

제8장 시설물의 유지관리 전략제안

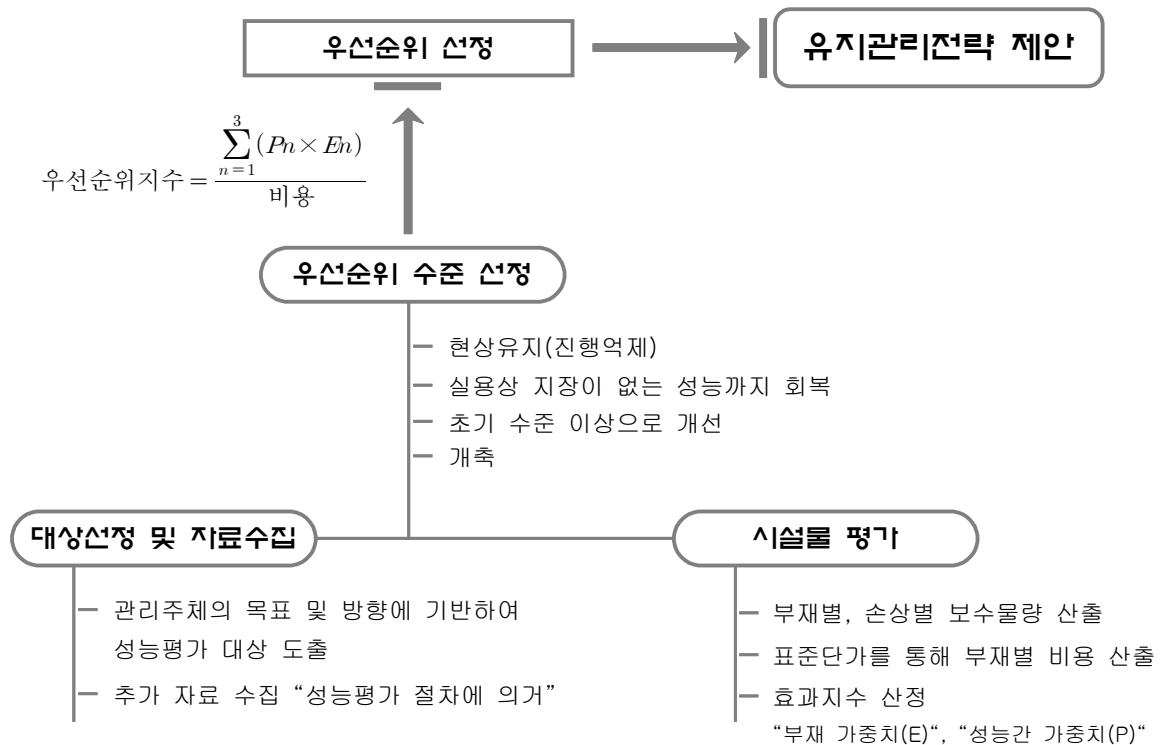


- 8.1 개요
- 8.2 성능목표 및 성능평가 실시결과 검토·분석
- 8.3 보수·보강 방법
- 8.4 유지관리 요령, 대책
- 8.5 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략

제8장 시설물의 유지관리 전략제안

8.1 개요

현재 시설물의 예산 배정 방식은 대부분 시설물 손상 및 결함만으로 결정되며, 관리주체의 주관적 요소가 지배적 결정 요인으로 작용되는 경우가 많다. 또한, 시설물 관리부서의 보수보강예산은 한정되어 있기 때문에 모든 결함을 적기에 보수하기에는 충분치 못한 실정이다. 이와 같이 유지관리 전략 제안에 포함된 모든 조치를 시행하기가 현실적으로 어려울 경우 가용 자원 규모 내에서 가장 효과적인 유지관리 방안을 우선적으로 선정해야 한다. 유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능, 사용성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.



【그림 8-1】 유지관리 전략 제안 흐름도

8.1.1 우선순위 산정 방법

가. 대상선정 및 자료수집

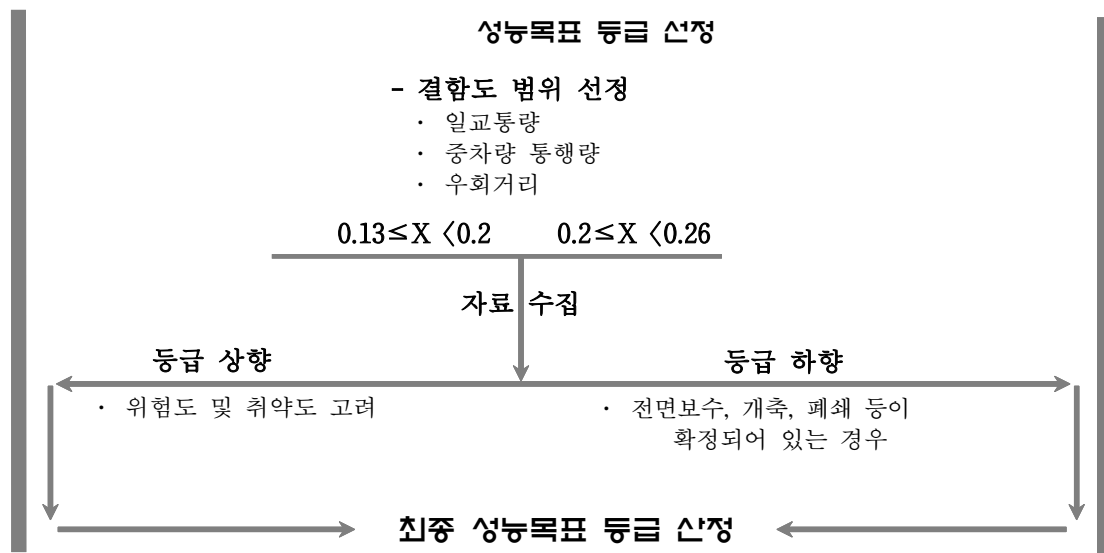
대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 설정한다.

【표 8-1】 도로교량의 성능목표 등급 선정 기준

구분	조건	
일교통량	구간당 일반국도: 10,000대 이상, 고속국도: 20,000대 이상	
중차량 통행량	차선당 일반국도: 1,000대 이상, 고속국도: 2,000대 이상	
대상교량의 차단 시 우회거리	5km 이상	
성능목표 등급	모든 조건이 해당되는 경우 B (결합도 범위 : $0.13 \leq X < 0.2$)	나머지의 경우 B (결합도 범위 : $0.2 \leq X < 0.26$)

※ 일교통량 자료가 없는 경우에는 인접지점의 자료에 근거하여 관리자가 선정할 수 있도록 함

일교통량, 중차량 통행량, 우회거리에 따라 성능목표 등급을 두 단계의 결합도 범위 $0.13 \leq X < 0.2$ 또는 $0.2 \leq X < 0.26$ 의 B등급으로 선정하게 되어 있으나, 교량의 중요도나 향후 전면적인 보수, 개축 등에 따라 관리자가 성능목표 등급을 조정할 수 있다.



【그림 8-2】 성능목표 등급 산정 흐름도

나. 시설물 평가

보수물량 및 개략공사비(손상별, 부재별) 산출 후 유지관리 전략 제안의 우선순위 지수를 산정하기 위한 세부지침 상 성능간 가중치는 다음과 같다.

【표 8-2】 안전성능 가중치(E1)

구분		일반교량 가중치	특수교량 가중치
상부구조 (공통)	바닥판	20.4	8.2
	거더	24.7	11.1
	아치리브·트러스	0.0	12.3
	2차부재	5.3	2.3
교면포장		3.5	3.3
배수시설		2.7	2.5
보호시설		1.8	1.6
신축이음		6.2	5.8
받침		13.3	10.3
교대, 교각		22.1	26.1
케이블, 텐던		-	16.5

【표 8-3】 내구성능 가중치(E2)

구분	일반교량 가중치	특수교량 가중치
바닥판	36.2	8.1
거더	27.5	28.8
2차부재	3.4	4.4
주탑	-	31.2
교대/교각	32.9	27.5

【표 8-4】 사용성능 가중치(E3)

구분	가중치	구분	가중치
노면 평탄성(포장상태, 승차감)	29.7	유지관리성(점검시설)	15.6
교량조명	14.5	평균속도	13.4
진동 사용성	26.8	-	-

【표 8-5】 성능간 가중치(P)

구분	안전성능(P1)	내구성능(P2)	사용성능(P3)
일반국도	68	21	11
고속국도	68	19	13

해당 시설물의 조건에 따른 성능간 가중치 산정 후 보수·보강 공법별 영향도를 고려하여 가중치를 산정한다. 여기서, 영향도란 보수·보강 공법이 각 부재 별 성능지표(안전성능, 내구성능, 사용성능)에 미치는 영향을 의미한다. 해당 공법이 지표항목과 직접적으로 영향을 미치는 경우 기본적으로 영향도는 100%를 적용하며, 간접적으로 판단되는 경우 책임기술자의 종합적 판단에 관리주체와 협의하여 하향 조정할 수 있다. 단, 이와 같은 경우에는 전문가의 소견을 종합한 책임기술자의 판단 근거를 제시하여야 한다.

다. 우선순위 산정방법

유지관리 전략 제안의 우선순위 지수를 산정방법에 대한 세부지침 상 예시는 다음과 같다.

【표 8-6】 우선순위 산정방법 예시

구분	손상 물량 (㎡)	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 cost (천원)	부재가중치			성능별(EI)			합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E1)	내구 성능 (E2)	사용 성능 (E3)	안전 성능 E1×P1	내구 성능 E2×P2	사용 성능 E3×P3			
조치1	100	150	10	1,500	20%	40%	50%	0.136	0.084	0.055	0.275	0.000183	2
조치2	10	15	20	300	30%	60%	-	0.204	0.126	-	0.33	0.0011	1
조치3	50	75	30	2,250	20%	-	30%	0.136	-	0.033	0.169	0.000075	3
조치4	60	90	40	3,600	20%	-	20%	0.136	-	0.022	0.158	0.000044	4
조치5	70	105	20	2,100	10%	-	-	0.068	-	-	0.068	0.000032	5

※ 각 조치별로 안전성능, 내구성능, 사용성능 중 어떠한 조치를 높일 수 있는지 여부를 책임기술자가 판단함

※ 예를 들어, 조치1은 안전, 내구, 사용성능을 다 높일 수 있는 공법으로 책임기술자가 판단하였으며, 시설물 별 제시된 가중치에 영향도를 고려하여 E1, E2, E3를 산정

$$\text{우선순위지수} = \frac{\sum_{n=1}^3 (P_n \times E_n)}{\text{비용}}$$

8.1.2 유지관리전략 제안

우선순위지수를 통해 산정된 보수·보강 우선순위를 통해 유지관리 전략을 제안하며, 안전성능, 내구성능, 사용성능에 심각한 영향을 미치는 중대한 결함의 경우는 본 우선순위 기준과 상관없이 즉각적으로 보수·보강하는 것으로 한다.

8.2 성능목표 및 성능평가 실시결과 검토·분석

8.2.1 성능목표 산정

성능목표 산정은 “8.1.1 우선순위 산정 방법”에서 기술한 바와 같이 해당 시설물의

- 일교통량

- 중차량 통행량

- 우회거리를 각각 평가하여 분석 결과 성능목표는 B(결합도 범위: $0.2 \leq X < 0.26$)로 산정하였다.

가. 일교통량, 중차량 통행량

일교통량 및 중차량 통행량은 “교통량정보제공 시스템” 자료 중 해당 시설물의 이점인 “국도 32호선 중 공주시~반포면”에 해당되는 2019년 자료를 활용하여 분석하였다.

해당 시설물은 일반국도에 해당되며, 분석결과 지침 상 조건에 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

【표 8-7】 교통량정보제공 시스템 통계자료

구분	승용차	버스	소형화물	중형화물	대형화물
일교통량(EA)	18,146	351	2,942	364	27

- 구간당 일교통량 계 : $18,146 + 351 + 2,942 + 364 + 27 = 21,830$

- 중차량 통행량 계 : $2,942 + 364 + 27 = 3,333$

- 차선 수 : 4차로

- 차선 당 중차량 통행량 : $3,333/4 = 834$

【표 8-8】 교통량 분석결과

구분	지침 상 조건	수집 결과	분석
일교통량(구간 당)	10,000EA ≤	18,146EA	만족
중차량 통행량(차선 당)	1,000EA ≥	364EA	불만족

나. 차단 시 우회거리

해당 시설물은 파주시에 위치한 시설물로서, 차단 시 우회거리는 본 시설물에서 우회로까지의 실측거리를 활용하여 분석하였으며, 분석결과 지침 상 조건에 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

【표 8-9】 이점 수집 결과

구분	장암교
실측거리	829.0m

- 장암교~우회로(km) : 829.0m

【표 8-10】 우회거리 분석 결과

구분	지침 상 조건	수집 결과	분석
차단 시 우회거리	5.00km ≥	829.0m	불만족

다. 성능목표 등급 산정결과

해당시설물의 성능목표 등급 산정결과 중차량 차선당 통행량과 차단 시 우회거리가 세부지침 상 일반국도 조건에 만족하지 못하여 B등급, 결함도 범위: $0.2 \leq X < 0.26$ 로 산정되었으며, 자료수집 결과 등급조정 또한 없는 것으로 분석되었다.

【표 8-11】 성능목표 등급 산정결과

구분	지침 상 조건	수집 결과	분석
일교통량(구간 당)	10,000EA ≤	18,146EA	만족
중차량 통행량(차선 당)	1,000EA ≥	364EA	불만족
차단 시 우회거리	5.00km ≥	829.0m	불만족
등급 산정 결과			
성능목표 등급	모든 조건이 해당되는 경우 B (결함도 범위 : $0.13 \leq X < 0.2$)	나머지의 경우 B (결함도 범위 : $0.2 \leq X < 0.26$)	

8.2.2 성능평가 실시결과 검토·분석

금회 실시한 성능평가 검토·분석 결과는 다음과 같다.

【표 8-12】 교량 종합성능등급 결과 산정

시설물 종합성능등급 결과 산정표			
구 분	일반국도 교량 --- 장암교		
	성능별 결함도 점수	평가등급	성능 간 가중치
안전성능 평가	0.232	B	0.68
내구성능 평가	0.661	D	0.21
사용성능 평가	0.204	B	0.11
종합평가 결과	$0.232 \times 0.68 + 0.661 \times 0.21 + 0.204 \times 0.11 = 0.319$ --- C		
시설물의 상태	광범위한 부재에서 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 일부 문제점이 있으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준		

【표 8-13】 교량 종합성능등급 지정

종합성능등급 C			금회 실시한 성능평가의 분석결과, 해당 시설물의 성능목표인 B등급, 결함도 범위: $0.2 \leq X < 0.26$ 에 부합하지 않으나, 우선순위 산정결과에 따른 순차적인 보수를 시행한다면 성능목표에 도달 가능한 수준임.
안전 B	내구 D	사용 B	

8.3 보수·보강 방법

8.3.1 보수물량 및 개략공사비

해당시설물의 보수물량 및 개략공사비는 “장암교 정밀안전점검 용역 보고서”를 참고하여 손상별, 부재별로 산출하였다.

가. 보수물량 및 개략공사비(손상별 구분)

손상별로 산출한 보수물량 및 개략공사비는 다음과 같다.

【표 8-14】 보수물량 및 개략공사비(손상별 구분)

구분	손상명	보수·보강 방안	손상 물량	단위	보수수량 (20%할증)	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	비고
교면포장	아스팔트 균열	전면 재 포장 (방수층 포함)	33.5	m	5180.00	㎡	70	362,600	
	아스팔트 망상균열		2008.9	㎡					
	포트홀		0.96	㎡					
	아스팔트 패임		0.05	㎡					
	아스팔트 패임/마모		12.50	㎡					
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	균열표면보수	20.0	m	24.0	m	60	1,440	
	균열(0.3mm이상)	주입보수	9.5	m	11.4	m	70	798	
	균열/백태(0.3mm미만)	균열표면보수	5.2	m	6.2	m	60	372	
	망상균열	표면보수	22.60	㎡	27.12	㎡	70	1,898	
	측면 망상균열	표면보수	165.18	㎡	168.00	㎡	70	11,760	
	파손/철근노출	단면(방청)보수	0.05	㎡	0.06	㎡	360	22	
	교명주 기초 파손	단면보수	0.20	m	0.24	m	300	72	
신축 이음	유간토사 퇴적	청소	6.5	m	7.80	m	20	156	
	신축하부 누수	유도배수로 설치	0.4	m	43.0	m	90	3,870	
	차수판 탈락	차수판 재 설치	1	EA	1	EA	500	500	
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	균열표면보수	22.3	m	26.8	m	60	1,608	
	망상균열	표면보수	5.0	㎡	6.00	㎡	70	420	
	박락	단면보수	0.01	㎡	0.01	㎡	300	3	
	재료분리	단면보수	0.06	㎡	0.07	㎡	300	21	
	철근노출	단면(방청)보수	0.02	㎡	0.02	㎡	360	7	

【표 8-15】 보수물량 및 개략공사비(손상별 구분)(계속)

구분	손상명	보수·보강 방안	손상 물량	단위	보수수량 (20%할증)	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	비고
교대	균열(0.3mm미만)	균열표면보수	5.7	m	6.8	m	60	408	
	균열/백태(0.3mm미만)	균열표면보수	4.6	m	5.5	m	60	330	
	망상균열	표면보수	2.00	m ²	2.40	m ²	70	168	
	박리/박락	단면보수	0.23	m ²	0.28	m ²	300	84	
	백태	표면보수	0.99	m ²	1.19	m ²	70	83	
	철근노출	단면(방청)보수	0.06	m ²	0.07	m ²	360	25	
	보수부 들뜸	단면보수	0.18	m ²	0.22	m ²	300	66	
	이물질/폐콘크리트/ 토사퇴적	청소	10.61	m ²	12.73	m ²	20	255	

※ 1. 보수시 시공성 및 효율성을 고려하여 보수물량은 손상물량에 20%를 할증 후 소수점 2자리 이하는 절삭하였음.
(야간할증 미적용)

2. 개략공사비는 현장 여건에 따라 증감이 될 수 있음.

3. 단면보수(t=30mm), 단면(방청)보수(t=50mm) 금액으로 산정하여 계산하였음.

4. 전면 재 포장 면적 산정 ---> 18.5m(도로폭) x 280.0m(총 연장) = 5180.00m²

5. 유도배수관 길이 산정 - ---> 19.5m(교폭) + 2.0m(여유량) x 2(A1, A2) = 43.0m

나. 개략공사비(부재별)

손상별로 산출한 개략공사비를 다음과 같이 부재별로 정리하였다.

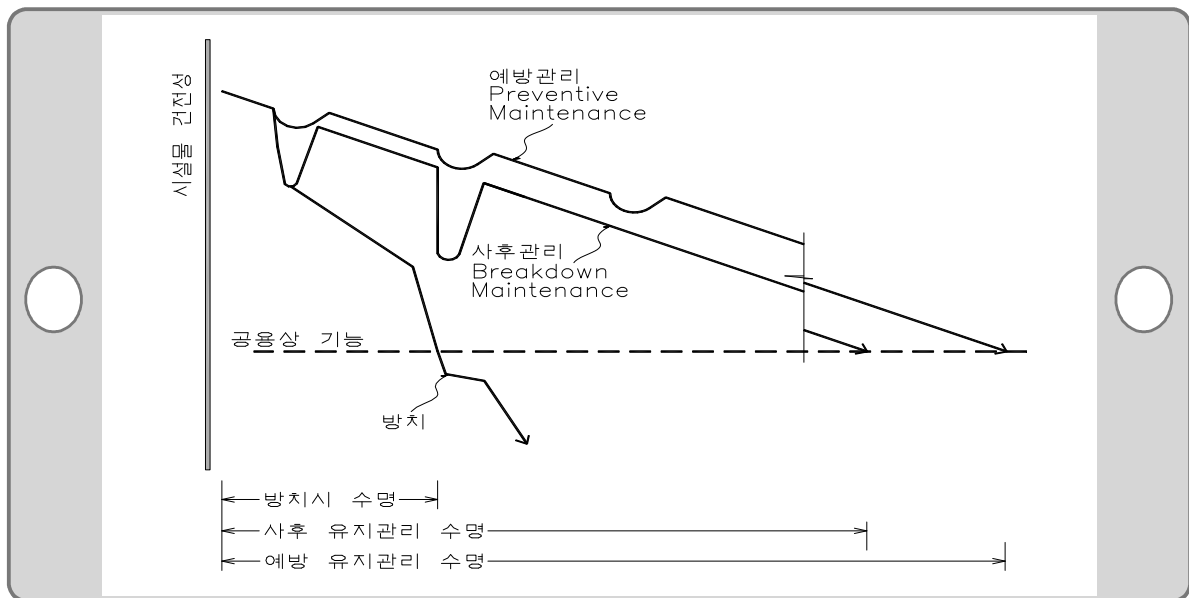
【표 8-16】 개략공사비(부재별)

구분	바닥판	거더	2차 부재	교면 포장	배수 시설	보호 시설	신축 이음	교량 받침	하부 구조	점검 시설
순공사비 (천원)	2,059	0	0	362,600	0	16,362	4,526	0	1,419	0
순공사비(천원) ①									386,966	
제경비(순공사비×50%)(천원) ②									193,483	
총 개략공사비(천원) ③									580,449	

8.4 유지관리 요령, 대책

시설물의 유지관리란 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 이하 ‘시설물안전법’ 제2조에서 ‘완공된 시설물의 기능을 보전하고 시설물 이용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 시설물을 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상복구하며 경과기산에 따라 요구되는 시설물의 개량·보수·보강에 필요한 활동을 하는 것’으로 규정하고 있다.

이러한 유지관리는 수행방식에 따라 사후유지관리(Breakdown Maintenance)와 예방유지관리(Preventive Maintenance)방식의 두 가지 개념으로 구분하여 설명할 수 있다.



【그림 8-3】 유지관리 유형에 따른 시설물의 공용기간

상기 그림의 내용을 볼 때

- ① 시설물을 방치하면 손상이 더욱 진행되고 또 다른 손상을 유발시키는 등 기능저하가 가속되어 결국 공용성을 상실하게 된다.
- ② 손상진행 후에 보수하는 방법 즉 사후유지관리를 한다면 손상이 경미한 시점에서 보수하여 기능회복을 도모하므로 공용 년 수를 연장할 수 있다. 단 손상의 진행이 현저하면 기능회복이 어렵고 많은 비용이 소요된다.
- ③ 손상 초기나 사전에 조치를 취하는 방법 즉 예방유지관리를 하면 손상의 초기단계에 조치되므로 비교적 적은 비용으로 기능을 회복할 수 있으며 건전한 상태의 공용 년 수를 확보할 수 있다.

과거에는 보통 사후유지관리가 대부분이었으나, 인식의 변화와 기술의 발달로 근래에는 예방유지관리를 지향하고 있는 실정이며 그 일련의 대표적 활동이 시투법에 의한 시설물의 점검과 진단이며 결과에 따른 적극적 대책이 보수·보강인 것이다.

8.4.1 교량의 중대한 결함 항목

- 시설물의 기초세굴
- 교량 교각의 부등침하
- 교량 받침의 파손
- 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실
- 주요 구조부위의 철근량 부족
- 콘크리트 부재의 균열 심화
- 철근콘크리트 부재의 심한 재료분리
- 철강재 용접부의 불량 용접
- 교대·교각의 균열 발생
- 강재 거더 및 연결판의 균열 및 심한 변형
- 케이블 부재의 손상
- 프리스트레스 콘크리트 부재의 손상

8.4.2 중요 유지관리 사항

구 분	점 검 항 목
교면포장	·시, 종점측 접속포장부의 균열, 파손, 함몰, 단차 발생여부 ·포장면 균열, 패임, 함몰, 체수 등 손상발생 여부
난간, 연석	·난간 지지부 이탈 및 파손발생 여부 ·연석부 균열, 콘크리트 탈락 및 파손, 철근노출 등 발생여부
배 수 시 설	·배수유입구 막힘 및 오물퇴적 ·배수관 파손 및 연결 고정부 탈락 ·배수관 길이부족
신 축 이 음	·토공부와의 접속부위 단차발생 여부 ·신축이음장치의 유동 및 이상음 발생 여부 ·유간부 틈새를 통한 누수로 하부구조의 누수발생 여부
교 량 받 침	·가동받침의 유간부족 및 가동상태 ·부식 및 오물퇴적 여부 ·받침모르터 균열, 파손 및 침하 발생 여부
바 닥 판 하 면	·균열, 백태, 철근노출, 재료분리, 콘크리트 탈락 및 들뜸 등 손상발생 여부 ·단부측 콘크리트 파손 및 탈락 등 손상발생 여부
강 재 주 형	·도장 손상 및 부식, 용접부 피로균열, 현장이음부 볼트손상, 누수 여부 ·플랜지 변형 및 처짐, 박스 내부 바닥 물고임 및 부식 여부
교 각	·교각 기둥의 균열, 철근노출, 단면파손 등 손상발생 여부
교 대	·교대 홍벽부의 상부구조 신축시 균열 및 파손 발생여부 ·홍벽의 측면토사의 유입여부 ·두부면의 물고임 및 오물퇴적

8.5 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제시

8.5.1 우선순위 산정

앞서 정리한 부재별 총공사비용(순공사비)을 활용하여 부재가중치 및 성능간 가중치를 적용하였으며, 다음과 같이 우선순위를 산정하였다.

【표 8-17】 우선순위 산정

구분	비용 cost (천원)	부재가중치			성능별(EI)			합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	우선 순위	우선 순위 조정
		안전 성능 (E1)	내구 성능 (E2)	사용 성능 (E3)	안전 성능 E1×P 1	내구 성능 E2×P 2	사용 성능 E3×P 3				
바닥판	2,059	20.4	36.2	0	0.139	0.076	0.000	0.215	0.00010442	2	4
거더	0	24.7	27.5	0	0.168	0.058	0.000	0.226	-	-	-
2차부재	0	5.3	3.4	0	0.036	0.007	0.000	0.043	-	-	-
교면포장	362,600	3.5	0	29.7	0.024	0.000	0.033	0.057	0.00000016	5	2 (조정)
배수시설	0	2.7	0	0	0.018	0.000	0.000	0.018	-	-	-
보호시설	16,362	1.8	0	0	0.012	0.000	0.000	0.012	0.00000073	4	5
신축이음	4,526	6.2	0	0	0.042	0.000	0.000	0.042	0.00000928	3	1 (조정)
교량받침	0	13.3	0	0	0.090	0.000	0.000	0.09	-	-	-
하부구조	1,419	22.1	32.9	0	0.150	0.069	0.000	0.219	0.00015433	1	3
점검시설 (유지관리성)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
성능간가중치 : P1= 68%, P2= 21%, P3= 11%											

※ 비용(cost)은 순공사비임.

※ 신축이음 대부분의 비용(cost)은 유도배수로 설치 비용이며, 현재 신축이음 하부 누수에 의해 타부재 측 2차 손상을 유발시키고 있으므로 세부지침에 의거 책임기술자 판단에 의해 우선위를 조정하였음.

※ 교면포장에 대한 외관조사 결과. 포장균열, 포장 망상균열 등의 손상이 전체적으로 분포되어있으며, 방치 시 포트를 등과 같은 2차 손상이 발생하여 통행하는 차량의 주행성 및 안전성에 문제를 야기할 수 있기 때문에 우선 순위 조정하였음.

8.5.2 성능목표에 따른 유지관리전략 제시

해당시설물은 성능목표(B등급: $0.2 \leq X < 0.26$) 대비 종합성능 평가등급(C등급:0.323)이 부합하지 않으나, 우선순위 산정결과에 따른 순차적인 보수를 시행한다면 성능목표에 도달 가능한 수준인 것으로 판단되며, 시설물의 성능유지를 위해 우선순위 산정결과에 따른 순차적인 보수가 필요할 것으로 판단된다.

이에 따른 부재별 우선순위 산정 결과 및 개략공사비는 아래와 같다.

【표 8-18】 우선순위 산정 결과 및 개략공사비

구분	<1순위> 신축이음	<2순위> 교면포장	<3순위> 하부구조	<4순위> 바닥판	<5순위> 보호시설
순공사비 (천원)	4,526	362,600	1,419	2,059	16,362
순공사비(천원) ①				386,966	
제경비(순공사비×50%)(천원) ②				193,483	
총 개략공사비(천원) ③				580,449	

