

제 8 장 시설물의 유지관리 전략 제안

8.1 유지관리 전략 제안

8.2 성능목표

8.3 성능평가 실시결과 검토·분석

8.4 보수·보강 공법

8.5 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략 제안

8.1 유지관리 전략 제안

8.1.1 개요

현재 시설물의 예산 배정 방식은 대부분 시설물 손상 및 결함만으로 결정되며, 관리주체의 주관적 요소가 지배적 결정 요인으로 작용되는 경우가 많다. 또한, 시설물 관리부서의 보수 보장예산은 한정되어 있기 때문에 모든 결함을 적기에 보수하기에는 충분치 못한 실정이다. 이와 같이 유지관리 전략 제안에 포함된 모든 조치를 시행하기가 현실적으로 어려울 경우가용 재원 규모 내에서 가장 효과적인 유지관리 방안을 우선적으로 선정해야한다. 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.

8.1.2 유지관리 전략 제안 시 고려사항

일반적인 유지관리 단계의 우선순위 산정 시에는 유지보수 시 발생하는 편익을 개별로 추정하기가 어렵기 때문에 신설 투자 시 적용하는 서비스수준(LOS : Level of Service), 위험도(Risk), 생애주기비용(LCC : Life Cycle Cost) 방법 등을 적용하기는 쉽지 않다. 이는 시설물 관리주체가 유지보수 대상을 선정할 경우 수십~수백개 이상의 시설물을 대상으로 계획을 수립하기 때문에 각 시설물 및 공법별로 정량화하여 분석하는데 많은 시간과 비용이 발생되기 때문이다. 시설물의 보수·보강 공법, 단가 등의 자료를 통해 보수·보강 물량을 산출하고 부재 및 성능간 가중치를 적용하여 유지관리 전략을 제안한다.

8.1.3 유지관리 전략 활용 방안

유지관리 전략 산정결과는 안전성능, 내구성능, 사용성능 등을 고려한 종합적인 평가를 통해 보수·보강 유형별 중요도를 파악하고 다양한 요소를 반영하여 보다 명확하고 객관적 자료 제공할 수 있으며, 이를 통해 의사결정과정의 투명성을 확보할 수 있다.

8.1.4 유지관리 전략 제안 절차

유지관리 전략은 총 5단계로 구성되며, 조치별 비용대비 성능향상 기준으로 대상을 선정하는 방법을 선정한다.

[표 8.1] 유지관리 전략제안을 위한 우선순위 절차

구 분	분석 내용
〈단계Ⅰ〉 대상선정 단계	• 관리주체의 목표 및 방향에 기반하여 성능평가 대상을 도출
〈단계Ⅱ〉 자료수집 단계	• 시설물별로 성능평가 절차에 의한 평가 결과와 추가 자료를 수집
〈단계Ⅲ〉 시설물 평가단계	• 성능목표·영향도에 따라 후보 조치별 평가 • 우선순위 선정을 위한 지표도출
〈단계Ⅳ〉 순위선정단계	• 평가결과를 활용하여 비용효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정
〈단계Ⅴ〉 예산제약고려단계	• 우선순위 선정 후 예산제약을 감안한 조치 선택

가. 대상선정

관리주체의 목표 및 방향에 기반을 두어 성능평가 대상을 도출한다. 시설물별로 성능평가 절차에 의한 평가 결과와 추가 자료를 수집한다.

나. 자료수집

시설물별로 성능평가 절차에 의한 평가 결과와 추가 자료를 수집한다.

다. 시설물 평가

성능목표·영향도에 따라 후보 조치별 평가를 수행한다. 우선순위 선정을 위한 지표를 도출한다. 각 보수조치별로 비용을 산출한 후 안전성능, 내구성능, 사용성능에 대한 영향도(가중치)를 반영하여 효과지수(Efficiency Index)를 결정한다. 기본적으로 관리주체는 각 조치별로 평가지표를 분석할 수 있는 정보(영향도, 가중치 등)와 개략적인 비용을 산출하여야 한다.

- 부재별 손상별 보수물량 산출
 - 표준 단가(건설공사 표준품셈, 건설공사 일위대가 등)를 통해 부재별 비용 산출
 - 각 성능항목별 부재별 가중치와 성능간 가중치를 통해 효과지수 산정
- * 요소별 가중치는 안전성능, 내구성능, 사용성능의 성능평가인자에 근거하여 설정하나, 해당 조치가 성능평가인자에 미치는 영향에 따라 관리자가 조정할 수 있다.

라. 우선순위 수준 선정

우선순위 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 다음 각 호의 경우 중에서 결정한다.

- 현상유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 초기 수준 이상으로 개선
- 개축

마. 우선순위 선정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수 (PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

부재별 손상내역 및 공사비에 가중치를 적용하여 우선순위지수를 산정한다. 각 시설물에 따른 성능간 가중치 및 부재 가중치는 [부록]을 참조하여 선정한다.

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

여기서, P_1 : 성능간 가중치(안전성능)

P_2 : 성능간 가중치(내구성능)

P_3 : 성능간 가중치(사용성능)

E_1 : 부재 가중치(안전성능)

E_2 : 부재 가중치(내구성능)

E_3 : 부재 가중치(사용성능)

※ 부재가중치 = 공법별 가중치 × 영향도

바. 유지관리 전략 제안

우선순위지수를 통해 산정된 보수·보강 우선순위를 통해 유지관리 전략을 제안한다.

* 안전성능, 내구성능, 사용성능에 심각한 영향을 미치는 중대한 결함의 경우는 본 우선순위 기준과 상관없이 즉각적으로 보수 · 보강하는 것으로 한다.

8.2 성능목표

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

8.2.1 성능목표 등급 선정

성능목표 등급 : B(결함도 범위 : $0.13 \leq X < 0.20$ 또는 $0.20 \leq X < 0.26$)

가. 선정기준

【표 8.2】 도로교량의 성능목표 등급 선정 기준

일교통량	구간당 일반국도 10,000대 이상, 고속국도 20,000대 이상	
중차량 통행량	구간당 일반국도 1,000대 이상, 고속국도 2,000대 이상	
대상교량의 차단 시 우회거리	5km 이상	
성능목표 등급	모든 조건 해당	나머지
	B $0.13 \leq X < 0.20$	B $0.20 \leq X < 0.26$

- 일교통량은 일반국도의 경우 10,000대, 고속국도는 20,000대의 수준으로 고려함
- 중차량통행량은 일반국도의 경우 차선당 1,000대, 고속국도는 2,000대의 수준으로 고려함
- 일교통량 자료가 없는 경우에는 인접지점의 자료에 근거하여 관리자가 선정할 수 있도록 함

【표 8.3】 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 지수 및 결함도 점수 범위

기준	A	B		C	D	E
결함도지수	0.10	0.16	0.23	0.40	0.70	1.00
결함도점수범위	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.20$	$0.20 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$

8.2.2 성능목표 등급의 조정

일교통량, 중차량 통행량, 우회거리에 따라 성능목표 등급을 두 단계의 결함도 범위 $0.13 \leq X < 0.20$ 또는 $0.20 \leq X < 0.26$ 의 B등급으로 선정하게 되어 있으나, 교량의 중요도나 향후 전면적인 개보수, 개축 등에 따라 관리자가 성능목표 등급을 조정할 수 있다.

- 관리주체는 기존 성능목표 조건 외에 위험도 및 취약도를 고려하여 성능 목표 등급을 상향 조정할 수 있다.
- ※ 지진, 기후변화 관련 영향인자(홍수 또는 열화축진환경 등)가 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우 이를 정성적으로 평가
- 상위계획에 근거하여 전면개보수, 개축, 폐쇄 등이 확정되어 있는 경우에는 성능 목표 등급을 하향 조정할 수 있다.
- ※ 시설물 개보수, 개축, 폐쇄 등이 차기 성능평가 주기(5년)내에 시행되는 경우에만 해당

8.2.3 성능목표 등급 선정

가. 인천방향

일교통량	30,896 대/일
중차량 통행량	3,252 대/일
대상교량의 차단 시 우회거리	6.1km
성능목표 등급	B($0.13 \leq X < 0.20$)

나. 강릉방향

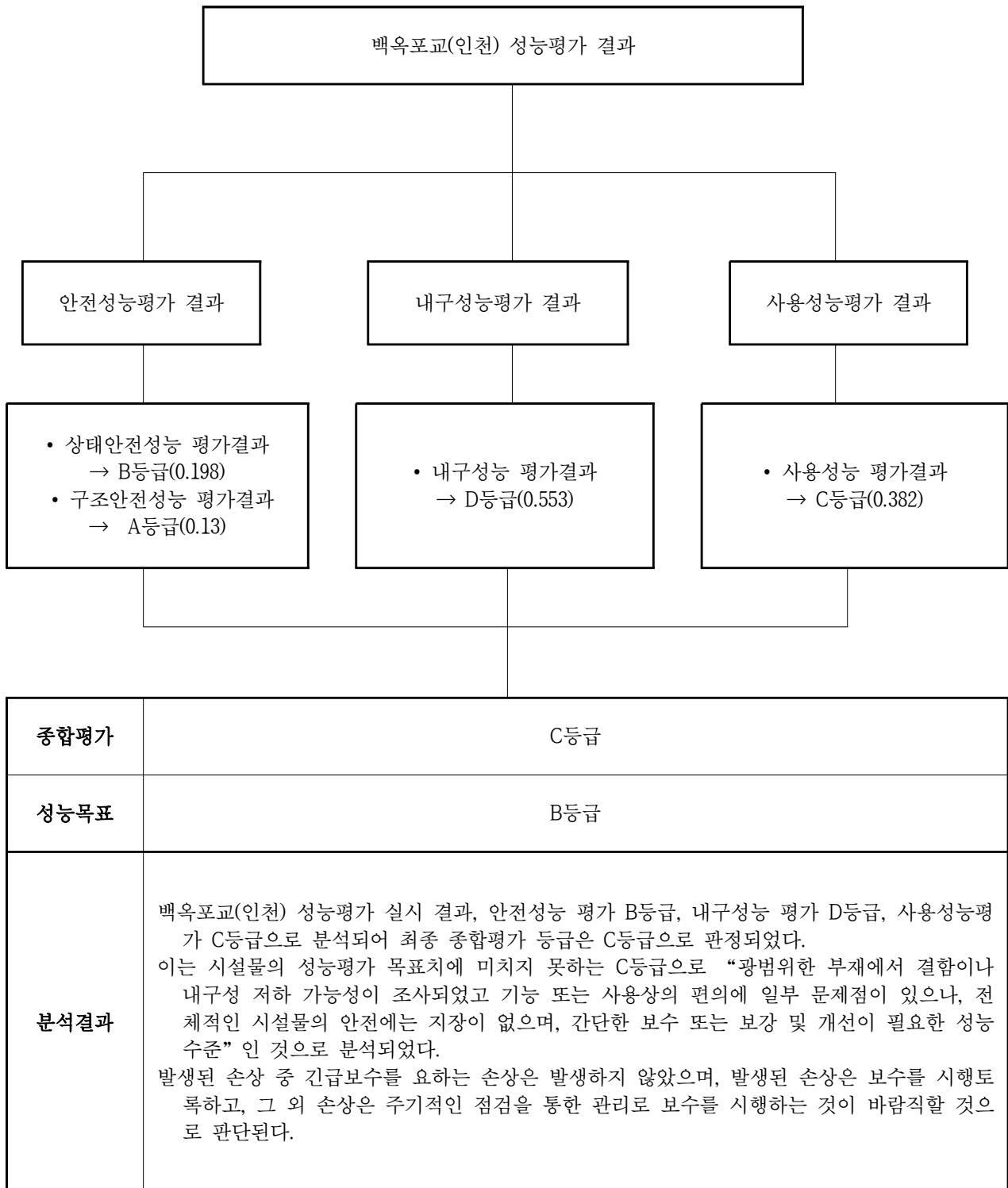
일교통량	30,896 대/일
중차량 통행량	3,252 대/일
대상교량의 차단 시 우회거리	6.1km
성능목표 등급	B($0.13 \leq X < 0.20$)

- 일교통량, 중차량 통행량 : TMS(교통량정보제공시스템)의 통계자료 참조

8.3 성능평가 실시결과 검토·분석

8.3.1 성능목표 및 성능평가결과 검토·분석

가. 인천방향



8.4 보수보강 공법

구조물에 대한 보수는 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수의 수준을 정한다.

통상 보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생한 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보수를 위해서는 현장조사결과와 상태안전성능평가 결과 등을 정밀검토한 후에 보수의 필요성, 공법 및 그 수준을 정한다.

8.4.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정

본 교량에 대한 정밀안전점검을 수행한 결과, 본 구조물은 시공 시 시공 정밀도의 저하로 인하여 발생한 구조물의 결함(Defect)과 공용 중 시간의 경과와 주변의 환경인자에 의한 재료의 열화에 의한 손상(Damage)이 발생하여 있는 것으로 조사되었다.

점검 시 조사된 신축이음의 공용 중 손상, 콘크리트의 균열, 박리, 박락 등의 손상 및 결함에 대해서는 가능한 한 조속한 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나, 경제적이고 효율적인 보수·보강 작업을 위해 손상 및 결함이 구조물의 안전성에 미치는 영향을 고려하여 다음과 같이 우선순위를 부여하였다.

【표 8.4】 보수·보강 우선순위 결정 기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 “대통령이 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 - 주요부재에 발생한 결함 및 손상이 커 상태안전성능평가 기준 “d” 이하인 경우 - 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
중장기	2순위	- 보조부재에 발생한 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 - 상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 - 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
	3순위	기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
유지관리		1~3순위를 제외한 손상으로서 유지관리를 통해 향후 발전상태에 따라 보수보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.2mm이하의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 경미한 강재의 용접결함 - 후타재 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상 (빈번한 차량통행으로 인한 보수효과가 없는 경우, 향후 교체가 시행될 부재 등) - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

주) 단, 최초진단인 경우 “유지관리”에 해당하더라도 하자에 해당하는 경우 하자처리절차에 따라 보수토록 조치함

8.3.2 결함내용별 보수·보강방안

가. 콘크리트 균열보수 방안

1) 점검 현황

본 교량에 상·하부 구조에 발생된 균열은 대부분 $C_w=0.2\text{mm}$ 이하의 미세균열로 표면처리 보수 및 주의관찰이 필요하며, $C_w=0.3\text{mm}$ 이상 균열은 주입보수가 필요한 것으로 판단된다.

2) 콘크리트 표면처리공법($c/w=0.3\text{mm}$ 미만)

① 공법 개요

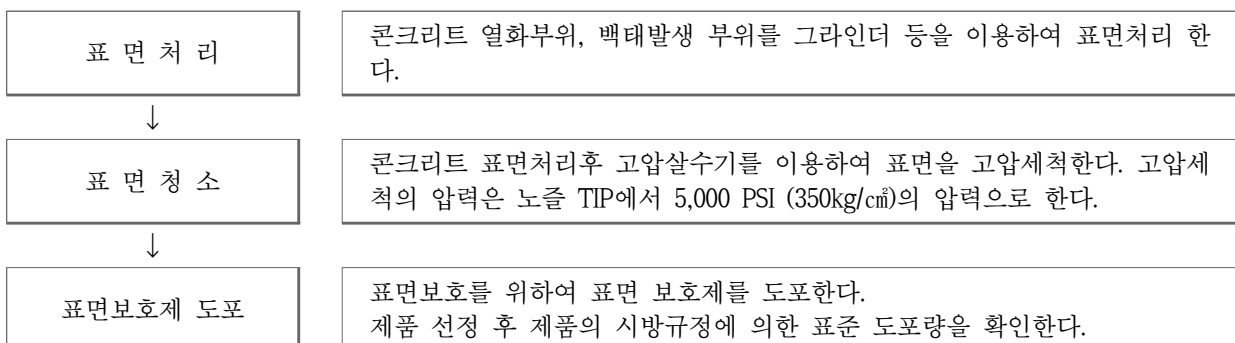
콘크리트 표면이 노후 및 열화된 부위에 대해서 그라인더를 이용하여 열화부위를 제거하고 표면보호제를 도포하여 보수하는 방법이며 표면백태, 0.2mm 이하의 미세균열의 발생 부위에 적용한다. 또한, 보수 효과는 콘크리트 표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열 등의 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.

② 시공방법 및 유의사항

균열의 성장이 정지된 상태에서는 균열선 및 백태를 따라 폭 $50\sim100\text{mm}$ 를 와이어 브러쉬로 닦아 내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 모르타르로 균일하게 도포한다.

균열폭의 변동이 큰 경우에는 경화후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르타르로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 균열면을 와이어 브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 $10\sim15\text{mm}$ 절연재를 부착하고, 절연재를 중심으로 폭 $30\sim50\text{mm}$, 두께 $2\sim4\text{mm}$ 의 변형성 및 신장성이 큰 쉘링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

<시공순서도>



【그림 8.1】 콘크리트 표면처리 시공순서도

3) 균열주입보수(c/w=0.3mm이상)

① 개요

균열(0.3mm이상)부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용하여야 한다.

② 수지주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

【표 8.5】 수지주입공법의 종류

압입식 공법	흡입식 공법
- 수동식 주입 : 인력 - 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 - 저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력 - 자동주입식 기계주입 : 자동주입기	균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

【표 8.6】 균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상	점도(20℃, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200
	고점도	1,500±500
Gel 상태	6,000±1,000	0.5~5.0mm 전후

【표 8.7】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

균열 폭(mm)	주입파이프/패커간격(mm)	비고
0.3이하	50~100	
0.3~0.5	100~200	
0.5~1.0	150~250	
1.0이상	200~300	

【표 8.8】 에폭시계 수지의 규격

시험항목	시험방법	시험조건	셀링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20℃ 7일간	1.7±0.2	1.2±0.2
사용가능시간	온도상승법	20℃	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	〃	-	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20℃ 7일간	6.0이상	6.0이상
휨강도	〃	〃	3.5이상	4.0이상
인장강도	〃	〃	2.0이상	2.0이상
압축탄성계수	ASTM D 695	〃	0.1~0.6	0.1~0.6
인장전단강도	KS M 3722	〃	100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	〃	0.15이상	0.3이상
경 도	ASTM D 2240	〃	80이상	80이상

③ 시공방법

● STEP 1

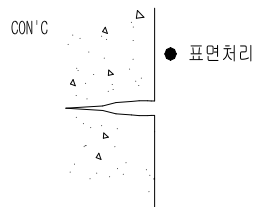
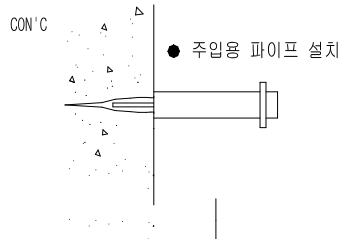


표 면 처 리

균열부를 중심으로 폭 5.0mm 정도를 와이어브러시 등으로 표면의 이물질 등을 제거한다.

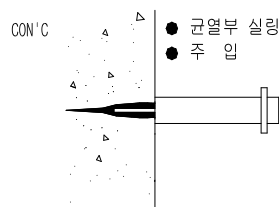
● STEP 2



주입용 파이프 설치

주입공에 주입용 파이프를 삽입하고 설치한다.

● STEP 3



균열부 실링

균열부를 폭 30mm, 두께 2mm 정도로 균열실링재를 사용하여 실링한다.

무기계 슬러리 주입
(유기계 에폭시 주입)

주입장비를 사용하여 무기계 슬러리 및 유기계 에폭시를 주입한다.

양 생

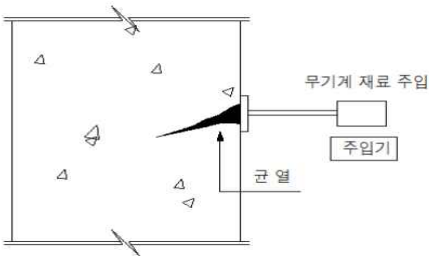
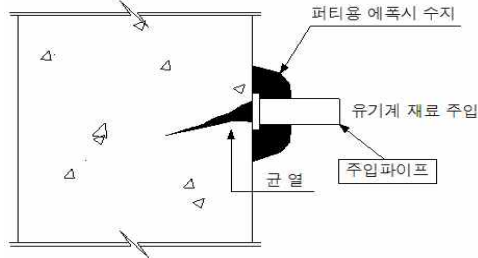
작업종료 후 양생한다.

【그림 8.2】 균열 보수공법 개요도

④ 시공시 주의사항

- 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.
- 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.
- 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.
- 쉐링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 쉐링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 표면처리 한다.

【표 8.9】 주입공법 공법비교안

구 분	폴리머 슬러리시멘트 주입공법	에폭시 주입공법
개요도		
공법 개요	균열부위를 컷팅하고 균열부를 쉐링한 후에 무기계재료인 폴리머 슬러리시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법	균열부위를 컷팅하고 균열부를 쉐링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법
시공 방법	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→균열부 쉐링→폴리머슬러리시멘트주입→단면복구	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→균열부 쉐링→에폭시주입→단면복구
특징	- 품질관리가 용이, 재균열 발생우려 없음 - 균열보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 - 콘크리트 모체와 동등한 탄성계수, 열팽창계수, 투수성 확보 - 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 - 보통형식의 것은 경화시간이 낮고 공기가 길어짐 - 공정이 다소 복잡하여 시공전문가필요 - 유기계에 비해 접착강도 떨어짐	- 인장, 휨강도가 우수함 - 건조한 환경에 유리함 - 경화시간이 빠름 - 시공실적 다수 - 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움 - 주입압력이 크면 균열이 확대되므로 주의 - 탄성계수, 열팽창계수가 콘크리트와 다름

나. 콘크리트 표면처리 방안

1) 진단 현황

본 교량의 표면손상은 백태, 표면오염, 누수 및 누수흔적(오염) 등이 조사되었다.

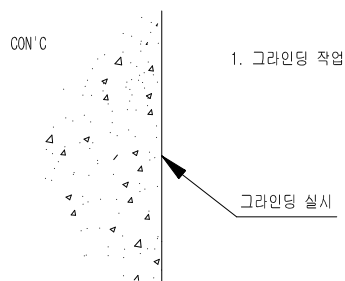
조사된 손상은 우선순위에 따라 보수가 필요하며, 국부적으로 발생한 경미한 표면손상은 현 상태에서 보수의 필요성은 없는 상태이며, 향후 주기적인 점검이 필요하다.

2) 표면처리(보수)공법 개요

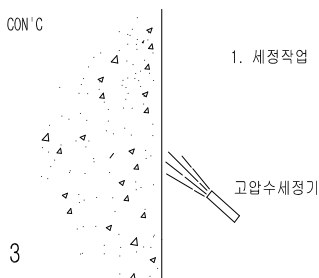
콘크리트 표면 열화부 및 백태 혹은 미세균열이 발생한 부위에 적용하는 보수 공법으로서 손상이 발생한 부위에 도막을 형성하여 방수성, 내구성을 향상시킬 목적으로 사용한다.

3) 시공방법

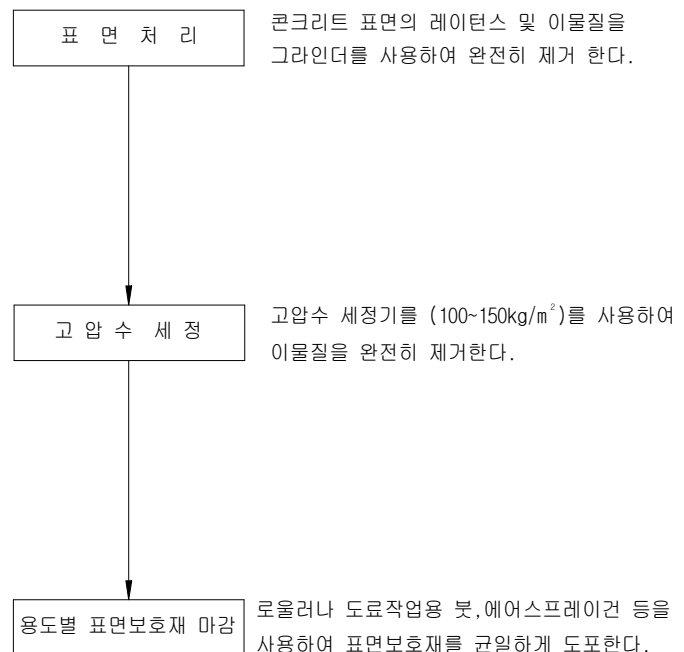
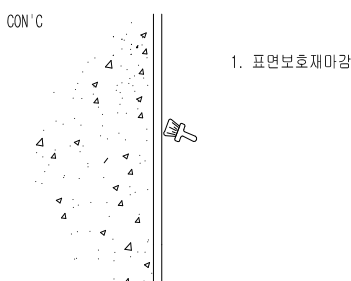
● STEP 1



● STEP 2



● STEP 3



【그림 8.3】 표면처리 보수공법 개요도

3) 시공순서 및 유의사항

표면처리 사용재 종류

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 폴리머 시멘트 페이스트 • 시멘트 필라 | <ul style="list-style-type: none"> • 도막탄성 방수재(아크릴 수지계) • 도막탄성 방수재(우레탄 수지계) |
|--|--|

시 공 순 서



유 의 사 항

- ① 표면 피복할 범위를 도면 화하고 구조물 부위에 표시
- ② 손상부위를 피복할 부위의 청소는 다소 여유있게 와이어 브러쉬, 전통대패 등으로 실시
- ③ 바탕처리가 필요한 경우는 주걱으로 눌러서 표면 공극이나 흠집을 충분히 메움
- ④ 표면 바탕처리 후 경화가 완료되면(2~3일) 고운 사포를 이용하여 표면을 갈아내고 미분을 털어냄
- ⑤ 재료의 점도를 비롯한 물성 특성을 고려하여 붓으로 바르거나 에어레스 스프레이를 이용하여 초벌 바름
- ⑥ 표면 도막의 두께는 각 접단 일정한 두께로 형성하는 것이 보수효과와 내구성 측면에서 유리
- ⑦ 표면피복이 완료된 후는 주변 분진 또는 오물이 피복 면에 흡착되지 않도록 보호막을 설치
- ⑧ 표면처리 공법 시공시 일부구간에 박락 또는 손상 등이 있는 구간은 충전공법을 병용할 수 있도록 조치

다. 콘크리트 단면보수 방안

1) 점검 현황

본 교량의 단면손상은 박리, 박락, 재료분리, 파손, 철근노출 등이 조사되었다.

조사된 손상은 우선순위에 따라 보수가 필요하며, 국부적으로 발생한 경미한 단면손상은 현 상태에서 보수의 필요성은 없는 상태이며, 향후 주기적인 점검이 필요하다.

2) 단면복구(보수)공법 개요

콘크리트 단면 결손부중 박락(파손) 및 철근 노출부는 내구성 저하방지를 위하여 단면복구(보수)공법을 사용하여 보수를 실시하는데, 콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로써 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면 보수재, 철근방청재의 조합에 의한 공법으로 본 교량에서는 상기한 결함 중 콘크리트 파손부 및 철근노출, 부식부에 대한 보수방법으로 사용한다.

3) 단면복구(보수)시 털어내기 작업

단면복구(보수)시 털어내기 작업은 콘크리트 표면의 상황을 봐서 판단하는 것이 아니고 다음의 항목 및 【그림 6.4】를 참고하여 털어내기 범위나 형상을 결정하는 것이 좋다.

① 열화부분을 고려한 털어내기 범위

보수 개소의 콘크리트를 털어낼 때에 탄산화 등에 의한 취약한 부분을 남기면, 기설 콘크리트와 복구재료와의 충분한 부착강도를 얻을 수 없을 뿐 아니라, 균열이나 철근부식 재발의 원인이 된다. 따라서, 부재 내력에 영향을 미칠 수 없는 범위에서 열화부분을 모두 제거 할 필요가 있다. 열화부분을 효과적으로 확인하기 위해서는 탄산화깊이나 알칼리 반응성 생성물의 측정 등 열화요인과 관련된 시험을 실시하는 것이 바람직하다.

② 철근의 녹을 고려한 털어내기 범위

콘크리트의 열화부분을 충분하게 제거하여도 철근의 부식범위는 이 부위보다 넓은 경우가 대부분이다. 이 경우는 박락되어 노출된 부분의 철근 청소를 실시하여도 그 전후는 녹이 잔존한 채 남아있게 된다. 이 상태에서 단면복구(보수)를 실시하면 보수된 범위는 마이너스(-), 그 전후는 플러스(+)의 macro cell 부식이 생겨서 철근부식이 주위로 확산되어 보수효과가 적어지는 결과를 나타내는 경우가 많다.

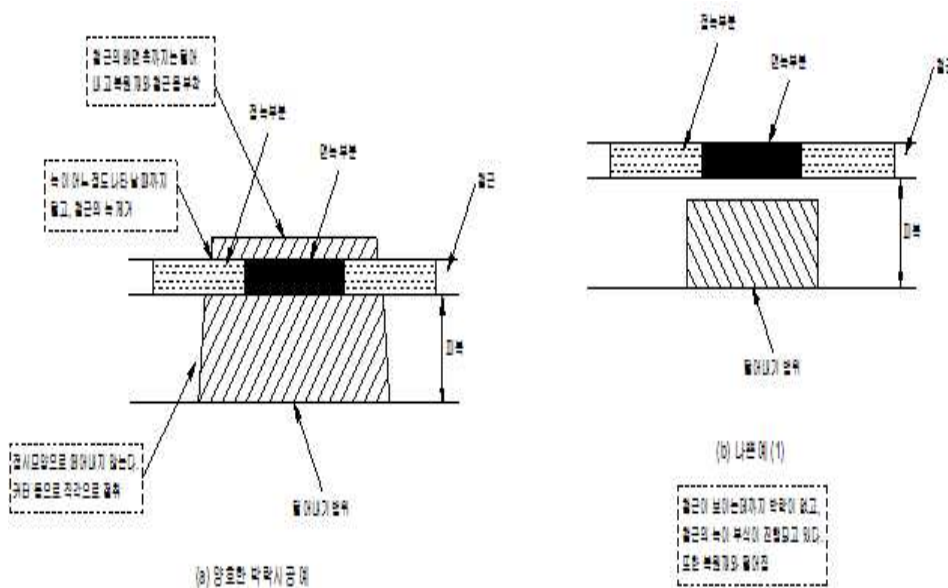
따라서, 녹제거를 확실하게 할 수 있도록 철근표면의 전면에 녹이 나오고 있는 부분(면 녹의 부분)뿐만 아니라, 이것과 인접하면서 녹이 점상으로 나타나는 비교적 건전한 부분(점 녹의 부분)이 드러나는 범위까지 털어낼 필요가 있다. 한편, 털어내기 전에 면 녹의 범위를

파악하기 위해서는 자연전위 보정법에 근거하고 보정자연전위에서 -350mV보다 낮은 전위를 가리키는 부분이 이것에 해당한다.

또한 같은 이유로 녹의 제거는 철근의 전 주변에 대하여 실시하여야 하고, 철근은 박락된 부분(면)에서부터 뒷부분까지 파취할 필요가 있다. 이것은 단면복구(보수)재가 철근을 둘러싸는 것에 의한 부착성 향상에도 유효하다.

③ 털어내기 형상

콘크리트와 단면복구(보수)재와는 일반적으로 열팽창율이 다르기 때문에 복구재의 단부가 접시형상으로 되어 있으면, 온도신축에 의해 그 부분으로부터 박리현상을 보이는 우려가 있다. 이것을 방지하기 위해 털어내기시 단부가 접시형상으로 되는 것을 피하고, 될 수 있는 한 수직에 가까운 각도로 깊이 털어내는 것이 중요하다.



【그림 8.4】 단면복구(보수) 상세도

4) 철근의 방청 처리

털어내기에 의해 노출된 철근의 녹 제거는 특히 정성껏 실시할 필요가 있다. 일반적으로 와이어 브러시를 이용할 수 있는 것이 많지만, 보다 확실한 녹제거 방법은 샌드 블라스트, 화이트제트 등을 쓰는 것이 좋다.

녹을 제거한 후는 철근에 방청재를 도포한다. 방청재에는 녹방지 도료, 아질산염계 방청재, 염분흡착제를 사용한 시멘트계 방청형 보수재가 있다. 일반적으로 철근부식의 억제는 철근부식효과가 있는 아질산염 이온이 함유된 것이 효과적이다.

액산의 아질산칼륨이나 아질산리튬을 철근이나 박락면에 직접 도포하여 아질산염이온을

같이 배합한 아질산염계 방청재가 있다. 염화물에 의한 부식의 경우 유효한 도포량은 아질산 이온량과 염화물량의 비율을 관리하여야 하며 많은 양의 충전이 필요한 경우 Paste나 모르터 등을 혼합하여 사용하는 등의 검토가 필요하다. 또한 최근 개발된 염분흡착재를 이용한 방청재는 해수성분을 함유한 수분이 있는 개소의 철근부식에 대응하여 아질산 이온을 도입 또는 함유한 염화물량의 저감효과가 있다.

염분흡착재는 콘크리트 제체중의 유해한 염화물이 흡착되어 저감되어지는 동시에 염분흡착재 자신이 기다리고 있는 아질산 이온을 방출하는 것에 의해 높은 방식재 효과를 얻을 수 있다.

5) 단면복구(보수) 재료

복구재의 선정은 열화의 요인, 손상 상황, 누수 상황 등을 감안하고, 기설의 철근이나 콘크리트와의 부착성, 시공성, 재료특성 등을 평가하고 시공개소에 적합한 것을 채용 할 필요가 있다. 특히 사용실적이나 적절한 시험방법 등에 의해 품질, 성능을 확인할 수 있는 복구재를 사용하는 것이 바람직하다. 단면복구(보수)재는 저수축성이 요구되며, 복구재 충전 후 경화전에 우려할만한 차량진동을 받는 부위는 조강형을 사용하고, 아치부나 슬래브 하면 등 시공성을 중시할 경우는 경량형을 사용하고, 거푸집을 설치해서 충전할 경우는 고유동형을 사용하는 방안을 검토하여야 한다.

일반적으로 단면복구(보수)재를 충전하기 전에 프라이머를 도포하는 경우가 많다. 프라이머는 기설 콘크리트와 복구재의 부착성 향상을 목적으로 한 에폭시 수지계, 복구재의 수분이 기설 콘크리트에 흡수되어 경화에 필요한 수분이 결핍하는 「드라이 아웃」방지를 목적으로 한 수성 에멀션을 주재로 하는 재료 등이 있다.

【표 8.10】 일반적인 단면 복구(보수)재의 분류

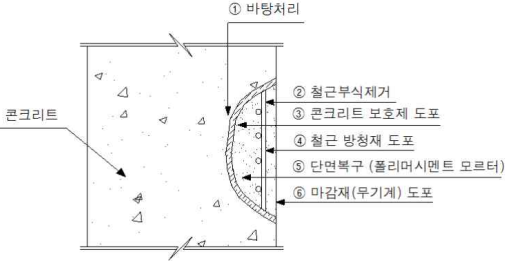
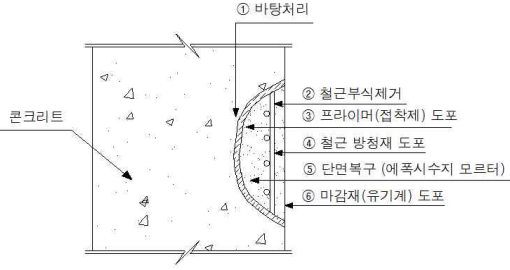
분 류		개 요
유기계	수지모르터 (에폭시수지 등)	• 에폭시 등의 수지와 잔골재를 이용한 모르터로 고강도, 수밀, 경량, 접착성이 뛰어나고 섞어쓰기 용이하나 고가임
무기계	폴리머 시멘트 모르터	• 시멘트에 SBR, 포키시 등의 수지를 첨가한 모르터로 고강도, 수밀성 양호
	무수축 모르터	• 팽창재가 함유된 건조수축을 보상하는 것에 의해 억제하는 모르터

6) 단면복구(보수)시 유의 사항

- ① Lath 철망이나 Wire Mesh를 끼울 경우는 박리현상이 발생되지 않게 충분히 고정된 뒤 단면복구(보수)재를 충전한다.

- ② 철근방청재, 프라이머, 단면복구(보수)재는 동일 제작사의 제품을 사용하거나 서로 양호한 조합의 물건을 이용한다.
- ③ 보수 깊이가 깊은 개소의 충전은 여러층으로 시공할 경우 경계부위가 부착상의 약점이 되기 쉬우므로 정확한 작업이 요구된다.
- ④ 보수한 단면복구(보수)재가 낙하할 가능성이 있는 부위는 중점적으로 검사 및 점검을 실시한다. 또한, 재료의 선택에 따라 신구콘크리트접착재의 도포가 필요할 경우에는 도포 후 단면복구(보수)를 실시한다.
- ⑤ 떨어내기 작업시 콘크리트 분진으로 인한 대기오염을 방지하기 위해 집진시설이나 물분사 등을 실시하여 도로주변의 환경오염에 주의하여야 한다.

【표 8.11】 단면복구(보수) 공법비교안

구 분	폴리머시멘트 모르터 공법	에폭시수지 모르터 공법
개 요 도		
공법개요	콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 콘크리트 보호재를 도포한 후 철근을 방청하고 무기계인 폴리머시멘트 모르터로 단면을 복구한 후 무기계 마감재로 마감하는 공법	콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 접착제를 도포한 후 철근을 방청하고 유기계인 에폭시수지 모르터로 단면을 복구한 후 유기계 마감재로 마감하는 공법
시공방법	치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 콘크리트 보호재(침투성) 도포 → 철근 방청제 도포 → 폴리머시멘트 모르터로 단면복구 → 마감재(무기계)도포	치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 프라이머(접착제) 도포 → 에폭시수지 모르터로 단면복구 → 마감재(유기계) 도포
특 징	- 철근의 방청효과가 우수하고 재부식 확률이 없음 - 철근 노출부 보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 - 폴리머시멘트의 사용으로 콘크리트 중성화 방지 효과가 우수함 - 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 - 일반적으로 한번의 시공두께가 얇기 때문에 목표두께가 두꺼울 경우 공정이 증가함 - 보통 형식의 것은 경화시간의 늦고 공기가 길어짐	- 인장, 휨강도가 콘크리트보다 우수함 - 재료 자체의 접착성 및 내마모성이 우수함 - 재료비가 폴리머 시멘트에 비해 저가임 - 경화시간이 빠름 - 방청효과가 확실하지 않음 - 유기계 재료로서 통기성이 없으므로 재부식 발생 우려 - 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움

8.5 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

8.5.1 보수 개략공사비

가. 인천방향

【표 8.12】 보수·보강 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선순위
바닥판	백태	표면보수	20.6	30.9	m ²	58	1,792	2순위
	박리	단면보수	3.0	4.5	m ²	138	621	2순위
	재료분리	단면보수	4.06	6.09	m ²	138	840	2순위
	박락	단면보수	0.08	0.12	m ²	138	17	2순위
	철근노출	단면보수(방청)	0.16	0.24	m ²	182	44	1순위
거더	박리	단면보수	0.5	0.75	m ²	138	104	2순위
	박락	단면보수	0.09	0.14	m ²	138	19	2순위
	파손	단면보수	0.04	0.06	m ²	138	8	2순위
가로보	균열(0.3mm미만)	표면보수	0.07	0.11	m ²	58	6	3순위
	박리	단면보수	0.5	0.75	m ²	138	104	2순위
	재료분리	단면보수	0.25	0.38	m ²	138	52	2순위
교대	콘크리트 들뜸	단면보수	1.0	1.5	m ²	138	207	2순위
	콘크리트 재료분리	단면보수	6.0	9	m ²	138	1,242	2순위
	범면 토사유실	주의관찰	18.0	27	m ²	-	-	-
교각	균열(0.3mm미만)	표면보수	0.3	0.45	m ²	58	26	3순위
	망상균열	표면보수	1.0	1.5	m ²	58	87	2순위
	박리	단면보수	0.5	0.75	m ²	138	104	2순위
교량받침	몰탈 박락	단면보수	0.04	0.06	m ²	138	8	2순위
	받침 부식	재도장	7.2	10.8	m ²	20	216	2순위
	받침콘크리트 균열 (0.3mm미만)	표면보수	0.57	0.86	m ²	58	50	3순위
	받침콘크리트 백태	표면보수	0.04	0.06	m ²	58	3	2순위
	받침콘크리트 박리	단면보수	0.64	0.96	m ²	138	132	2순위
	받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.4	0.6	m ²	138	83	2순위

【표 8.12】 보수·보강 개략공사비(계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선순위
신축이음	후타재 균열	표면보수	4.45	6.68	m ²	58	387	3순위
	후타재 박리	단면보수	3.2	4.8	m ²	138	662	2순위
	본체 부식	재도장	4.5	6.75	m	20	135	2순위
	이물질 퇴적	청소	0.49	0.74	m ²	10	7	3순위
교면포장	LMC 망상균열	표면보수	20.0	30	m ²	-	0	하자
방호벽 및 중분대	균열(0.3mm미만)	표면보수	5.5	8.25	m ²	58	479	3순위
	콘크리트 박리	단면보수	1.05	1.58	m ²	138	218	2순위
	철근노출	단면보수(방청)	0.01	0.02	m ²	182	4	1순위
점검시설	발판 부식	재설치	0.3	0.45	m ²	200	90	3순위
개략공사비	구분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	48		6,654		1,045		
	제경비(순공사비×50%)	24		3,327		523		
	합계	72		9,981		1,568		
유지보수 개략공사비 총계		11,621						

주1)보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음(정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영).

주2)동일부재에서 보수방안을 중심으로 합산하여 개략공사비를 산출하였음.

나. 강릉방향

【표 8.13】 보수·보강 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선순위
바닥판	균열(0.3mm미만)	표면보수	10.0	15	m ²	58	870	3순위
	균열(0.3mm이상)	주입보수	22.2	33.3	m	70	2,331	1순위
	채균열(0.3mm미만)	표면보수	0.45	0.68	m	58	39	3순위
	망상균열	표면보수	39.51	59.27	m ²	58	3,438	2순위
	균열/백태(0.3mm미만)	표면보수	2.67	4.01	m ²	58	233	3순위
	균열/백태(0.3mm이상)	주입보수	8.0	12	m	70	840	1순위
	백태	표면보수	10.86	16.29	m ²	58	945	2순위
	충분리	단면보수	0.06	0.09	m ²	138	12	2순위
	재료분리	단면보수	0.06	0.09	m ²	138	12	2순위
	철근노출	단면보수(방청)	1.47	2.21	m ²	182	402	1순위
	콘크리트 박락	단면보수	1.01	1.52	m ²	138	210	2순위
	콘크리트 열화, 박리	단면보수	87.0	130.5	m ²	138	18,009	2순위
	거푸집 미제거	정비	2.4	3.6	m ²	10	36	3순위
거더	균열(0.3mm미만)	표면보수	0.22	0.34	m ²	58	20	3순위
	망상균열	표면보수	0.18	0.27	m ²	58	16	2순위
	백태	표면보수	0.24	0.36	m ²	58	21	2순위
	보수재 박리	단면보수	1.14	1.71	m ²	138	236	3순위
	재료분리	단면보수	0.29	0.43	m ²	138	59	2순위
	콘크리트 긁힘, 박락	단면보수	0.47	0.71	m ²	138	98	2순위
	콘크리트 박리	단면보수	2.04	3.06	m ²	138	422	2순위
가로보	균열(0.3mm미만)	표면보수	3.97	5.96	m ²	58	346	3순위
	균열(0.3mm이상)	주입보수	3.1	4.65	m	70	326	1순위
	백태	표면보수	1.08	1.62	m ²	58	94	2순위
	재료분리	단면보수	4.24	6.36	m ²	138	878	2순위
	철근노출	단면보수(방청)	2.26	3.39	m ²	182	617	1순위
	콘크리트 열화, 박리	단면보수	2.34	3.51	m ²	138	484	2순위

【표 8.13】 보수·보강 개략공사비(계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선순위
교대	균열(0.3mm미만)	표면보수	3.15	5.27	m ²	58	306	3순위
	균열(0.3mm이상)	주입보수	5.7	8.55	m	70	599	1순위
	실란트 파손	실링처리	9.0	13.5	m	5	68	3순위
	백태	표면보수	0.08	0.12	m ²	58	7	2순위
	재료분리	단면보수	2.18	3.27	m ²	138	451	2순위
	콘크리트 박락, 파손	단면보수	0.61	0.92	m ²	138	127	2순위
	콘크리트 열화, 박리	단면보수	6.27	9.4	m ²	138	1,297	2순위
	콘크리트 표면오염	표면보수	40.71	61.07	m ²	58	3,542	2순위
교각	균열(0.3mm미만)	표면보수	11.51	17.27	m ²	58	1,002	3순위
	균열(0.3mm이상)	주입보수	2.5	3.75	m	70	263	1순위
	재료분리, 층분리	단면보수	0.66	0.99	m ²	138	137	2순위
	콘크리트 균열, 박락, 파손	단면보수	1.89	2.84	m ²	138	392	2순위
	콘크리트 열화, 박리	단면보수	1.36	2.04	m ²	138	282	2순위
교량받침	몰탈 균열 (0.3mm미만)	표면보수	1.92	2.89	m ²	58	168	3순위
	받침 부식	채도장	25.1	37.65	m ²	20	753	2순위
	받침콘크리트 균열 (0.3mm미만)	표면보수	3.14	4.72	m ²	58	274	3순위
	받침콘크리트 균열 (0.3mm이상)	주입보수	3.4	5.1	m	70	357	1순위
	받침콘크리트 보수재 박리	표면보수	0.15	0.22	m ²	58	13	3순위
	받침콘크리트 박락	단면보수	0.16	0.24	m ²	138	33	2순위
	받침콘크리트 표면열화, 박리	단면보수	1.39	2.09	m ²	138	288	2순위
신축이음	후타재 균열	표면보수	6.25	9.38	m ²	58	544	3순위
	후타재 박리	단면보수	0.37	0.55	m ²	138	76	2순위
	이물질 퇴적	청소	1.35	2.03	m ²	10	20	3순위
교면포장	LMC 균열	표면보수	1.97	2.96	m ²	-	-	하자
방호벽 및 중분대	콘크리트 박리	단면보수	0.09	0.14	m ²	138	19	2순위
	철근노출	단면보수(방청)	0.04	0.06	m ²	182	11	1순위
	보수재 박리	표면보수	60.0	90	m ²	58	5,220	3순위
점검시설	발판 부식	재설치	5.0	7.5	m ²	200	1,500	3순위
개략공사비	구분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	5,746		32,102		10,895		
	제경비(순공사비×50%)	2,873		16,051		5,448		
	합계	8,619		48,153		16,343		
유지보수 개략공사비 총계		73,115						

주1)보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음(정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영).

주2)동일부재에서 보수방안을 중심으로 합산하여 개략공사비를 산출하였음.

8.5.2 성능을 고려한 보수 우선순위

가. 인천방향

구분	비용 Cost (천원)	부재별 가중치			성능별 가중치			합계 (EI)	우선순위 지수(PD) EI/Cost	순위
		안전 성능 (E1)	내구 성능 (E2)	사용 성능 (E3)	안전 성능 E1×P1	내구 성능 E2×P2	사용 성능 E3×P3			
교면포장	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
방호울타리	701	1.8%	-	-	0.0122	-	-	0.0122	0.000017	8
신축이음	1,191	6.2%	-	-	0.0422	-	-	0.0422	0.000035	7
배수시설	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
바닥판하면	3,314	26.6%	36.2%	84.4%	0.1809	0.0688	0.1097	0.3594	0.000108	6
거더	131	24.7%	27.5%	-	0.1680	0.0587	-	0.2267	0.001730	1
가로보	162	5.3%	-	-	0.0360	-	-	0.0360	0.000222	3
교대, 교각	1,666	22.1%	32.9%	-	0.1503	0.0625	-	0.2128	0.000128	5
받침	492	13.3%	-	-	0.0904	-	-	0.0904	0.000184	4
점검통로	90	-	-	15.6%	-	-	0.0203	0.0203	0.000225	2
종합평가 가중치 : P1=68%, P2=19%, P3=13%										

나. 강릉방향

구분	비용 Cost (천원)	부재별 가중치			성능별 가중치			합계 (EI)	우선순위 지수(PD) EI/Cost	순위
		안전 성능 (E1)	내구 성능 (E2)	사용 성능 (E3)	안전 성능 E1×P1	내구 성능 E2×P2	사용 성능 E3×P3			
교면포장	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
방호울타리	5,250	1.8%	-	-	0.0122	-	-	0.0122	0.000002	8
신축이음	640	6.2%	-	-	0.0422	-	-	0.0422	0.000066	2
배수시설	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
바닥판하면	27,377	26.6%	36.2%	84.4%	0.1809	0.0688	0.1097	0.3594	0.000013	6
거더	872	24.7%	27.5%	-	0.1680	0.0587	-	0.2267	0.000260	1
가로보	2,745	5.3%	-	-	0.0360	-	-	0.0360	0.000013	7
교대, 교각	8,473	22.1%	32.9%	-	0.1503	0.0625	-	0.2128	0.000025	4
받침	1,886	13.3%	-	-	0.0904	-	-	0.0904	0.000048	3
점검통로	1,500	-	-	15.6%	-	-	0.0203	0.0203	0.000014	5
종합평가 가중치 : P1=68%, P2=19%, P3=13%										

8.5.3 유지관리 전략 제안

관리주체는 관할 내 교량의 경제성(교통량, 투입비용, 향후교통량), 검토사항(시공성, 제 3 대상 위험도, 노선, 환경), 사고위험 등을 종합적으로 고려하여 다수의 시설물 중 보수의 우선 순위가 높은 시설물을 결정하고, 개별시설물의 비용효과 분석을 통해 선정된 시설물 내의 부재별 보수·보강 우선순위를 결정하여 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다만, 부재별 우선순위를 선정할 때 부재 내의 손상의 경중을 고려한 것이 아닌, 부재별 총공사비와 해당 부재의 가중치를 비교하여 도출된 결론으로써 부재별 보수·보강의 효율성을 판단하는 것이므로 우선순위가 높은 부재라고 하더라도 그 부재가 주요손상을 포함하고 있다고 할 수는 없다. 그러므로 보수를 실시하고자 할 때 주요 손상에 대해 우선적으로 보수를 하고 순위별로 순차적으로 보수 조치를 취하도록 한다.

가. 인천방향

해당 교량은 종합성능평가 결과가 0.289로 평가되었으며, 성능목표인 $0.13 \leq X < 0.20$ 을 만족하지 못하므로 교량의 내구연한 증진을 위하여 경제성을 고려한 우선순위를 대상으로 보수를 실시한다면 성능목표인 $0.13 \leq X < 0.20$ 을 만족할 것으로 판단된다.

나. 강릉방향

해당 교량은 종합성능평가 결과가 0.325로 평가되었으며, 성능목표인 $0.13 \leq X < 0.20$ 을 만족하지 못하므로 교량의 내구연한 증진을 위하여 경제성을 고려한 우선순위를 대상으로 보수를 실시한다면 성능목표인 $0.13 \leq X < 0.20$ 을 만족할 것으로 판단된다.