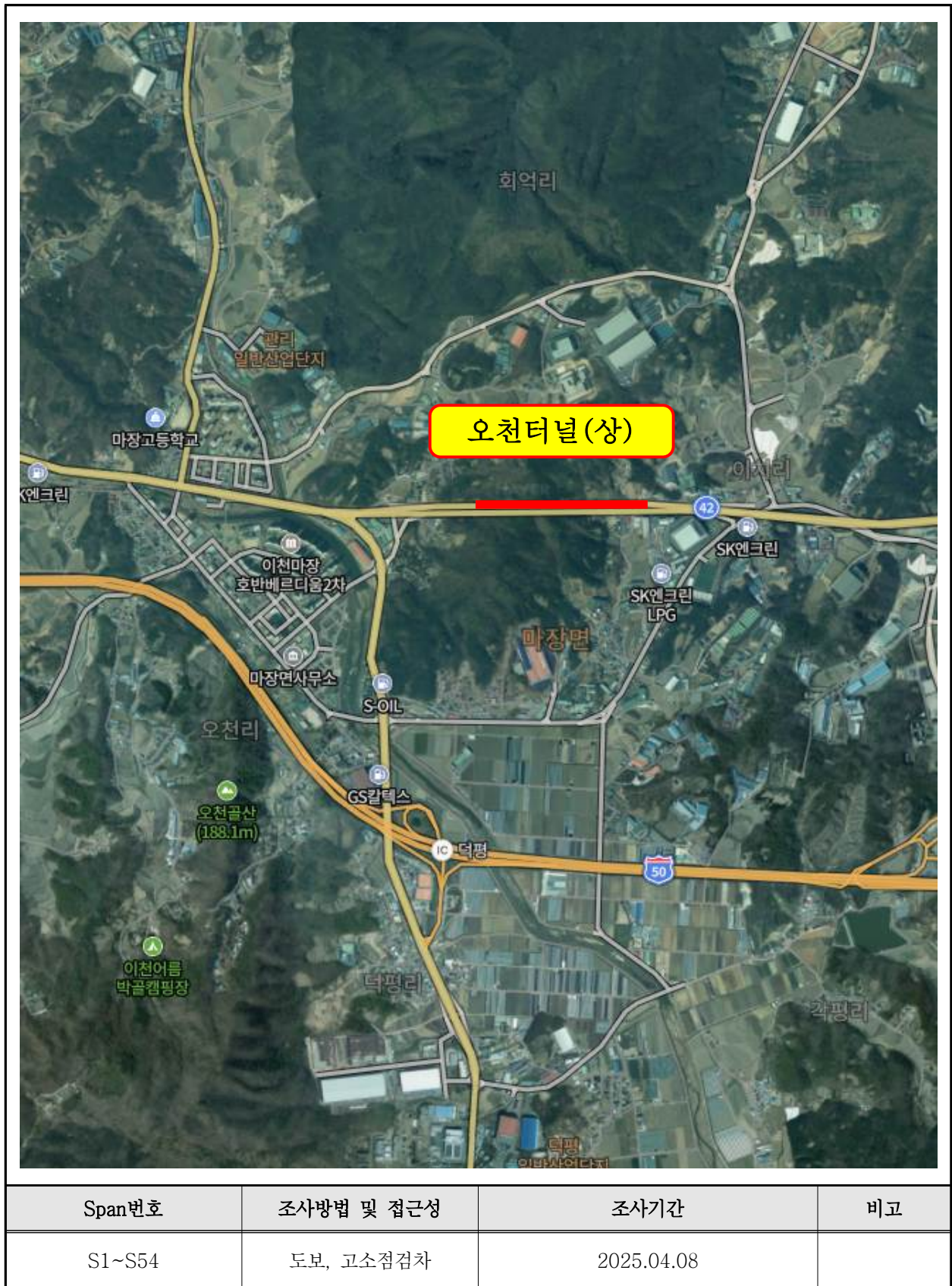
1. 오천터널(상)

1.1 시설물 개요

1.1.1 시설물 일반사항

시설물명	오천터널(상)	시설물번호	TU2005-0000033
노 선 명	일반국도42호선	관리번호	-
위 치	경기도 이천시 마장면 회억리		
터널형식	NATM	관리주체	수원국토관리사무소
차 선 수	편도 2차선	환기방식	자연환기
연 장	457.0m	설 계 사	한국해외기술공사
내공단면	폭 : 9.306m	시 공 사	(주)중앙건설
배수형식	측면배수, 자연배수	감 리 사	정명순
종단기울기	2%	착 공	1997년 03월 18일
평균선형	직선터널	준 공	2004년 12월 21일
연결통로	-	개문형식	진입부 : 원통절개형 진출부 : 면벽식
주요공법	NATM	보조공법	강재지보공
			
개문 전경		내부 전경	

1.1.2 위치도 및 전경시설





진입부 전경



진출부 전경



내부 전경



배수구 전경

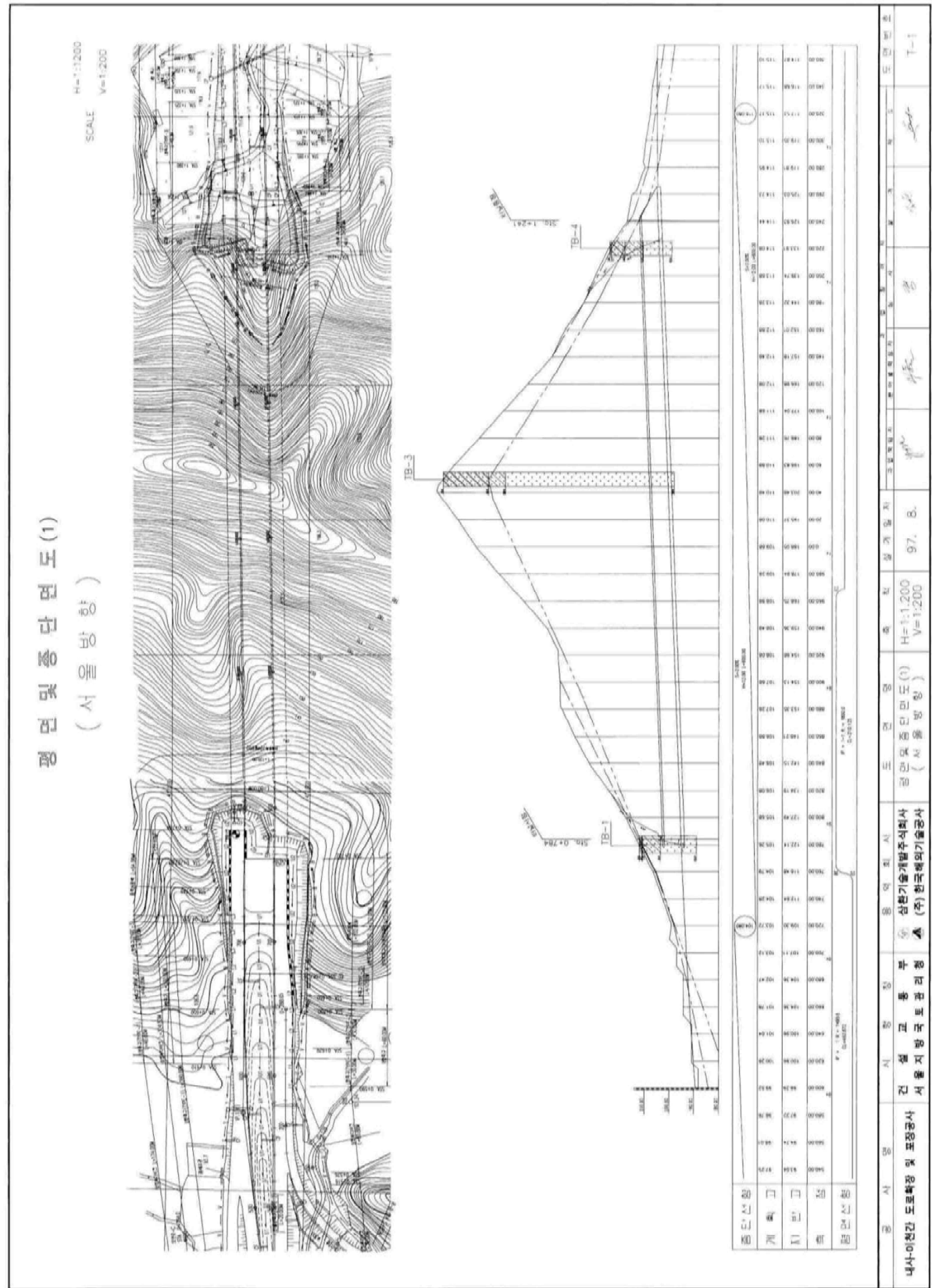


소화시설 전경



옹벽, 사면부 전경

1.1.3 시설물 일반도



1.2 내구성조사 결과

시험명	시험부위		시험 결과		검토 의견
비파괴 강도 (MPa)	반발경도 라이닝 (설계기준 : 24MPa)		30.8	~ 32.8	측정결과, 설계기준강도를 100% 상회하는 것으로 확인됨.
탄산화 깊이 (mm)	라이닝 (갯문부 및 갯구부)	진행깊이 (mm)	2.0	~ 6.5	실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 30mm 이상으로 측정되어 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 없는 'a' 등급으로 평가됨
		잔여깊이 (mm)	55.5	~ 67.0	
염화물 함유량시험 (kg/m ³)	라이닝 (갯문부 및 갯구부)		0.005	~ 0.007	'a' 등급으로 평가되어 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨

1.3 안전성능평가

1.3.1 상태안전성능 평가 결과

시설물명	기본시설물 결함지수(F)	부대시설물 가중치(W)	결함지수(F)	상태안전성능 등급
오천터널(상)	0.043	1.00	0.043	A

1.3.2 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과산정 표				
시설물명		오천터널(상)		표번호
부재구분		안전율(SF)	평가결과	비고
휨모멘트	아치부	13.063	a	
	벽체부	3.177	a	
전단력	아치부	2.419	a	
	벽체부	1.612	a	
구조안전성능평가 결과		◦ 최저 안전성능평가 결과 = A, 결함지수 = 0.14		

1.3.3 안전성능 평가 결과

시설물 안전성평가 결과 산정표				
시설물명	오천터널(상)		표번호	【표 1.5.17】
평가구분	결합지수	평가결과	비고	
상태안전성능 평가	0.043	A	근거 표	【표 1.5.14】
구조안전성능 평가	0.14	A	근거 표	【표 1.5.16】
안전성평가 결과	■ 안전성능평가 결과 = A ■ 안전성능 평가지수(ps) = 0.14			

1.4 내구성능 평가

1.4.1 콘크리트 내구성능 평가 결과

세부 부재명 (가중치, %)		항목별 평가결과					
부재명	가중치	염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트 의 품질	부재평가결과		가중치 적용
					등급	지수	
라이닝	70 / 60	—	—	a	a	0.08	0.06
갯문	30 / 30	a	a	a	a	0.08	0.02
환기구 콘크리트	— / 10	—	—	—	—	—	0.00
		결합도지수	0.08				
		등급	A				

1.4.2 열화환경지표 평가 결과

열화환경지표		평가등급
제설제 염해환경		A
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A
동해환경		B

1.5 사용성능 평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	주행성	포장상태	0.182	c	3
		터널내 휘도	0.139	b	4
	방재성	방재시설	0.187	c	3
		비상대피시간	0.184	a	5
기능성	유지관리성	기계/전기설비	0.144	b	4
	수요 및 용량	교통량	0.164	a	5
				결함도점수	3.979
				등급	B

1.6 종합성능 평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표					
시설물명	오천터널(상)			표번호	【표 1.8.1】
평가구분	평가지수	평가결과	성능간 가중치(W_n)	비 고	
안전성능 평가	0.14	a	0.72	근거 표번호	【표 1.5.17】
내구성능 평가	0.08	a	0.18	근거 표번호	【표 1.6.12】
사용성능 평가	0.23	b	0.10	근거 표번호	【표 1.7.10】
종합평가 결과	- 터널의 종합 성능평가지수(P) $= \sum \text{평가지수}(p_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n)$ $= 0.14 \times 0.72 + 0.08 \times 0.18 + 0.23 \times 0.10 = 0.138$ - 터널의 종합 성능평가지수(P) : 0.138 - 터널의 종합평가결과 : A				

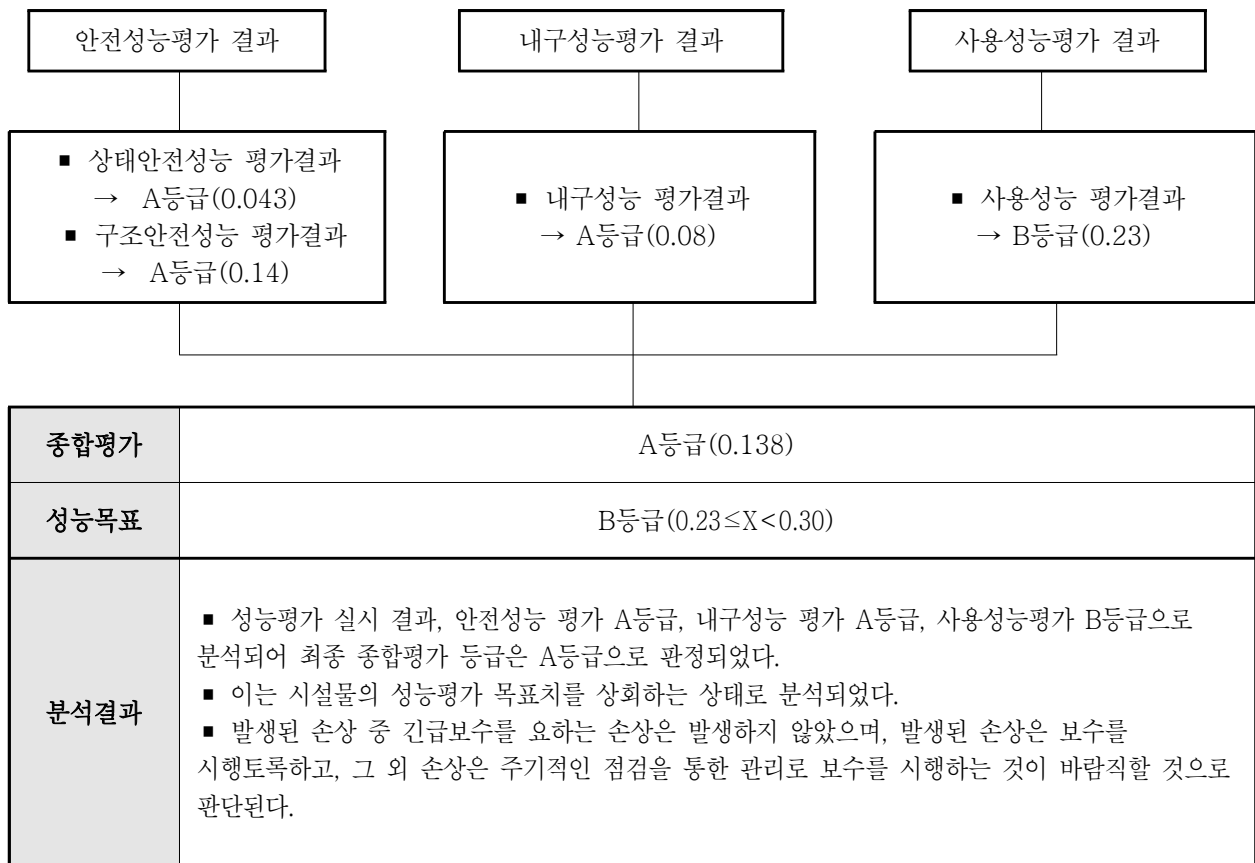
1.7 유지관리 전략제안

1.7.1 성능목표 설정

본 시설물의 성능목표는 관련 법규에 의거 “상B($0.15 \leq X < 0.23$)” 으로 설정하였다.

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리 (3)	강설일수 (4)		
평가등급	하B	C	C	C	A	C
평가점수	0.27	0.43	0.43	0.43	0.08	0.43
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표	= 0.27×0.8 + [{0.43+0.43+0.43}/3]×0.1 + 0.08×0.08 + 0.43×0.02 = 0.274(하B)					

1.7.2 성능평가 실시결과 검토 · 분석



1.7.2 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 보수 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
천장부	균열(0.3㎜미만)	표면처리	4.40	1.65	㎡	299	493	3순위
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	0.30	0.45	m	103	46	2순위
	백태	표면처리	0.01	0.02	㎡	299	6	3순위
	박리, 파손	단면보수	2.10	3.15	㎡	1,152	3,629	2순위
	재료분리	단면보수	0.25	0.38	㎡	1,152	438	2순위
	조인트 들뜸, 박락	단면보수	0.14	0.21	㎡	1,152	242	2순위
측벽부	철근노출 및 박락	단면보수(양청)	0.32	0.48	㎡	1,336	641	2순위
공동구	균열(0.3㎜미만)	표면처리	3.80	1.43	㎡	299	428	3순위
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	106.70	160.05	m	103	16,485	2순위
	파손	단면보수	0.20	0.30	㎡	1,152	346	2순위
	들뜸	단면보수	2.64	3.96	㎡	1,152	4,562	2순위
	재료분리	단면보수	0.20	0.30	㎡	1,152	346	2순위
	철근부식	단면보수(양청)	0.08	0.12	㎡	1,336	160	2순위
	덮개 파손	정비(재설치)	79.00	79.00	EA	30	2,370	3순위
배수시설	배수구 토사퇴적	정비(청소)	1.46	2.19	㎡	40	88	3순위
	배수구 막힘	정비(청소)	1.00	1.00	EA	40	40	3순위
포장부	포장 파손	단면보수	1.50	2.25	㎡	1,152	2,592	3순위
	포장 토사퇴적	정비(청소)	226.56	339.84	㎡	7	2,379	3순위
사면	배수로 토사퇴적 및 식생	정비(청소)	60.00	90.00	㎡	7	630	3순위
옹벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	10.10	3.79	㎡	299	1,133	3순위
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	47.90	71.85	m	103	7,401	3순위
	파손	단면보수	0.29	0.44	㎡	1,152	507	3순위
	굽힘	단면보수	0.24	0.36	㎡	1,152	415	3순위
	박리	단면보수	1.20	1.80	㎡	1,152	2,074	3순위
	실런트 파손, 누락	정비(재설치)	5.60	8.40	m	12	101	3순위
부속시설	소화기 표시등 불량	정비	3.00	3.00	EA	200	600	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비			26,895		21,257		
	재경비 (순공사비의 50%)			13,448		10,629		
	합계			40,343		31,886		
개략공사비 총계(천원)		72,229						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

주3) 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건 상 변동될 수 있음.

나. 성능을 고려한 보수 우선순위

구분		손상 물량 (㎡)	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
						손상 내용	부재 위치	성 능	등 급	손 상	부 재	성 능	등 급		
철 근	정비 등	—	—	—	—	배수상태	터널주변	안전 성능	b	1.00	0.06	0.72	0.11	0.00475	6
	정비 등	—	—	—	—	공동구상태	터널주변	안전 성능	b	1.00	0.02	0.72	0.11	0.00158	11
무 근	표면처리	4.40	1.65	299	493	균열 (0.3mm미만)	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.16	0.72	0.11	0.01267	2
	주입보수	0.30	0.45	103	46	균열 (0.3mm이상)	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.16	0.72	0.11	0.01267	2
	단면보수	2.10	3.15	1,152	3,629	박리, 파손	라이닝	안전 성능	c	1.00	0.09	0.72	0.20	0.01296	1
	단면보수	0.25	0.38	1,152	432	재료분리	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.03	0.72	0.11	0.00238	10
	단면보수	0.14	0.21	1,152	242	조인트 들뜸, 박락	라이닝	안전 성능	c	1.00	0.05	0.72	0.20	0.00720	3
	단면보수 (방청)	0.32	0.48	1,336	641	철근노출 및 박락	라이닝	안전 성능	c	1.00	0.05	0.72	0.20	0.00720	3
	정비 등	—	—	—	—	배수상태	터널주변	안전 성능	b	1.00	0.07	0.72	0.11	0.00554	5
	정비 등	—	—	—	—	공동구상태	터널주변	안전 성능	b	1.00	0.03	0.72	0.11	0.00238	10
—	—	—	—	—	—	염화물	갱문	내구 성능	a	1.00	0.30	0.18	0.05	0.00270	9
	—	—	—	—	—	탄산화	갱문	내구 성능	a	1.00	0.30	0.18	0.05	0.00270	9
	—	—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	라이닝	내구 성능	a	1.00	0.70	0.18	0.05	0.00630	4
	—	—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	라이닝	내구 성능	a	1.00	0.30	0.18	0.05	0.00270	9
	—	—	—	—	—	포장상태	—	사용 성능	c	1.00	0.18	0.10	0.20	0.00364	8
	—	—	—	—	—	터널내환경	—	사용 성능	b	1.00	0.14	0.10	0.11	0.00153	12
	—	—	—	—	—	방재 시설	—	사용 성능	c	1.00	0.19	0.10	0.20	0.00374	7
	—	—	—	—	—	비상대피 시간	—	사용 성능	a	1.00	0.18	0.10	0.05	0.00092	13
	—	—	—	—	—	기계/전기 설비	—	사용 성능	b	1.00	0.14	0.10	0.11	0.00158	11
	—	—	—	—	—	통행량	—	사용 성능	a	1.00	0.16	0.10	0.05	0.00082	14

다. 유지관리 전략 제안

해당 터널은 종합성능평가 결과가 A등급(0.138)으로, 성능목표인 B등급($0.23 \leq X < 0.30$)을 상회하여 만족된 것으로 평가되었다. 터널의 내구연한 증진을 위하여 경제성을 고려한 우선순위를 대상으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

1.8 종합결론

- 오천터널(상)은 약 21년의 공용기간이 경과한 터널시설물로 외관조사결과 국부적으로 손상이 발생한 것으로 조사되었으나 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으며, 금회 안전성능 평가 “A등급”, 내구성능 평가 “A등급”, 사용성능 평가 “B등급”으로 평가되어 종합성능평가 등급이 “A등급”으로 산정되었다.
- 성능평가지수가 20년 2종성능평가 0.138(A등급) $\Rightarrow$ 25년 2종성능평가 0.138(A등급)으로 등급이 동일한 것으로 분석되었다.
- 종합성능평가를 실시한 결과, A등급(0.138)으로 평가되어 성능목표 등급인 B등급(결합도 범위 : $0.23 \leq X < 0.30$)을 상회한 상태이므로 성능을 고려한 보수 우선순위 정보를 활용하여 예산범위 내에서 적절한 보수공사가 지속적으로 시행된다면 성능목표 상태의 시설물 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.
- 내구성의 현저한 저하 또는 구조적 안전성에 문제가 될 만한 사항은 발생되지 않은 상태로서 시설물의 사용제한은 필요치 않은 것으로 검토되었다.

2. 오천터널(하)

2.1 시설물 개요

2.1.1 시설물 일반사항

시설물명	오천터널(하)	시설물번호	TU2005-0000034
노 선 명	일반국도42호선	관리번호	-
위 치	경기도 이천시 마장면 회억리		
터널형식	NATM	관리주체	수원국토관리사무소
차 선 수	편도 2차선	환기방식	자연환기
연 장	480.0m	설 계 사	한국해외기술공사
내공단면	폭 : 9.306m	시 공 사	(주)중앙건설
배수형식	측면배수, 자연배수	감 리 사	정명순
종단기울기	2%	착 공	1997년 03월 18일
평균선형	직선터널	준 공	2004년 12월 21일
연결통로	-	갱문형식	진입부 : 원통절개형 진출부 : 면벽식
주요공법	NATM	보조공법	강재지보공

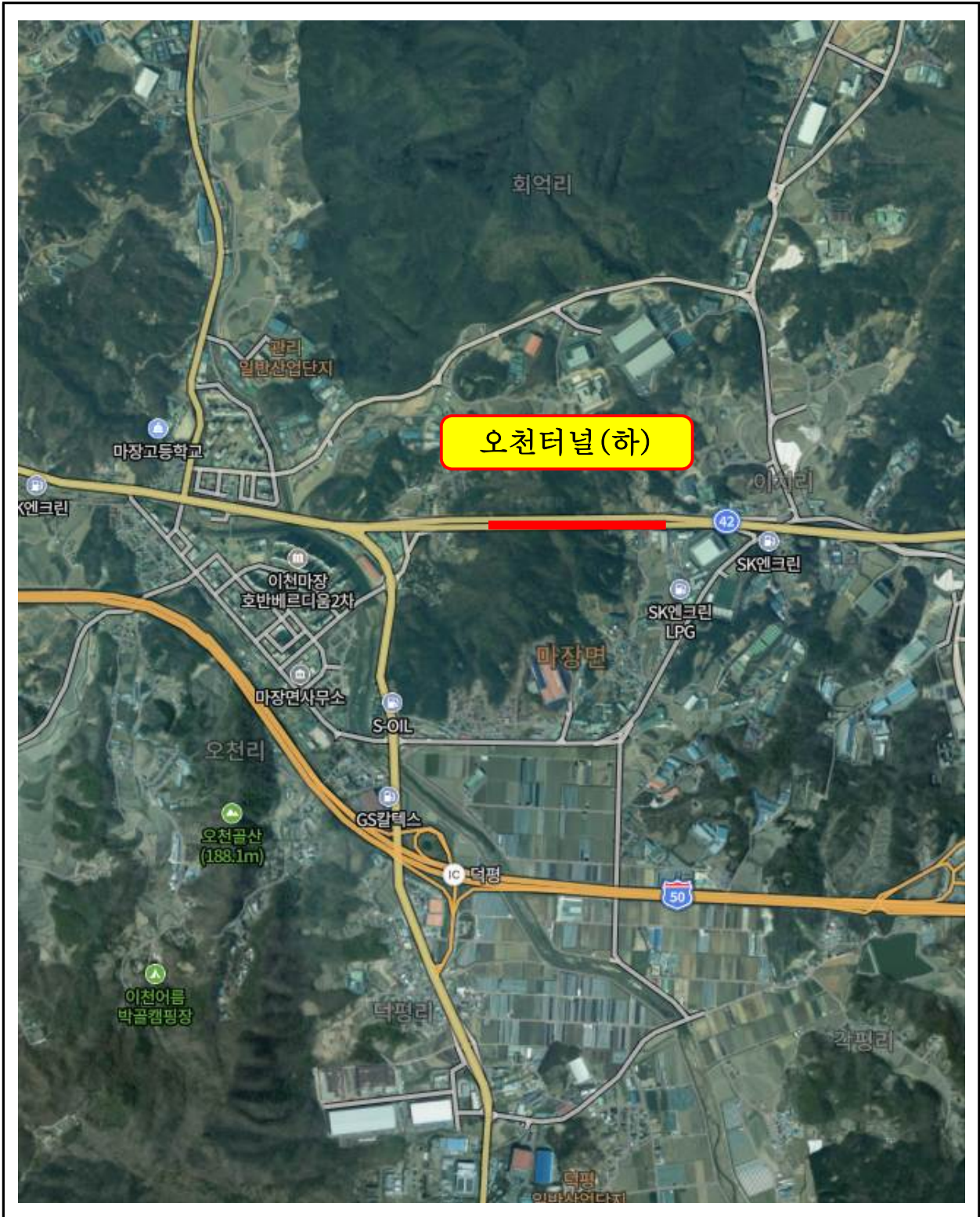


갱문 전경



내부 전경

2.1.2 위치도 및 전경시설



Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S57	도보, 고소점검차	2025.04.08	



진입부 전경



진출부 전경



내부 전경



배수구 전경

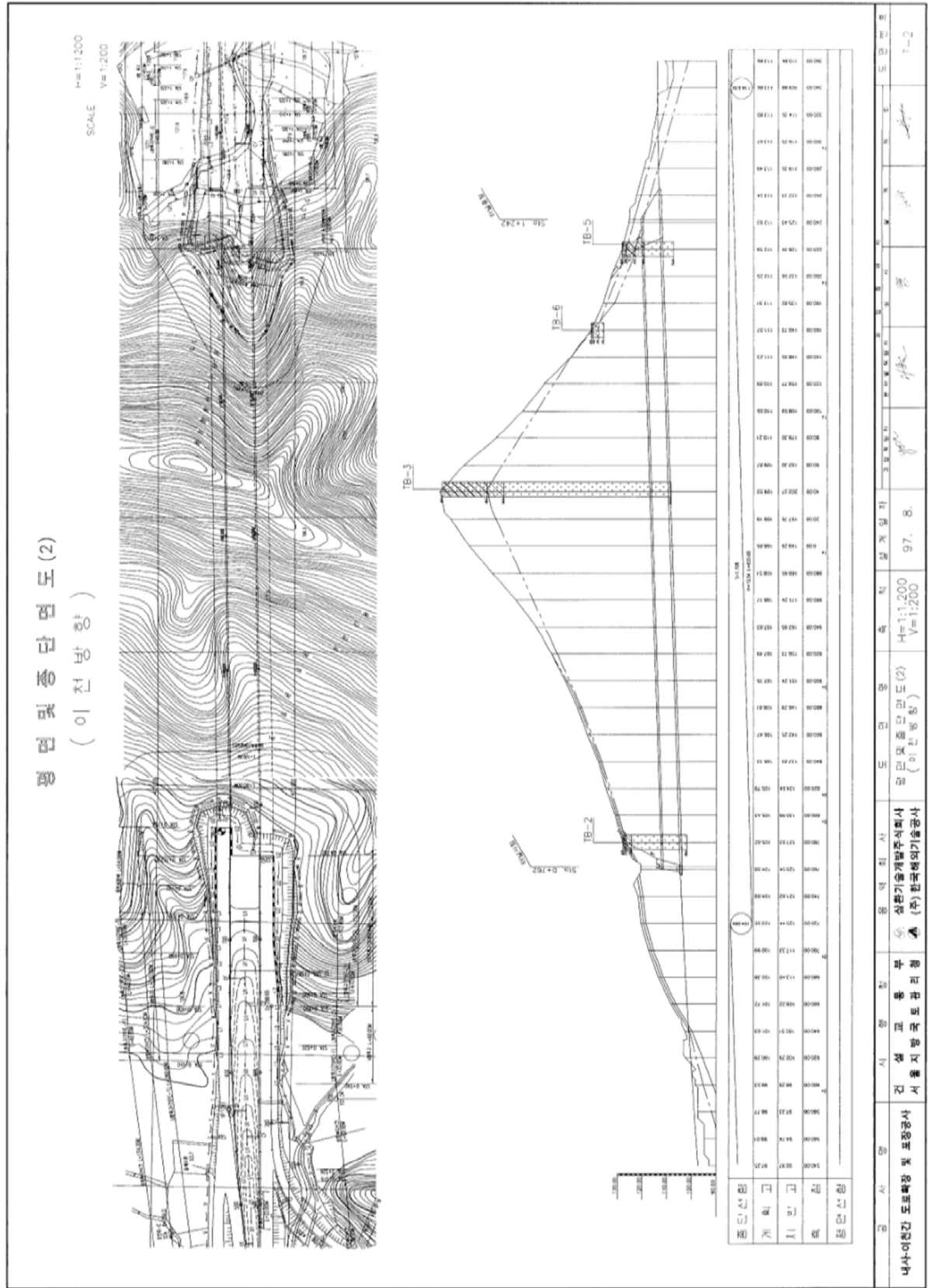


소화시설 전경



옹벽, 사면부 전경

2.1.3 시설물 일반도



2.2 내구성조사 결과

시험명	시험부위		시험 결과	검토 의견
비파괴 강도 (MPa)	반발경도 라이닝 (설계기준 : 24MPa)		29.9 ~ 31.6	측정결과, 설계기준강도를 100% 상회하는 것으로 확인됨.
탄산화 깊이 (mm)	라이닝 (갱문부 및 갱구부)	진행깊이 (mm)	1.0 ~ 2.5	실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 30mm 이상으로 측정되어 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 없는 'a' 등급으로 평가됨
		잔여깊이 (mm)	62.5 ~ 76.0	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	라이닝 (갱문부 및 갱구부)		0.005	'a' 등급으로 평가되어 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨

2.3 안전성능평가

2.3.1 상태안전성능 평가 결과

시설물명	기본시설물 결함지수(F)	부대시설물 가중치(W)	결함지수(F)	상태안전성능 등급
오천터널(하)	0.033	1.00	0.033	A

2.3.2 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과산정 표				
시설물명		오천터널(하)		표번호
부재구분		안전율(SF)	평가결과	【표 2.5.16】 비고
휨모멘트	아치부	13.063	a	
	벽체부	3.177	a	
전단력	아치부	2.419	a	
	벽체부	1.612	a	
구조안전성능평가 결과		◦ 최저 안전성능평가 결과 = A, 결함지수 = 0.14		

2.3.3 안전성능 평가 결과

시설물 안전성평가 결과 산정표				
시설물명	오천터널(하)		표번호	【표 2.5.17】
평가구분	결합지수	평가결과	비고	
상태안전성능 평가	0.033	A	근거 표	【표 2.5.14】
구조안전성능 평가	0.14	A	근거 표	【표 2.5.16】
안전성평가 결과	■ 안전성능평가 결과 = A ■ 안전성능 평가지수(ps) = 0.14			

2.4 내구성능 평가

2.4.1 콘크리트 내구성능 평가 결과

세부 부재명 (가중치, %)		항목별 평가결과					
부재명	가중치	염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트 의 품질	부재평가결과		가중치 적용
					등급	지수	
라이닝	70 / 60	—	—	a	a	0.08	0.06
갯문	30 / 30	a	a	a	a	0.08	0.02
환기구 콘크리트	— / 10	—	—	—	—	—	0.00
		결합도지수	0.08				
		등급	A				

2.4.2 열화환경지표 평가 결과

열화환경지표		평가등급
제설제 염해환경		A
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A
동해환경		B

2.5 사용성능 평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	주행성	포장상태	0.182	c	3
		터널내 휘도	0.139	b	4
	방재성	방재시설	0.187	c	3
		비상대피시간	0.184	a	5
기능성	유지관리성	기계/전기설비	0.144	b	4
	수요 및 용량	교통량	0.164	a	5
				결함도점수	3.979
				등급	B

2.6 종합성능 평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표					
시설물명	오천터널(하)			표번호	【표 2.8.1】
평가구분	평가지수	평가결과	성능간 가중치(W_n)	비 고	
안전성능 평가	0.14	a	0.72	근거 표번호	【표 2.5.17】
내구성능 평가	0.08	a	0.18	근거 표번호	【표 2.6.12】
사용성능 평가	0.23	b	0.10	근거 표번호	【표 2.7.10】
종합평가 결과	- 터널의 종합 성능평가지수(P) $= \sum \text{평가지수}(p_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n)$ $= 0.14 \times 0.72 + 0.08 \times 0.18 + 0.23 \times 0.10 = 0.138$ - 터널의 종합 성능평가지수(P) : 0.138 - 터널의 종합평가결과 : A				

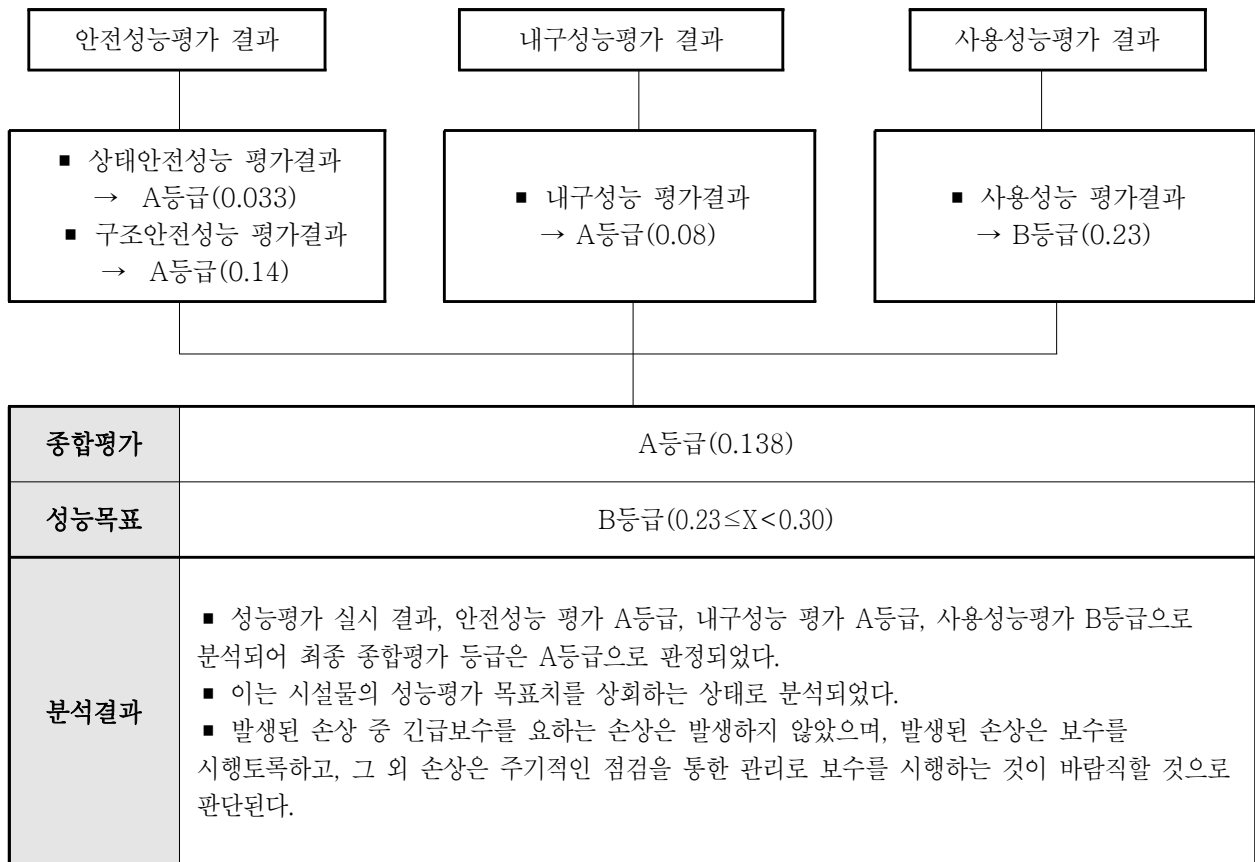
2.7 유지관리 전략제안

2.7.1 성능목표 설정

본 시설물의 성능목표는 관련 법규에 의거 “상B($0.15 \leq X < 0.23$)” 으로 설정하였다.

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리 (3)	강설일수 (4)		
평가등급	하B	C	C	C	A	C
평가점수	0.27	0.43	0.43	0.43	0.08	0.43
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표	= 0.27×0.8 + [{0.43+0.43+0.43}/3]×0.1 + 0.08×0.08 + 0.43×0.02 = 0.274(하B)					

2.7.2 성능평가 실시결과 검토 · 분석



2.7.2 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 보수 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
천장부	균열(0.3㎜미만)	표면처리	3.00	1.13	m	299	338	3순위
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	1.50	2.25	m	103	232	2순위
	백태	표면처리	0.10	0.15	m²	299	45	3순위
	보수부 백태	표면처리	0.04	0.06	m²	299	18	3순위
	파손	단면보수	0.03	0.05	m²	1,152	58	2순위
	덜뜸	단면보수	0.04	0.06	m²	1,152	69	2순위
공동구	균열(0.3㎜미만)	표면처리	9.30	3.49	m	299	1,044	3순위
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	106.20	159.30	m	103	16,408	2순위
	덜뜸	단면보수	0.85	1.28	m²	1,152	1,475	2순위
	충분리	단면보수	8.80	13.20	m²	1,152	15,206	2순위
	박리	단면보수	0.09	0.14	m²	1,152	161	2순위
	파손	단면보수	0.54	0.81	m²	1,152	933	2순위
	철근부식	단면보수(양청)	0.08	0.12	m²	1,336	160	2순위
	덮개 파손	정비(재설치)	105.00	105.00	EA	30	3,150	3순위
	덮개 균열	정비(재설치)	16.00	16.00	EA	30	480	3순위
배수시설	배수구 토사퇴적	정비(청소)	1.02	1.53	m²	40	61	3순위
	배수구 막힘	정비(청소)	3.00	3.00	EA	40	120	3순위
포장부	포장 파손	단면보수	0.16	0.24	m²	1,152	276	3순위
	토사퇴적	정비(청소)	148.82	223.23	m²	7	1,563	3순위
사면	표층붕괴	개비온옹벽	50.00	75.00	m³	300	22,500	2순위
	배수로 토사퇴적 및 식생	정비(청소)	38.00	57.00	m²	7	399	3순위
	배수로 파손	단면보수	1.00	1.50	m²	1,152	1,728	3순위
	수목전도	정비	1.00	1.00	EA	40	40	3순위
옹벽	균열(cw=0.3㎜미만)	표면처리	32.90	12.34	m	299	3,690	3순위
	균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	11.10	16.65	m	103	1,715	3순위
	백태	표면처리	0.40	0.60	m²	299	179	3순위
부속시설	소화기 표시등 불량	정비	2.00	2.00	EA	200	400	3순위
	소화기 표시등 탈락	정비	1.00	1.00	EA	200	200	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	-		57,202		15,446		
	재경비 (순공사비의 50%)	-		28,601		7,723		
	합계	-		85,803		23,169		
개략공사비 총계(천원)		108,972						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

주3) 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건 상 변동될 수 있음.

나. 성능을 고려한 보수 우선순위

구분		손상 물량 (㎡)	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
						손상 내용	부재 위치	성 능	등 급	손 상	부 재	성 능	등 급		
철 근	정비 등	—	—	—	—	배수상태	터널주변	안전 성능	b	1.00	0.06	0.72	0.11	0.00475	6
	정비 등	—	—	—	—	공동구상태	터널주변	안전 성능	b	1.00	0.02	0.72	0.11	0.00158	11
무 근	표면처리	3.00	1.13	299	336	균열 (0.3mm미만)	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.16	0.72	0.11	0.01267	1
	주입보수	1.50	2.25	299	673	균열 (0.3mm이상)	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.16	0.72	0.11	0.01267	1
	단면보수	0.03	0.05	1,152	52	파손	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.09	0.72	0.11	0.00713	3
	단면보수	0.04	0.06	1,152	69	들뜸	라이닝	안전 성능	c	1.00	0.05	0.72	0.20	0.00720	2
	정비 등	—	—	—	—	배수상태	터널주변	안전 성능	b	1.00	0.07	0.72	0.11	0.00554	5
	정비 등	—	—	—	—	공동구상태	터널주변	안전 성능	b	1.00	0.03	0.72	0.11	0.00238	10
—	—	—	—	—	—	염화물	갱문	내구 성능	a	1.00	0.30	0.18	0.05	0.00270	9
	—	—	—	—	—	탄산화	갱문	내구 성능	a	1.00	0.30	0.18	0.05	0.00270	9
	—	—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	라이닝	내구 성능	a	1.00	0.70	0.18	0.05	0.00630	4
	—	—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	라이닝	내구 성능	a	1.00	0.30	0.18	0.05	0.00270	9
	—	—	—	—	—	포장상태	—	사용 성능	c	1.00	0.18	0.10	0.20	0.00364	8
	—	—	—	—	—	터널내환경	—	사용 성능	b	1.00	0.14	0.10	0.11	0.00153	12
	—	—	—	—	—	방재 시설	—	사용 성능	c	1.00	0.19	0.10	0.20	0.00374	7
	—	—	—	—	—	비상대피 시간	—	사용 성능	a	1.00	0.18	0.10	0.05	0.00092	13
	—	—	—	—	—	기계/전기 설비	—	사용 성능	b	1.00	0.14	0.10	0.11	0.00158	11
	—	—	—	—	—	통행량	—	사용 성능	a	1.00	0.16	0.10	0.05	0.00082	14

다. 유지관리 전략 제안

해당 터널은 종합성능평가 결과가 A등급(0.138)으로, 성능목표인 B등급($0.23 \leq X < 0.30$)을 상회하여 만족된 것으로 평가되었다. 터널의 내구연한 증진을 위하여 경제성을 고려한 우선순위를 대상으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

2.8 종합결론

- 오천터널(하)는 약 21년의 공용기간이 경과한 터널시설물로 외관조사결과 국부적으로 손상이 발생한 것으로 조사되었으나 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으며, 금회 안전성능 평가 “A등급”, 내구성능 평가 “A등급”, 사용성능 평가 “B등급”으로 평가되어 종합성능평가 등급이 “A등급”으로 산정되었다.
- 성능평가지수가 20년 2종성능평가 0.183(B등급) $\Rightarrow$ 25년 2종성능평가 0.138(A등급)으로 등급이 상향된 것으로 분석되었다. 등급이 상향된 주요 원인으로는 내구성능평가 결과 변동(염화물 침투량 등급 : $c \rightarrow a$)으로 측정위치에 의한 결과값의 차이로 판단된다.
- 종합성능평가를 실시한 결과, A등급(0.138)으로 평가되어 성능목표 등급인 B등급(결함도 범위 : $0.23 \leq X < 0.30$)을 상회한 상태이므로 성능을 고려한 보수 우선순위 정보를 활용하여 예산범위 내에서 적절한 보수공사가 지속적으로 시행된다면 성능목표 상태의 시설물 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.
- 내구성의 현저한 저하 또는 구조적 안전성에 문제가 될 만한 사항은 발생되지 않은 상태로서 시설물의 사용제한은 필요치 않은 것으로 검토되었다.

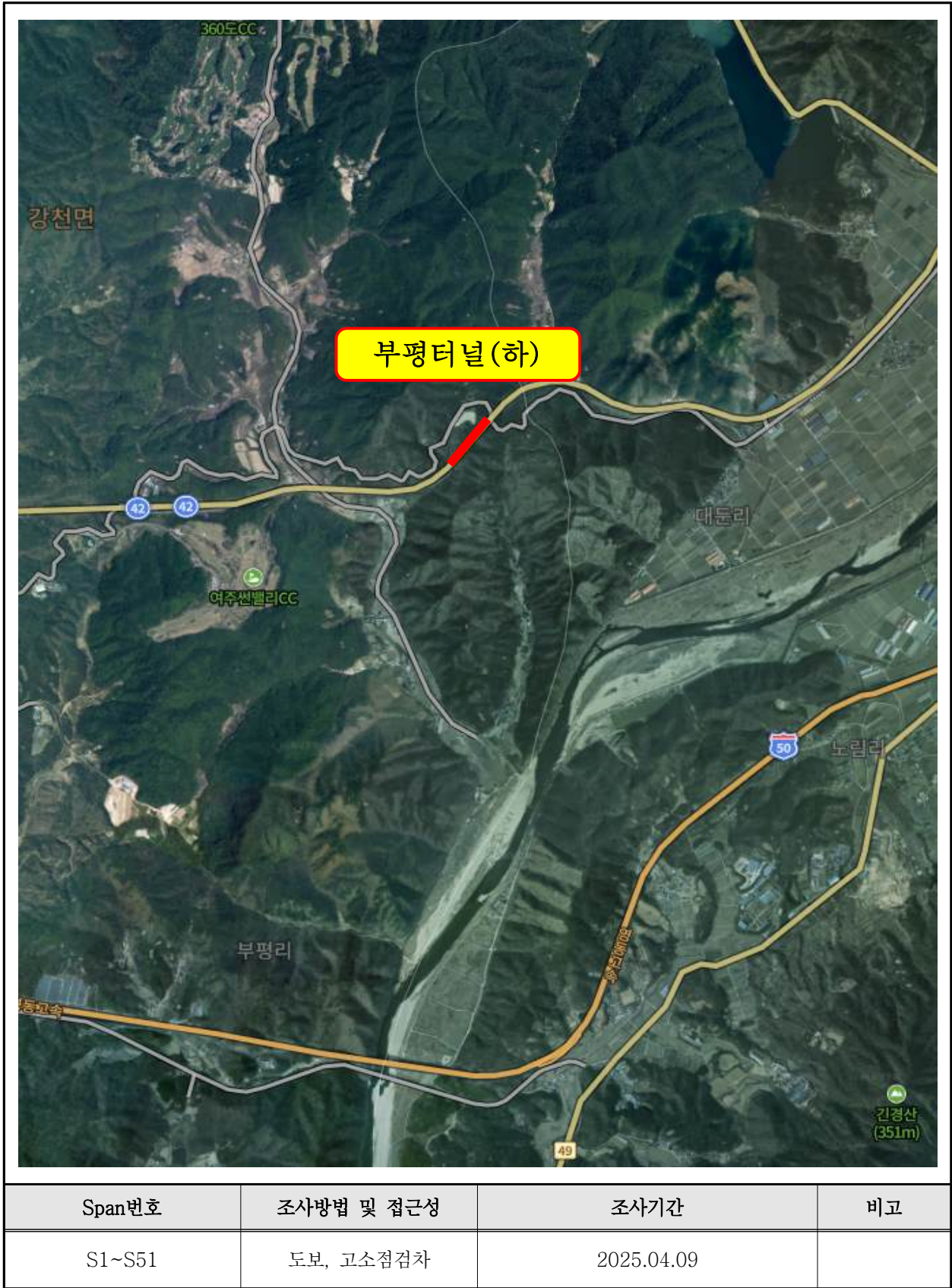
3. 부평터널(하)

3.1 시설물 개요

3.1.1 시설물 일반사항

시설물명	부평터널(하)	시설물번호	TU1999-0000064
노 선 명	일반국도42호선	관리번호	-
위 치	경기도 여주시 강천면 부평리 454-3		
터널형식	NATM	관리주체	수원국토관리사무소
차 선 수	편도 2차선	환기방식	자연환기-배기
연 장	446.0m	설 계 사	한국해외기술공사
내공단면	폭 : 9.3m	시 공 사	극동건설(주)
배수형식	측면배수, 자연배수	감 리 사	-
종단기울기	-	착 공	1994년 12월 20일
평균선형	-	준 공	1999년 12월 31일
연결통로	-	개문형식	면벽식
주요공법	NATM	보조공법	-
			
개문 전경		내부 전경	

3.1.2 위치도 및 전경시설





진입부 전경



진출부 전경



내부 전경



소화시설 전경

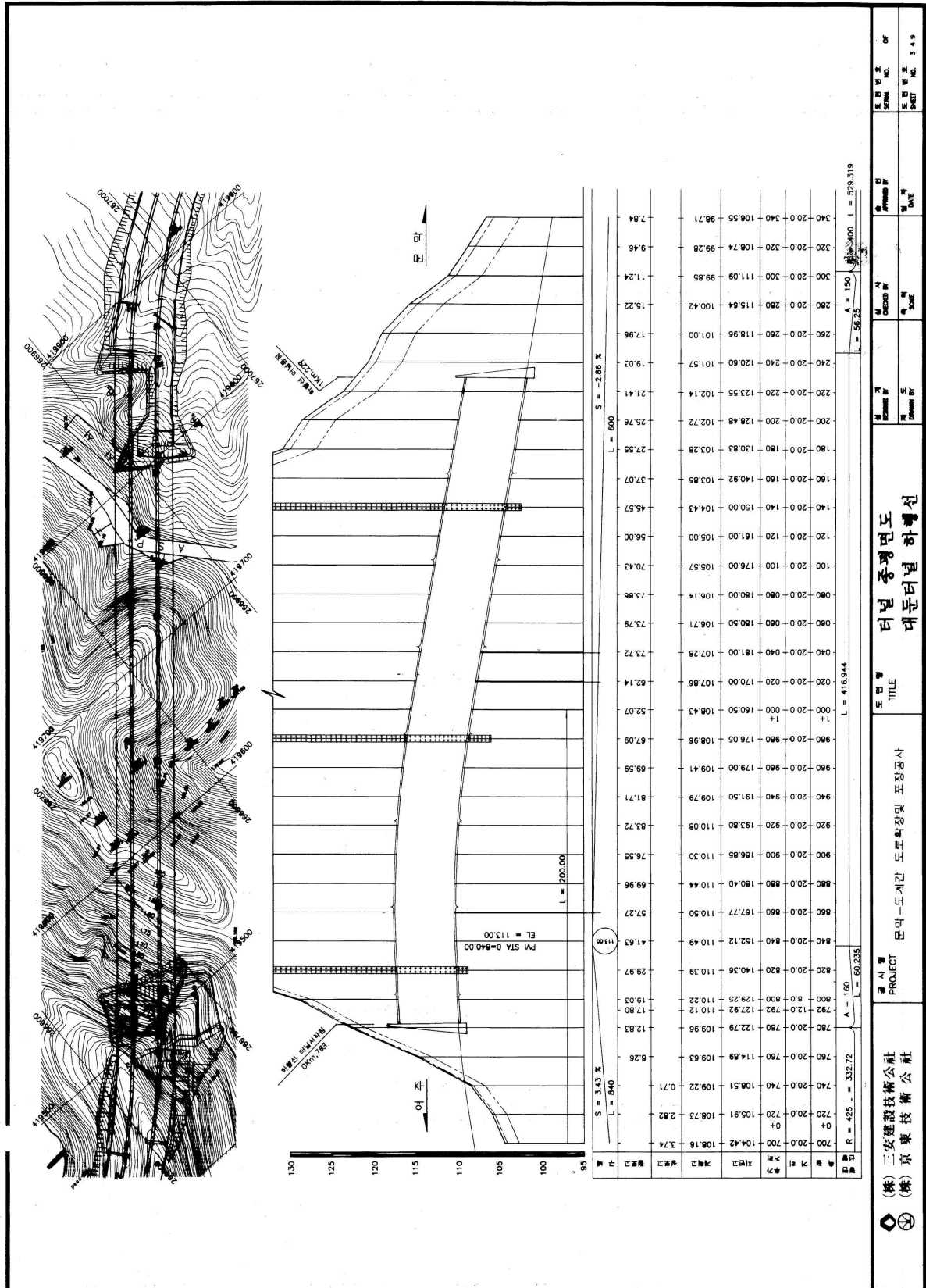


옹벽, 사면부 전경



옹벽, 사면부 전경

3.1.3 시설물 일반도



3.2 내구성조사 결과

시험명	시험부위		시험 결과		검토 의견
비파괴 강도 (MPa)	반발경도 라이닝 (설계기준 : 24MPa)		29.1	~ 30.3	측정결과, 설계기준강도를 100% 상회하는 것으로 확인됨.
탄산화 깊이 (mm)	라이닝 (갱문부 및 갱구부)	진행깊이 (mm)	6.0	~ 12.0	실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 30mm 이상으로 측정되어 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 없는 'a' 등급으로 평가됨
		잔여깊이 (mm)	35.0	~ 51.5	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	라이닝 (갱문부 및 갱구부)		0.005	~ 0.014	'a' 등급으로 평가되어 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨

3.3 안전성능평가

3.3.1 상태안전성능 평가 결과

시설물명	기본시설물 결함지수(F)	부대시설물 가중치(W)	결함지수(F)	상태안전성능 등급
부평터널(하)	0.060	1.00	0.060	A

3.3.2 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과산정 표				
시설물명	부평터널(하)		표번호	【표 3.5.16】
부재구분	안전율(SF)	평가결과	비고	
콘크리트라이닝 전단응력	1.64	a		
콘크리트라이닝 압축응력	3.03	a		
구조안전성능평가 결과	◦ 최저 안전성능평가 결과 = A, 결함지수 = 0.14			

3.3.3 안전성능 평가 결과

시설물 안전성평가 결과 산정표				
시설물명	부평터널(하)		표번호	【표 3.5.17】
평가구분	결합지수	평가결과	비고	
상태안전성능 평가	0.060	A	근거 표	【표 3.5.11】
구조안전성능 평가	0.14	A	근거 표	【표 3.5.16】
안전성평가 결과	■ 안전성능평가 결과 = A ■ 안전성능 평가지수(ps) = 0.14			

3.4 내구성능 평가

3.4.1 콘크리트 내구성능 평가 결과

세부 부재명 (가중치, %)		항목별 평가결과					
부재명	가중치	염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트 의 품질	부재평가결과		가중치 적용
					등급	지수	
라이닝	70 / 60	—	—	a	a	0.08	0.06
갯문	30 / 30	b	a	a	a	0.23	0.07
환기구 콘크리트	— / 10	—	—	—	—	—	0.00
		결합도지수	0.13				
		등급	A				

3.4.2 열화환경지표 평가 결과

열화환경지표		평가등급
제설제 염해환경		A
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A
동해환경		B

3.5 사용성능 평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	주행성	포장상태	0.182	a	5
		터널내 휘도	0.139	c	3
	방재성	방재시설	0.187	b	4
		비상대피시간	0.184	a	5
기능성	유지관리성	기계/전기설비	0.144	b	4
	수요 및 용량	교통량	0.164	a	5
				결합도점수	4.391
				등급	B

3.6 종합성능 평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표					
시설물명	부평터널(하)			표번호	【표 3.8.1】
평가구분	평가지수	평가결과	성능간 가중치(W_n)	비 고	
안전성능 평가	0.14	a	0.72	근거 표번호	【표 3.5.11】
내구성능 평가	0.13	a	0.18	근거 표번호	【표 3.6.12】
사용성능 평가	0.23	b	0.10	근거 표번호	【표 3.7.10】
종합평가 결과	- 터널의 종합 성능평가지수(P) $= \sum \text{평가지수}(p_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n)$ $= 0.14 \times 0.72 + 0.13 \times 0.18 + 0.23 \times 0.10 = 0.147$ - 터널의 종합 성능평가지수(P) : 0.147 - 터널의 종합평가결과 : A				

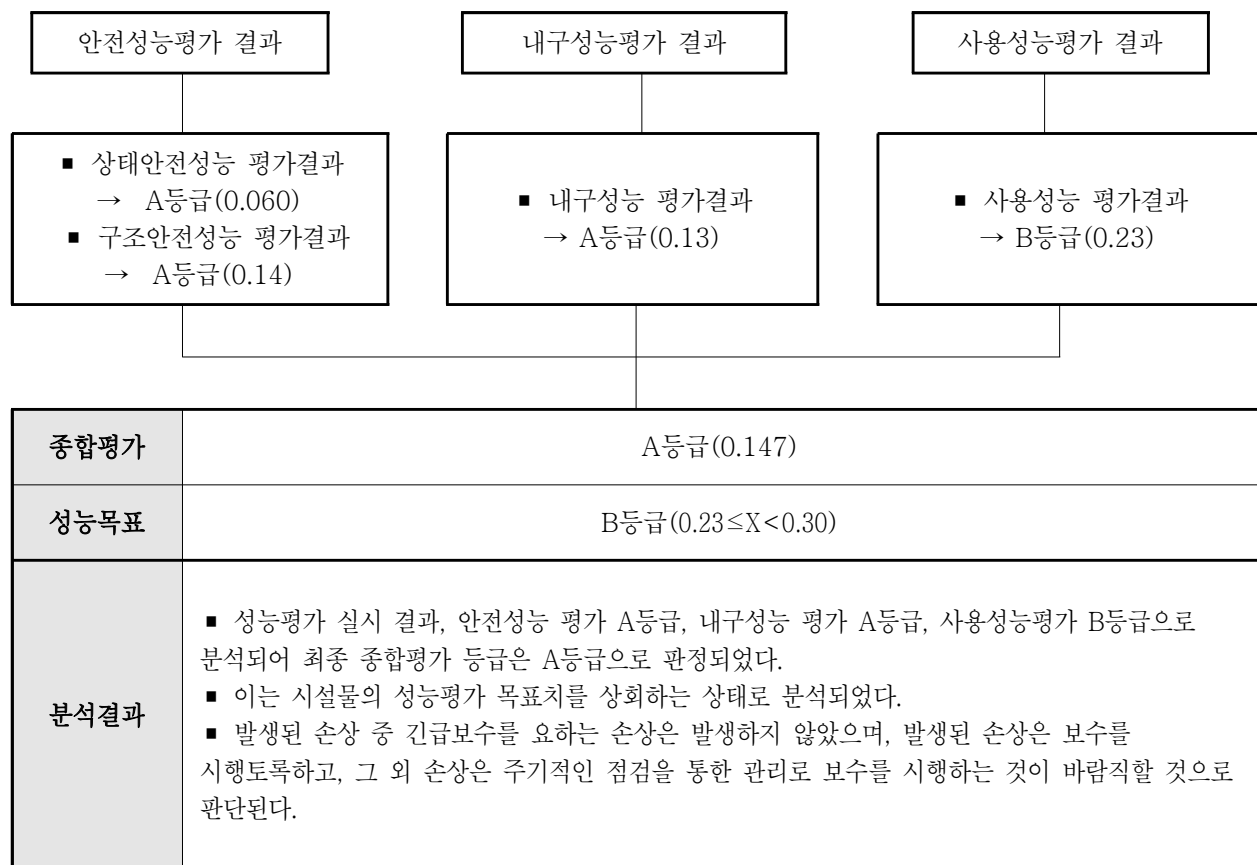
3.7 유지관리 전략제안

3.7.1 성능목표 설정

본 시설물의 성능목표는 관련 법규에 의거 “상B($0.15 \leq X < 0.23$)” 으로 설정하였다.

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리 (3)	강설일수 (4)		
평가등급	하B	C	C	C	A	C
평가점수	0.27	0.43	0.43	0.43	0.08	0.43
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표	= 0.27×0.8 + [{0.43+0.43+0.43}/3]×0.1 + 0.08×0.08 + 0.43×0.02 = 0.274(하B)					

3.7.2 성능평가 실시결과 검토 · 분석



3.7.2 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 보수 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
천장부	균열(0.3㎜미만)	표면처리	23.40	8.78	m	299	2,625	3순위
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	12.00	18.00	m	103	1,854	2순위
	보수부 재균열(0.3㎜미만)	표면처리	34.50	12.94	㎡	299	3,869	3순위
	보수부 재균열(0.3㎜이상)	주입보수	81.50	122.25	㎡	103	12,592	2순위
	들뜸	단면보수	0.08	0.12	㎡	1,152	138	2순위
	박락	단면보수	0.07	0.11	㎡	1,152	127	2순위
공동구	들뜸	단면보수	50.45	75.68	㎡	1,152	87,183	2순위
	박락 및 철근노출	단면보수(방청)	0.64	0.96	㎡	1,336	1,283	2순위
	덮개 파손	정비(재설치)	11.00	16.50	EA	30	495	3순위
배수 시설	배수구 토사퇴적	정비(청소)	459.00	688.50	m	8	5,508	3순위
	배수로 덮개 파손	정비(재설치)	6.00	9.00	EA	30	270	3순위
포장부	포장 파손	단면보수	8.10	12.15	㎡	1,152	13,997	3순위
	포장 앵커 돌출	정비(제거)	43.00	64.50	EA	20	1,290	3순위
사면	배수로 균열	주입보수	4.00	4.00	m	103	412	3순위
	배수로 파손	단면보수	3.40	3.40	㎡	1,152	3,917	3순위
	배수로 철근노출	단면보수(방청)	0.05	0.08	㎡	1,336	107	3순위
	배수로 이물질퇴적	정비(청소)	60.00	60.00	m	7	420	3순위
	낙석 위험	낙석방지망	1.00	12.00	㎡	100	1,200	3순위
	낙석방지망 파손	낙석방지망	8.00					
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	-		104,377		34,110		
	재경비 (순공사비의 50%)	-		52,189		17,055		
	합계	-		156,566		51,165		
개략공사비 총계(천원)		205,931						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

주3) 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건 상 변동될 수 있음.

나. 성능을 고려한 보수 우선순위

구분		손상 물량 (㎡)	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
						손상 내용	부재 위치	성 능	등 급	손 상	부 재	성 능	등 급		
철 근	표면처리	1.00	0.38	299	112	균열 (0.3mm미만)	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.16	0.72	0.11	0.01267	5
	정비 등	—	—	—	—	배수상태	터널주변	안전 성능	b	1.00	0.06	0.72	0.11	0.00475	13
	정비 등	—	—	—	—	공동구상태	터널주변	안전 성능	b	1.00	0.02	0.72	0.11	0.00158	16
무 근	표면처리	22.40	8.40	299	2,512	균열 (0.3mm미만)	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.16	0.72	0.11	0.01267	5
	주입보수	1.50	2.25	103	232	균열 (0.3mm이상)	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.16	0.72	0.11	0.01267	5
	표면처리	0.03	0.01	299	3	보수재료 (0.3mm미만)	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.16	0.72	0.11	0.01267	5
	주입보수	0.04	0.06	103	6	보수재료 (0.3mm이상)	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.16	0.72	0.11	0.01267	5
	단면보수	0.03	0.05	1,152	52	들뜸	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.05	0.72	0.11	0.00396	14
	단면보수	0.03	0.05	1,152	52	박락	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.05	0.72	0.11	0.00396	14
	단면보수	0.04	0.06	1,152	69	파손	라이닝	안전 성능	b	1.00	0.09	0.72	0.11	0.00713	9
	정비 등	—	—	—	—	배수상태	터널주변	안전 성능	b	1.00	0.07	0.72	0.11	0.00554	12
	정비 등	—	—	—	—	공동구상태	터널주변	안전 성능	b	1.00	0.03	0.72	0.11	0.00238	15
	—	—	—	—	—	염화물	갱문	내구 성능	a	1.00	0.30	0.72	0.05	0.0108	4
—	—	—	—	—	탄산화	갱문	내구 성능	a	1.00	0.30	0.72	0.05	0.01080	8	
—	—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	라이닝	내구 성능	a	1.00	0.70	0.72	0.05	0.02520	3	
—	—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	라이닝	내구 성능	a	1.00	0.30	0.72	0.05	0.01080	8	
—	—	—	—	—	포장상태	—	사용 성능	c	1.00	0.18	0.72	0.20	0.02621	2	
—	—	—	—	—	터널내환경	—	사용 성능	b	1.00	0.14	0.72	0.11	0.01101	7	
—	—	—	—	—	방재 시설	—	사용 성능	c	1.00	0.19	0.72	0.20	0.02693	1	
—	—	—	—	—	비상대피 시간	—	사용 성능	a	1.00	0.18	0.72	0.05	0.00662	10	
—	—	—	—	—	기계/전기 설비	—	사용 성능	b	1.00	0.14	0.72	0.11	0.01140	6	
—	—	—	—	—	통행량	—	사용 성능	a	1.00	0.16	0.72	0.05	0.00590	11	

다. 유지관리 전략 제안

해당 터널은 종합성능평가 결과가 A등급(0.147)으로, 성능목표인 B등급($0.23 \leq X < 0.30$)을 상회하여 만족된 것으로 평가되었다. 터널의 내구연한 증진을 위하여 경제성을 고려한 우선순위를 대상으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

3.8 종합결론

- 부평터널(하)는 약 26년의 공용기간이 경과한 터널시설물로 외관조사결과 국부적으로 손상이 발생한 것으로 조사되었으나 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으며, 금회 안전성능 평가 “A등급”, 내구성능 평가 “A등급”, 사용성능 평가 “B등급”으로 평가되어 종합성능평가 등급이 “A등급”으로 산정되었다.
- 성능평가지수가 20년 2종성능평가 0.178(B등급) $\Rightarrow$ 25년 2종성능평가 0.147(A등급)으로 등급이 상향된 것으로 분석되었다. 등급이 상향된 주요 원인으로는 안전성능평가 결과(b $\rightarrow$ a등급), 내구성능평가 결과(b $\rightarrow$ a등급) 변동에 의한 것으로 측정위치에 따른 염화물 침투량 결과값 상이, 손상물량 보수 등이 원인이다.
- 종합성능평가를 실시한 결과, A등급(0.147)으로 평가되어 성능목표 등급인 B등급(결합도 범위 : $0.23 \leq X < 0.30$)을 상회한 상태이므로 성능을 고려한 보수 우선순위 정보를 활용하여 예산범위 내에서 적절한 보수공사가 지속적으로 시행된다면 성능목표 상태의 시설물 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.
- 내구성의 현저한 저하 또는 구조적 안전성에 문제가 될 만한 사항은 발생되지 않은 상태로서 시설물의 사용제한은 필요치 않은 것으로 검토되었다.

