

제 8 장 시설물의 유지관리 전략 제안

8.1 일반

8.2 유지관리 전략 제안 시 고려사항

8.3 유지관리 전략 활용 방안

8.4 유지관리 전략 제안 절차

8.5 보수·보강 방안

8.6 시설물의 성능목표 및 성능평가 실시결과 검토·분석

8.7 보수·보강 우선순위 및 개략공사비

8.8 중점 유지관리사항

8.9 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제시

제 8장 시설물의 유지관리 전략 제안

8.1 일반

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.

8.2 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 or 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.

8.3 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.

8.4 유지관리 전략 제언 절차

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

【표 8.1】 유지관리 전략제안을 위한 우선순위 절차

구분	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

8.4.1 대상선정

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

8.4.2 자료수집

시설물별로 성능평가 절차에 의한 평가 결과와 추가 자료를 수집한다.

8.4.3 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.

8.4.4 우선순위 수준선정

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

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

8.4.5 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 부재가중치는 [부록]을 참조하여 선정한다.

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

여기서, P1 : 성능간 가중치(안전성능)

P2 : 성능간 가중치(내구성능)

P3 : 성능간 가중치(사용성능)

E1 : 부재 가중치(안전성능)

E2 : 부재 가중치(내구성능)

E3 : 부재 가중치(사용성능)

$$\text{※ 부재가중치} = \text{공법별 가중치} \times \text{영향도}$$

8.4.6 유지관리 전략 제언

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

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

8.5 보수·보강 방안

8.5.1 개요

모든 구조물은 시간이 경과함에 따라 여러 가지 원인에 의해 손상이나 결함이 발생하게 되고, 작은 결함이라도 그대로 방치해 두면 점진적으로 발전하여 대형사고의 원인이 될 수도 있다. 따라서 구조물에 대한 보수·보강은 구조물의 기능성 및 안전성을 유지하고 필요에 따라 그 기능의 강화를 도모하기 위해 실시하여야 한다.

8.5.2 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항

외관조사, 내구성조사, 상태평가 및 안전성평가 결과 등을 종합적으로 검토하고 시공성, 경제성 등을 고려하여 적합한 재료와 보수·보강공법을 선정하였으며, 그에 따라 보수·보강 우선순위는 결함, 손상, 열화의 상태에 따라서 구조적 안전성, 사용성 및 내구성 등을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

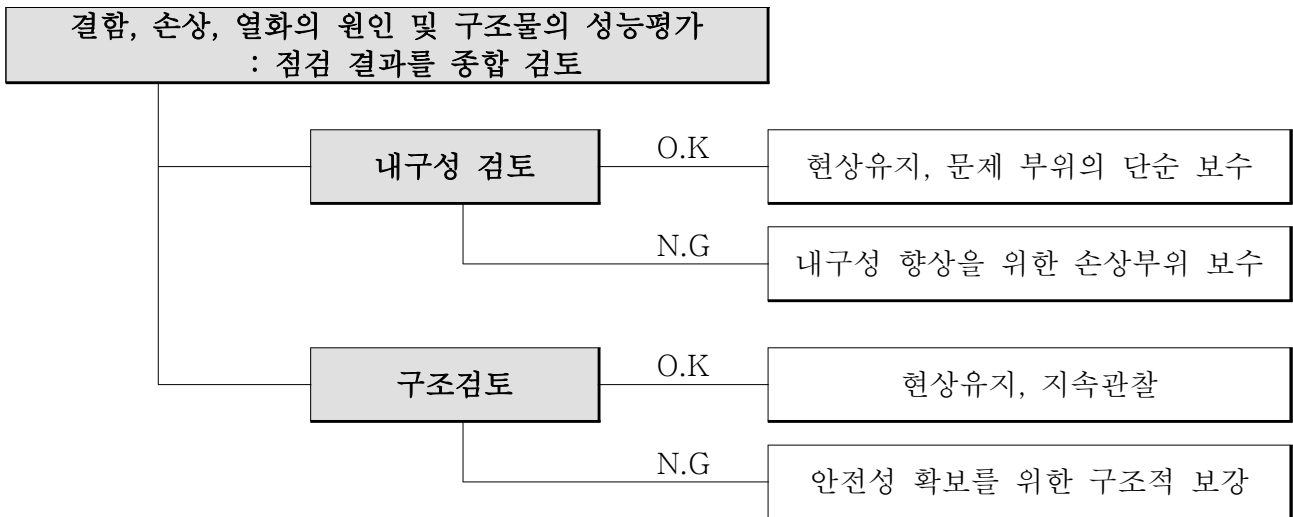
【표 8.2】 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항

검토항목	검토내용
보수·보강 필요성 판단	•외관조사, 내구성조사, 상태 및 안전성평가 ⇒ 진단 결과를 종합적으로 분석 후 보수·보강 여부 판단
보수·보강 공법의 선정	•구조물의 기능 및 중요도 •구조물의 형식과 환경조건 •보수 후 요구 내용년수 •공법의 시공성과 경제성
보수·보강 수준 결정	•국부적인 보수 또는 전반적인 보수 여부 결정 •구조물의 수명과 장·단기 대책을 고려한 보수·보강 범위 산정
보수·보강 재료의 선정	•용도 및 목적에 적합한 품질을 가진 재료 선정 •품질과 성능이 확인된 재료 사용 ⇒ 적절한 시험방법, 사용 실적 또는 신뢰할 만한 근거자료 등
보수·보강 우선순위 결정	•결함, 손상, 열화의 상태 및 중요도 •구조적 안전성, 사용성, 내구성

가. 보수·보강 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침과 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

보강의 경우는 부재 안전율을 각종 기준에서 정하는 수치 이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.



【그림 8.1】 보수·보강 범위의 결정

나. 보수·보강 공법 선정 및 수준 결정

1) 보수·보강 공법의 선정

- 우수한 성능의 보수·보강 공법도 적용구조물의 형식과 환경조건에 따라서 그 성능이 충분히 발휘되지 않는 경우가 있다. 따라서 보수·보강 공법 선정시에는 구조물의 중요도, 형식, 기능, 환경조건 혹은 보수 후 내용년수 등을 고려하고 공법이 그 성능을 충분하게 발휘할 수 있는지 확인하여야 한다.

2) 보수·보강의 수준 결정

- 조사 및 시험을 통하여 얻은 결과를 기초자료로 하여 종합적인 평가를 실시한 후 보수·보강의 수준을 결정하게 된다. 손상 및 열화에 대하여 분포면적, 분포유형, 시설물의 안전성, 현 상태의 내구성능, 보수 후의 회복목표수준 등을 고려하여 보수·보강 여부 및 수준을 아래의 경우 중에서 결정한다.

- 현상유지(진행 억제)
- 초기수준 이상으로 개선
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 개축

다. 보수·보강 재료의 선정

보수·보강 재료는 보수·보강 공법의 사용목적에 부합하고 시공하기에 적절한 기본적인 성능을 만족하여야 한다.

1) 보수·보강 재료의 요구 성능 설정

- 보수·보강 재료의 요구 성능은 보호성능, 내구성능, 시공성능 및 기본적인 성능을 고려하여 설정한다. 일반적으로 보수재료에 요구되는 성능으로는 시공성과 내구성능이다. 보수·보강 재료는 재료 자체의 특성을 충분하게 발휘할 수 있도록 시공되어야 한다. 즉, 시공환경에서 간단하면서도 균일하게 시공이 되는 것이 중요하다.
- 내구성능은 보수·보강 재료의 원래 목적이 되는 성능이지만 보수 후 공용기간 중 소정의 수준을 만족시키는 것을 나타내는 성능으로 재료 자체의 열화에 대한 저항성과 밀접한 관계가 있다. 부착성과 수축성 등은 보수·보강 재료가 구조물과 일체화해서 거동하는 것에 기본이 되는 성능이고, 이것이 불충분한 경우에 이들 재료는 그 본래의 목적을 달성할 수 없다.

2) 적용 가능한 보수·보강 재료의 선정

- 구체적인 요구성능 및 그 요구수준이 결정되면 그것을 만족시키는 재료의 후보를 선정한다. 단, 재료를 새로 설계하는 것이 곤란한 경우에는 시판재료 중에서 요구성능을 만족시키는 것으로 생각되는 것을 선택하거나, 혹은 요구 성능을 만족하도록 복수의 시판 재료를 조합한 재료시스템을 구축해도 좋다. 재료를 조합해서 사용하는 경우에는 고려 방법과 조합의 가능성, 문제점 등에 관해서 명확히 해 둘 필요가 있다.

3) 보수·보강 재료의 성능조사

- 보수·보강 재료가 요구 성능을 만족하고 있는가를 적당한 방법을 통해서 조사해야 한다. 이 조사는 설계된 재료의 성능 평가값이 요구 성능의 수준 이상인 것을 확인하는 것으로 성능조사의 구체적인 방법은 다음과 같다.
- 첫 번째 방법으로는 재료의 다양한 특성값을 사용해서 요구 성능을 직접 평가하고 그 결과를 요구수준과 비교하는 것이다.
- 또 다른 방법으로는 공공기관이 정한 규격시험을 통해 얻어진 재료시험 결과를 공공기관이 설정한 규격과 비교하는 것이다.

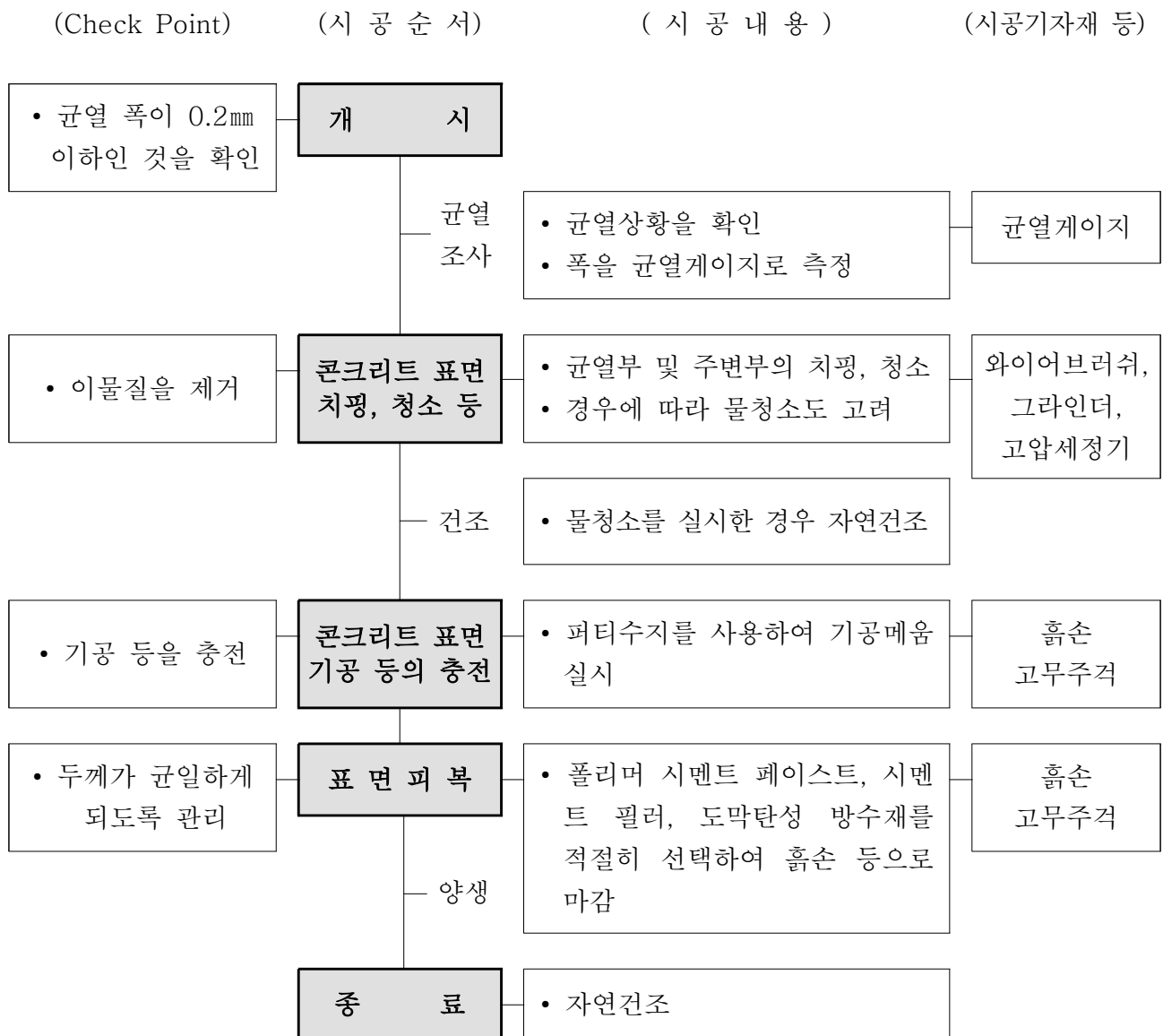
8.5.4 콘크리트구조물에 대한 보수·보강 방법

가. 콘크리트 균열보수 방안

콘크리트 부재의 균열은 균열폭, 진행성, 기타 손상(백태 등) 여부에 따라 표면처리공법, 주입공법, 충전공법 등과 같은 보수·보강 공법이 있다.

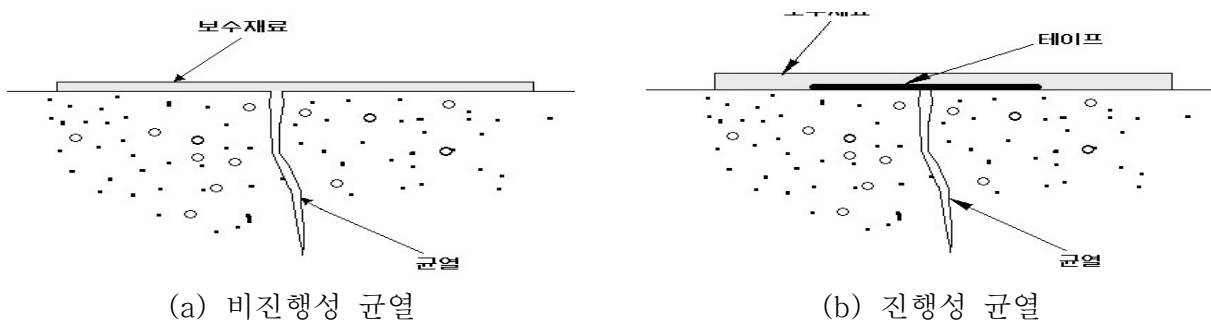
1) 콘크리트 표면처리공법($c/w=0.2\text{mm}$ 이하)

- 표면처리공법의 적용은 미세한 균열(폭 0.2mm 이하), 선상 및 면상백태가 발생한 경우 표면에 피막층을 형성하여 방수성, 내구성을 향상시키도록 하는 방법으로 공법의 흐름도와 개요도는 다음과 같다.



【그림 8.2】 표면처리공법 시공 흐름도

- 균열의 성장이 정지된 상태에서는 균열선 및 백태를 따라 폭 50~100mm를 와이어 브러쉬로 닦아내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 모르타르로 균일하게 도포한다. 콘크리트 표면에 0.2mm이하의 균열이 많이 분포해 있는 경우도 같은 방법으로 도포할 수 있으며, 재료를 기계로 분무하여 도포할 수도 있다.
- 균열 폭의 변동이 큰 경우 경화 후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르타르로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 【그림 8.3】 (b)와 같이 균열면을 와이어 브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15mm 절연재를 부착하고, 절연재를 중심으로 폭 30~50mm, 두께 2~4mm의 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.
- 이 공법은 예전에는 균열부분의 폭이 작은 경우에 사용하는 경우가 대부분이었다. 그러나 최근에는 균열 폭의 확대를 제어하거나, 부식된 철근의 결손부분을 보충하는 등의 목적으로 탄소섬유시트나 아라미드섬유시트, 유리섬유시트라고 하는 연속섬유시트를 구조물의 표면에 붙이는 방법이 실용화되고 있다.
- 이러한 연속섬유시트 접착공법은 콘크리트 구조물의 휨 내력과 전단 내력성을 향상시킬 목적으로 개발된 보수보강공법이지만, 이용방법의 하나로써 균열부분의 보수가 제안되고 실용화되고 있다. 균열의 보수공법으로서 생각하는 경우에는 표면 피복 공법과 위치가 결정된다.
- 연속섬유시트 접착공법으로 균열부를 보수할 때, 균열 폭이 비교적 큰 경우나 균열부에서의 누수가 확인된 경우에는 하지 처리로서 균열부를 주입공법으로 보수해 놓아야 한다. 이 하지 처리가 불충분하면 연속섬유시트와 구조물과의 접착면이 파괴되어 시트 박리 등의 불량이 일어난다.
- 이처럼 균열부가 변동하는 경우에는 균열부를 가로지르는 연속섬유의 파단을 막기 위해서 균열부와 피복재와의 사이에 비닐시트 등의 절연재료를 끼우는 등의 조치를 마련해 두는 것이 중요하다.
- 각 균열보수공법에 따른 보수재료의 종류는 다음과 같다.



【그림 8.3】 표면처리공법 개요도

【표 8.3】 균열 보수재료의 종류와 보수공법

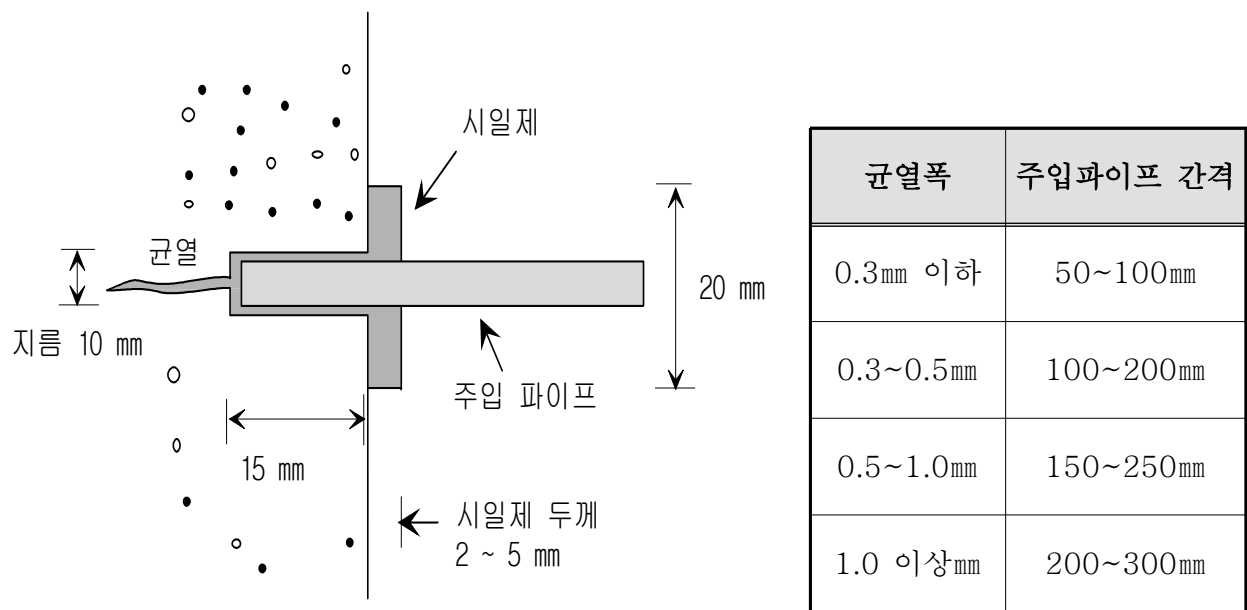
구분	보수재료의 종류	표면처리공법	주입공법	충전공법
수지계	폴리머 모르터			○
	에폭시수지		○	○
	가소성 에폭시수지		○	○
	탄성실링재	○		
	도막탄성방수재	○		
시멘트계	폴리머 시멘트 슬러리		○	
	폴리머 시멘트 페이스트	○		
	폴리머 시멘트 모르타르			○
	시멘트 충전재	○		
	팽창시멘트 주입재		○	

2) 주입공법

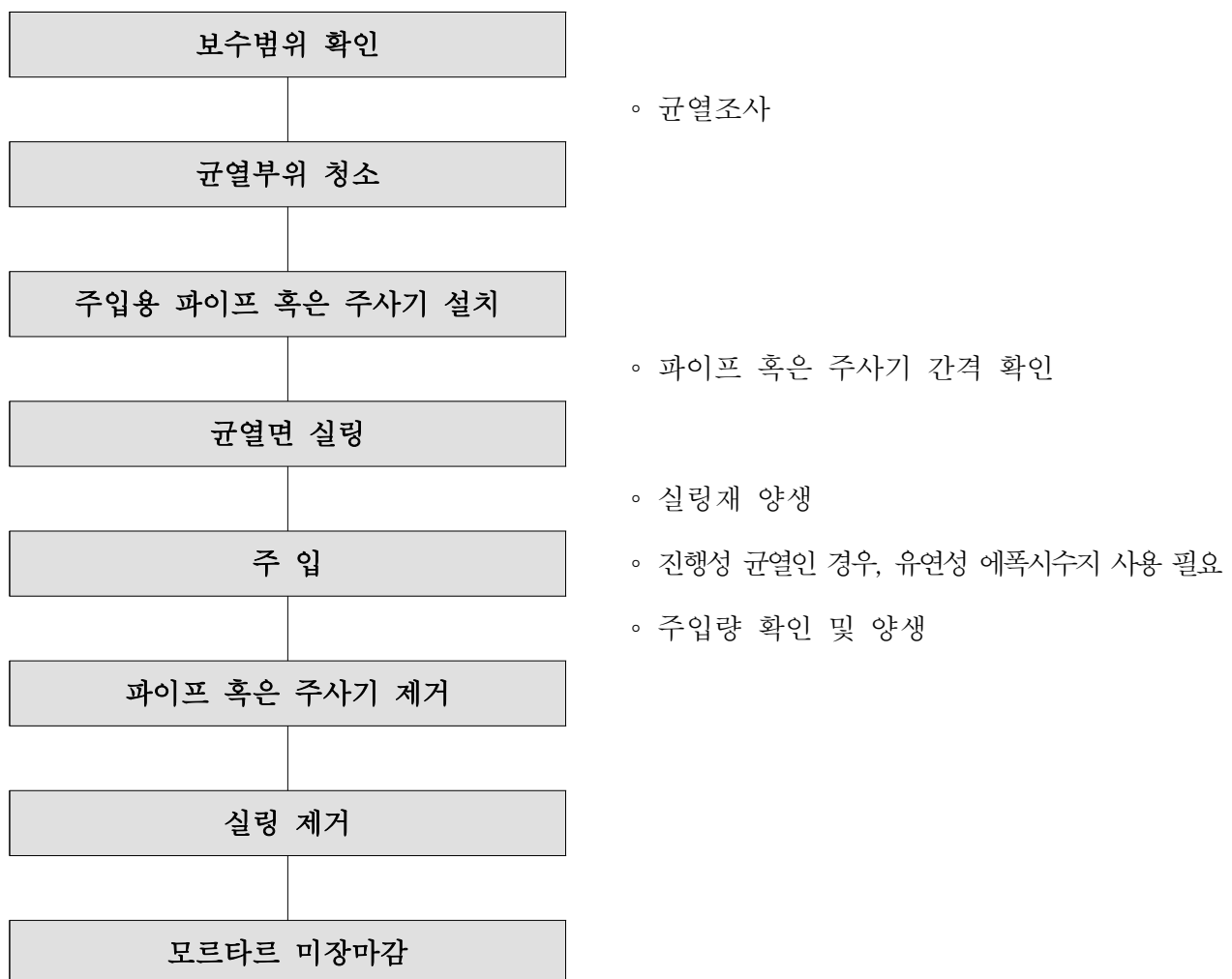
- 주입공법은 폭 0.3mm이상의 균열에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 공법으로, 마감재가 콘크리트 모체로부터 들떠 있는 경우에도 적용할 수 있다. 주입공법은 【표 8.4】와 같이 시공위치 및 균열 폭에 따라 기계식, 수동식, 유입식, 저압식 주입방법 등의 압입식이 사용된다.
- 주입공법은 종래에 기계식 및 수동 주입방법이 많이 이용되고 있으나, 이 방법은 주입량을 정확하게 파악할 수 없으며 관통하지 않은 균열은 균열 깊이까지 보수재료를 주입하기가 곤란하다. 또한, 주입압력이 너무 높으면 균열을 넓혀 주는 등의 문제점이 있다.
- 반면, 저압저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있다.

【표 8.4】 균열에 따른 주입방법의 분류

공법		기계주입방법	수동주입방법	유입방법	저압수지주입방법
시공위치	수평면(상)	○	○	○	○
	수평면(하)	○	○		○
	수직면	○	○		○
균열폭 (mm)	0.25 이하	○			○
	0.25~2.0		○	○	○
	2.0~5.0		○	○	
	5.0 이상			○	



【그림 8.4】 일반적 주입공법



【그림 8.5】 주입공법의 일반적 시공순서

① 압입식 수지주입공법 특징

- 압입식 수지주입공법은 균열 위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압, 자동식 기계 등으로 수지를 주입하는 방식이다. 이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열 폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열 폭에 알맞은 수지의 점성도는 아래의 표와 같다.
- 압입식 수지주입공법은 수지가 들어 있는 용기를 균열 위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고 용기 높이의 저압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 그리고 주입되는 수지의 거동은 동심원 상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 0.4MPa(4kg/cm²) 이하로 규정되어 있으나, 실제로는 0.1MPa(1kg/cm²) 전후가 사용된다.

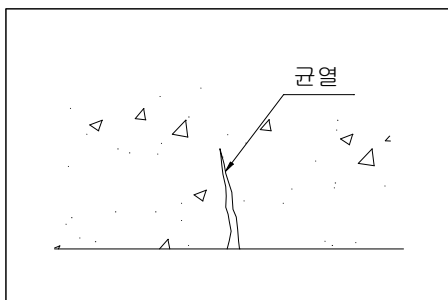
【표 8.5】 압입식 수지주입 방식

압입 방식	용기의 형태
•압축용기에서의 압축공기로 주입	•플라스틱제의 실린더
•압력탱크 내의 압축된 압력으로 주입	•플라스틱제의 압력탱크
•압축실린더에 의한 유압으로 주입	•금속제의 실린더
•고무시트의 복원력으로 주입	•플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
•고무풍선압으로 주입	•고무풍선
•고무밴드의 복원력으로 주입	•플라스틱제 실린더와 피스톤
•캡슐 내의 용수철로 주입	•플라스틱제 캡슐 탱크

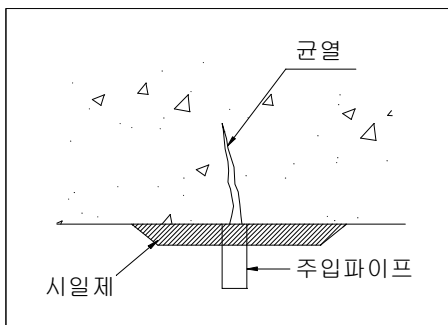
【표 8.6】 균열 폭에 알맞은 수지의 점성도

형상		점성도(20℃, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점성도	500±200	0.1mm 전후
	고점성도	1,500±500	0.2mm 전후
겔 상태		6,000±1,000	0.5~5.0mm 전후

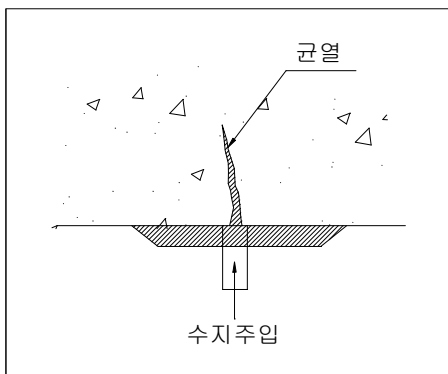
- 주입재는 에폭시 수지계 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있다. 무기질계 슬러리는 습윤 환경에서도 사용이 가능하나, 반면에 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.
- 수지주입공법 개요 및 시공 흐름도와 특징은 다음과 같다.



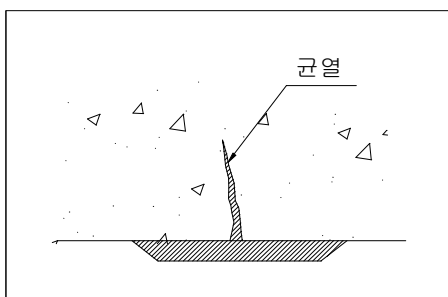
- 바탕처리
⇒ 균열면에 유리석회 및 먼지 제거



- 주입파이프 설치 및 씰링
⇒ 주입파이프 사이의 균열부분에 씰링 후 1~2일 양생

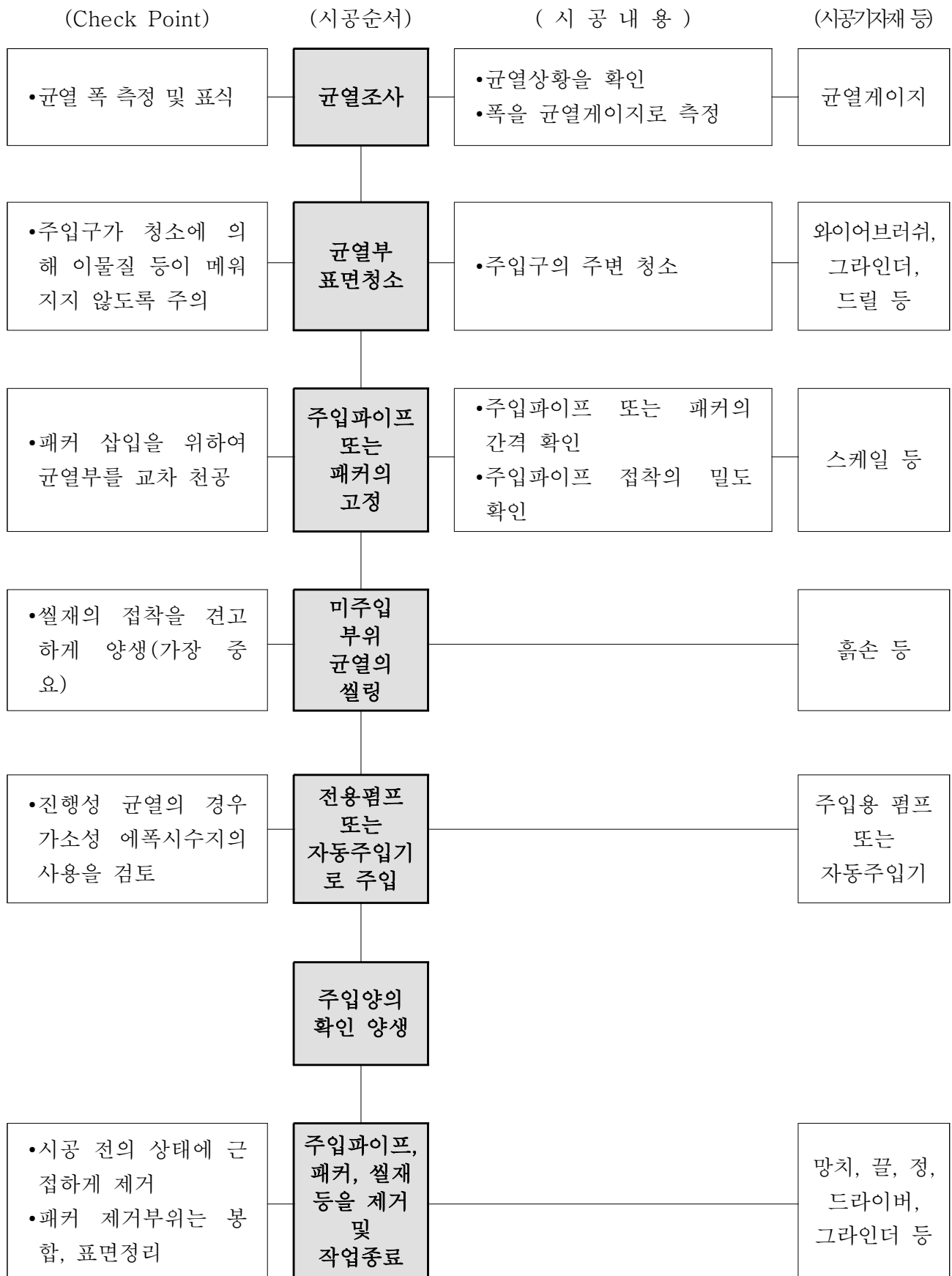


- 수지주입
⇒ 수동식, 유압식, 자동식 주입법 등으로 주입



- 주입파이프 철거 및 표면마무리

【그림 8.6】 균열 수지주입공법 개요도



【그림 8.7】 수지주입공법 시공 흐름도

【표 8.7】수지계 주입재의 특징

재료명	주요 성분	특징·용도
에폭시 수지계 균열주입재	에폭시수지	•균열, 추종성이 양호 •적용가능 균열 폭은 0.2~2.0mm
	유연형 에폭시수지	•경화물의 유연성이 풍부하여 진행성 균열에 적합 •균열 및 알칼리골재반응의 성능저하 보수에 적합
	자기유화형 에폭시수지	•수중경화, 콘크리트 중의 수분과 반응 •강도특성이 뛰어남 •균열 폭이 0.15mm이상에 적용
	에폭시수지, 포틀랜드 시멘트	•수중경화형 에폭시수지와 시멘트 반응으로 발포 •적용가능 균열 폭 1.0~10.0mm
폴리머 시멘트계 주입재	에폭시수지계 에멀전 미분말충전재 조강시멘트	•균열 폭 5.0mm이상에 적용 •습윤면에 대하여 접착성이 우수 •알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합

② 압입식 수지주입공법 시공시 주의사항

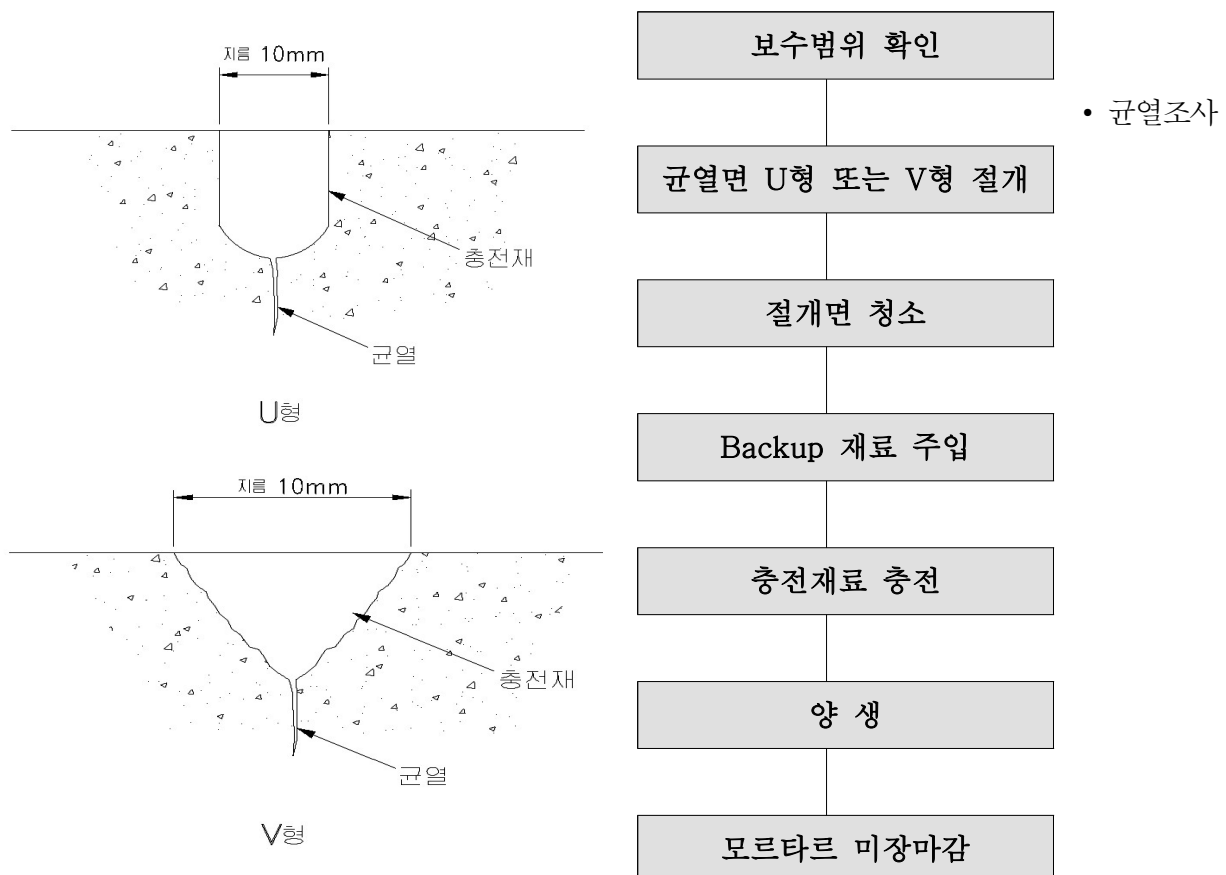
- 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며 우천 시는 중지한다. 보수부 콘크리트의 표면온도는 10℃이상을 표준으로 하고 있으므로 기온차가 심한 경우에는 기온의 변화에 대응하는 에폭시계 수지의 성상을 조사하여 두고 겨울철에 부득이 시공하는 경우에는 가열양생 등의 조치를 고려할 필요가 있다.
- 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다. 일반적으로 에폭시계 수지의 경화시간이란 접착제를 혼합해서 충분한 접착강도가 보증되는 작업 가능시간까지의 시간을 말하나 기온, 혼합량의 대소 등에 따라서도 다르므로 주의해야 한다.
- 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 롯트마다 시험을 실시하여 품질의 확인이 필요하다.
- 썰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입파이프를 절단하고 썰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 마무리한다.

3) 충전공법

- 균열 폭이 0.5mm 이상으로 비교적 큰 경우의 보수에 적합한 공법으로, 균열을 따라 모르타르 마감 또는 콘크리트를 절단하여 그 부분에 보수재를 충전하는 방법이다. 이 공법은 철근이 부식되어 있는 경우와 부식되지 않은 경우에 따라 보수방법이 다르다. 충전공법에 사용되는 충전재료에 따라서 U커트 쉘링재 충전공법, 결합부위 에폭시수지 모르타르 충전공법 그리고 결합부위 폴리머 시멘트 모르타르 충전공법 등이 있다.

① 철근이 부식되지 않은 경우

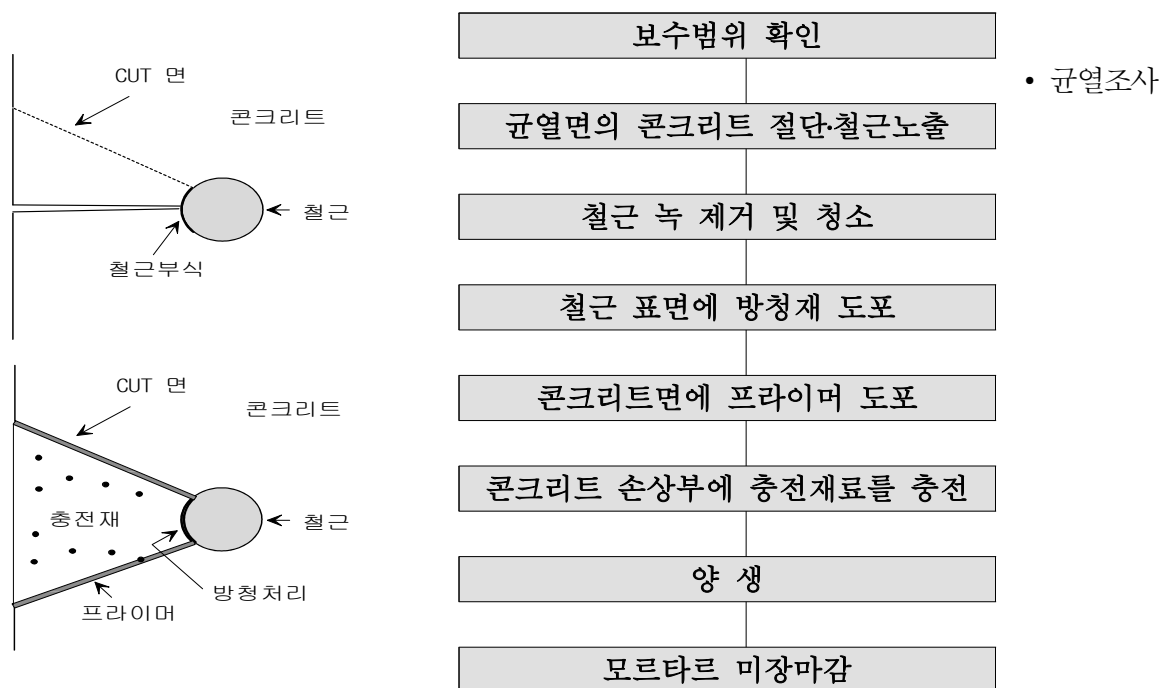
- 철근이 부식되지 않은 경우는 다음 그림과 같이 균열을 따라 약 10mm 폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 절개한 후, 이 부위에 쉘링재, 유연성 에폭시수지 또는 폴리머 시멘트 모르타르 등을 충전하여 보수한다. V형으로 절개하는 방법은 간편하지만 폴리머 시멘트 모르타르를 충전하는 경우 충전한 모르타르의 박리가 발생하기 쉽기 때문에 U형으로 절개하는 방법이 보다 효과적이다.



【그림 8.8】 철근이 부식되지 않은 경우의 충전공법 및 시공흐름

② 철근이 부식된 경우

- 철근이 부식된 경우의 충전공법은 부식된 철근부위까지 콘크리트를 깨내고 철근의 녹을 완전히 제거하고, 철근에 대한 방청처리와 콘크리트 면에 대한 프라이머 도포 후 폴리머 시멘트 모르타르나 에폭시수지 모르타르 등의 재료로 충전하는 순서로 시공한다.
- 이 방법은 철근이 부식된 경우의 철근콘크리트 구조물의 내구성 회복을 목표로 한 균열보수의 주된 방법으로 환경조건에 따라 여러 가지의 재료 및 공법이 사용될 수 있다.
- 철근이 부식된 경우의 충전공법은 크게 보수재료에 의해 물리적으로 부식을 방지하는 방법, 콘크리트에 알칼리성을 부가하여 화학적으로 부식을 방지하는 방법 그리고 이 2가지의 혼용방법 등 3가지로 분류될 수 있다.
- 철근이 부식된 경우의 보수에는 다음 사항을 고려해야 한다. 첫째, 부식된 철근의 녹을 완전히 제거하는 것을 원칙으로 한다. 둘째, 균열이 발생되지 않은 부분의 철근도 부식하는 경우가 많기 때문에 그 부분을 포함하여 보수한다. 셋째, 균열이 진행성이면 균열폭이 증가되는 경우가 많이 있기 때문에 변형에 대한 유연성이 큰 보수재료를 사용한다.
- 이상에서 언급한 공법에 사용하는 재료로서는 일반적으로 콘크리트는 타설 후 수년이 지나도 수분을 함유하는 재료이므로 균열면은 항상 습윤 상태로 있는 경우가 많다. 이 같은 경우는 습윤 균열 전용으로 개발된 에폭시수지계 보수재료를 이용하는 것이 바람직하다.



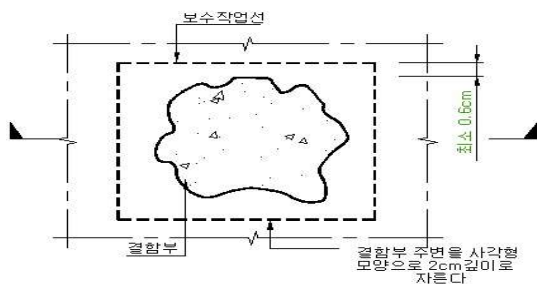
【그림 8.9】 철근이 부식된 경우의 충전공법 및 시공흐름

나. 콘크리트 단면보수 방안

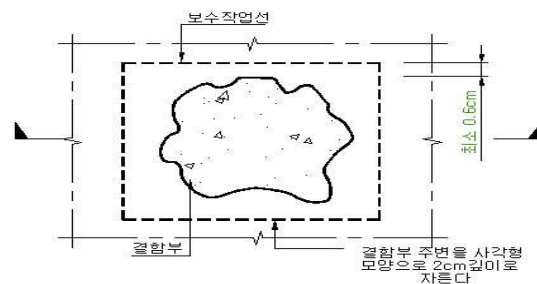
콘크리트 부재의 단면손상(박리, 재료분리, 박락, 철근노출 등)은 손상 깊이 및 정도에 따라 다음과 같은 보수·보강 공법이 있다.

1) 얇은 보수(Shallow Repairs)

- 얇은 보수는 콘크리트의 손상 깊이가 얇고 철근이 노출되지 않는 경우에 적용된다. 손상된 콘크리트는 직사각형이나 정사각형으로 20mm 정도 깊이까지 압축공기해머나 수압분쇄기로 제거하며, 콘크리트의 제거시 철근에 손상을 입히지 않도록 한다. 그 다음에 보수방법은 표면 청소/정리→신구콘크리트 접착제 바르기→모르타르 채움의 순서로 한다.



<평면도>



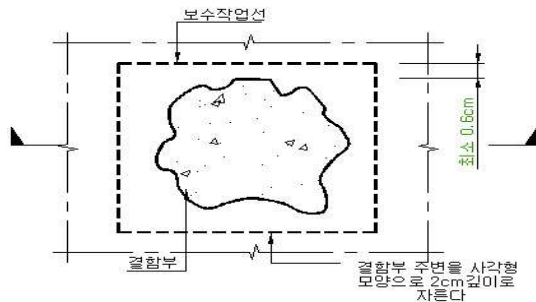
<단면도>

구분	표면처리 및 고압 물청소	면처리제 도포	단면복구	마감재 도포
개요도				
방 법	•열화된 콘크리트를 수공구 또는 전동공구를 사용하여 손상부위 제거 •고압수 세정기를 이용하여 이물질을 완전히 제거한 후 자연건조	•롤러나 도로작업용 붓, 에어스프레이 건 등을 사용하여 표면처리 후 구체에 골고루 도포	•복구재료를 이용한 단면복구	•롤러나 붓으로 마감재를 도포

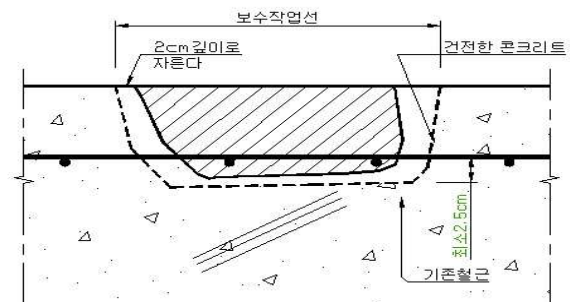
【그림 8.10】 콘크리트 단면보수(얇은 보수) 일반도

2) 깊은 보수(Deep Repairs)

- 깊은 보수는 손상 깊이가 철근 피복두께보다 더 깊을 때 적용된다. 손상된 콘크리트는 얇은 보수처럼 제거하지만 철근을 완전히 노출시키며, 콘크리트의 제거 시 철근에 손상을 입히지 않도록 한다.
- 철근의 안쪽 콘크리트를 25mm 정도 깊이까지 제거하고 철근은 샌드블라스팅이나 수압 분쇄기로 완전히 청소하며, 만일 중앙부의 철근에 단면손실이 있다면 보강철근으로 보강하고 철근에는 방청도료를 칠하여 방식효과를 높이도록 한다. 그 다음의 보수방법은 표면 청소/정리→신구콘크리트 접착제 바르기→모르타르 채우기의 순서로 한다. 또한, 신구콘크리트 이음면에서 접착이 불량할 경우는 콘크리트가 양생된 후 이음면에 균열 보수에서와 같은 주입공법을 시행한다.



<평 면 도>



<단 면 도>

구분	표면처리 및 고압 물청소	면처리제 도포	단면복구	마감재 도포
개요도				
방 법	• 열화된 콘크리트를 수공구 또는 전동공구를 사용하여 손상부위 제거 • 철근의 부식부분을 제거하고 고압수 세정기를 이용하여 이물질들을 완전히 제거한 후 자연건조	• 롤러나 도로작업용 붓, 에어스프레이 건 등을 사용하여 표면처리 후 구체에 골고루 도포 • 붓이나 흠손 등을 사용하여 철근 주위에 균일하게 도포	• 복구재료를 이용한 단면복구	• 롤러나 붓으로 마감재를 도포

【그림 8.11】 콘크리트 단면보수(깊은 보수) 일반도

3) 단면보수공법 사용재료

- 보수재료는 일반적으로 폴리머 시멘트 모르타르, 에폭시 모르타르와 현장배합으로 사용되는 모르타르 및 콘크리트 등이 사용된다.
- 폴리머 시멘트계 재료는 폴리머를 혼합하지 않은 모르타르에 비하여 차염성, 탄산화 억제효과, 물과 산소에 대한 저항성이 높은 경화체가 얻어지므로 일반 모르타르에 비해 높은 보수 성능을 가진 것으로 알려져 있다.
- 에폭시계 모르타르를 사용할 경우 벽체부 보수부에서 흘러내림, 바탕과 분리 등이 발생할 수 있고 또한, 시멘트계 모르타르는 공사비가 저렴하나 부착력 및 내구성이 떨어진다.
- 따라서 기계화 시공이 가능하고 보수 효과(접착성, 내마모성)가 비교적 양호한 폴리머계 모르타르의 보수재료가 유효하게 사용될 수 있다.
- 단면복구재의 가장 중요한 성능은 경화수축 및 건조수축이 작아야 하며, 열팽창계수 및 탄성계수가 콘크리트와 같은 정도가 되어야 하고, 수분을 증발할 수 있는 통기성 등이다.
- 외국 자료에 의하면, 복구면적 및 두께가 큰 경우에는 시멘트가 포함된 복구재료가 추천되고 있으며, 시멘트를 포함하지 않은 에폭시 모르타르와 같은 폴리머 모르타르는 비교적 얇은 부위에 적용토록 권장하고 있다.
- 에폭시도 폴리머의 일종이지만 폴리머 시멘트 모르타르는 결합재가 시멘트로서 성질 개선을 위하여 폴리머가 혼합된 경우이고, 에폭시를 포함한 폴리머 모르타르는 결합재가 유기물인 에폭시수지이므로 강도와 부착성, 내화학성 등의 성질이 우수하나 콘크리트와 동일 재질이 아니므로 탄성계수 및 열팽창계수 등이 달라 계면분리가 발생하며, 탄산화 및 열화를 촉진한다는 문제가 있다.
- 기존에는 보수재의 재질 자체의 강도와 부착성이 우수하다는 이점으로 에폭시 모르타르가 보편적으로 사용되었으며, 지금까지도 보수단면이 크지 않은 경우에 사용되고 있다.
- 그러나 모재와의 재질 차이에 의한 계면 분리, 탄산화의 촉진, 통기성의 문제 등이 제기되어 모재와 성질이 유사한 보수재가 더 적합하다는 이론이 있으며, 대단면이나 습윤면의 시공에는 폴리머 시멘트 모르타르가 추천되고 있다.
- 단면보수공법에 사용되는 재료와 보수재료별 물리적 성질은 다음과 같다.

【표 8.8】 단면보수 공법별 사용재료 비교표

구분	에폭시계 모르타르 공법	시멘트계 모르타르 공법	폴리머계 모르타르 공법
공 법 개 요	•손상 부위를 치핑, 고압세척하고 철근방청 후 에폭시 모르타르로 단면복구	•손상 부위를 치핑, 고압세척하고 철근방청 및 신구콘크리트 접착제 도포 후 무수축 모르타르로 단면복구	•손상 부위를 치핑, 고압세척하고 철근방청 및 신구콘크리트 접착제 도포 후 폴리머 모르타르로 단면복구
장 점	•부분적 방수기능 보유 •경화속도가 빠르고 접착력이 우수함 •압축강도가 우수함 •단기 접착성 우수함	•시공이 간단함 •열팽창계수가 콘크리트와 동등함 •발열성이 낮음	•열팽창계수가 콘크리트와 유사함 •장기 접착성이 높음 •내마모성 및 내충격성이 우수함
단 점	•발열성이 크고 열팽창계수가 커서 균열 발생 및 접착면의 파괴 발생 우려 •장기 접착성 낮음	•경화시간이 김 •장기 접착력이 떨어짐 •동결융해에 대한 저항성이 낮음 •내구성이 떨어짐	•리바운드량이 일부 발생

【표 8.9】 콘크리트 보수재료의 물리적 성질

항목	에폭시수지 그라우트재, 모르타르 및 콘크리트	시멘트계 그라우트재, 모르타르 및 콘크리트	폴리머 시멘트계 그라우트재, 모르타르 및 콘크리트
압축강도 (kg/cm ²)	550~1100	200~700	100~800
압축탄성계수 (kg/cm ²)	5~200	200~300	10~300
휨강도 (kg/cm ²)	250~500	20~50	60~150
인장강도 (kg/cm ²)	90~200	15~35	20~80
파괴시의 늘임량(%)	0~15	0	0~5
열팽창계수 (×10 ⁻⁶ /℃)	25~30	7~12	8~20
흡수율 25℃에서 7일간(%)	0~1	5~15	0.1~0.5
하중재하시에 있어서 최대 사용온도(℃)	40~80	30℃를 넘음 (배합설계에 의함) 1~4주간	100~300
강도발현까지의 시간(20℃)	6~48시간	1~4주간	1~7일간

다. 도장보수

1) 개 요

- 공용년수 증가에 따른 도장의 부착력 저하로 인해 도장박리 및 부식 등이 발생함에 따라 단기적으로는 손상부에 대한 부분도장을 실시하고, 장기적으로 현 시방기준에 맞는 전 구간 재도장이 필요하다.

2) 재도장 시스템의 선정

- 보수의 방법에는 부분적인 보수와 전면적인 보수로 분류할 수 있다. 강교량의 도장은 일률적으로 노화하는 경우는 없고 부위에 따라 노화정도가 다르므로 도막에 노화가 발견된 시점에서 즉시 그 부분을 보수하거나 또는 노화상태를 고려하여 전면적인 보수를 하여야 할 것인지를 결정하여야 한다.

3) 표면처리

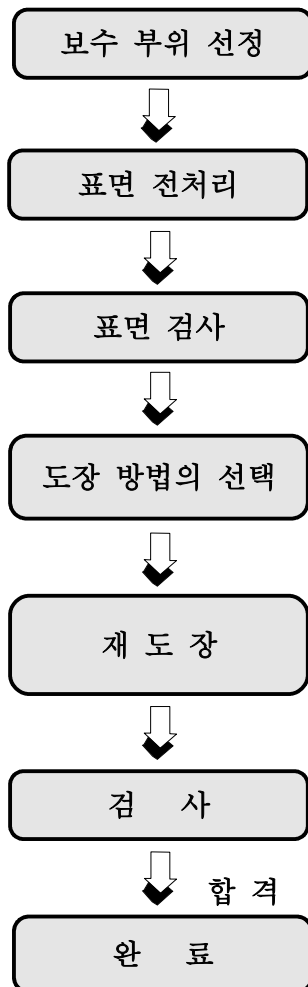
- 도료를 칠할 경우 강재표면을 청결히 하고 적당한 조도를 제공하기 위해서는 반드시 표면처리를 해야 하는데 이는 도료의 밀착이 잘되게 하여 도막의 녹방지 효과를 높이기 위해서이다. 재도장 전의 기존 도막의 경화가 진행되면 재도장 도료가 부착되지 않아 갈라짐, 벗겨짐, 박리, 녹 등의 열화현상이 광범위하게 발생한다. 도막 전면에 표면처리를 하여 부착물을 제거하고, 사막(死膜)을 제거한 후 활막(活膜)은 남긴다. 특히 녹발생 부분은 강재면이 노출되기까지 연마해야 한다.
- 작업내용에 따라 1종 ~ 4종의 4종류로 구분되며, 실제의 재도장에서는 대부분 3종 표면처리법을 적용하고 있다. 또한 1, 2종을 사용한 경우 주변의 환경오염문제 뿐만 아니라 작업에 필요한 시간이 길고 비용도 많이 들기 때문에 본 교량의 재도장시에도 3종에 의한 표면처리를 하는 것이 바람직하나 환경오염에 대한 철저한 준비가 가능하면 1종이 바람직하다고 판단된다.
- 표면처리 후 검사자는 다음의 사항에 대하여 검사하여야 한다.
 - 슬래그 및 용접 찌꺼기가 완전히 제거되었는지 확인한다. 또한 완벽한 표면처리 후에 도장하는 것이 중요하며 표면에 물리적인 손상이 없어야 한다.
 - 검사자는 도장전에 기존도막과 도장될 도료와의 부착력을 검토해야 하고 미비한 표면상태를 발견하면 다시 표면처리한 후 재도장 하도록 한다.
 - 표면조도계측기 등을 사용하여 표면처리된 강재의 조도 등을 시각적으로 비교한다.

- 검사자는 주머니칼을 사용하여 부풀음이나 도막 밑에 부식이 생긴 것으로 추정되는 도막을 긁어봐서 경도를 검사한다. 이 방법은 주관적이어서 검사자의 경험에 영향을 받을 수 있다.

4) 재도장 작업

- 재도장 작업 관리의 주된 항목은 표면처리의 상태, 겹칠 간격, 시공 후의 도막외관, 도막두께, 도료의 사용량 등이다. 그러나 도막두께의 평가는 신설 도장시와는 다르며 적용하는 표면처리의 종류에 따라 평가방법을 다르게 해야 한다. 재도장에 있어서 품질 관리는 도막면의 상태, 은폐력, 작업성, 도료의 사용량 등에 따라 행하지만, 도장계에 따라서는 도장두께가 두껍게 되면 도막이 갈라질 염려가 있다.
- 재도장 작업시 다음과 같은 기상조건에 유의하면서 실시하여야 한다.
- 도장에 필요한 최저 기온은 5℃이고, 도장하는 표면에 습기와 서리가 없도록 해야 한다.
 - 표면온도, 도료온도, 도장 및 경화가 5℃ 이상 60℃ 이하에서 시공
 - 상대습도 85% 이하
 - 표면온도는 이슬점 온도보다 2.7℃ 이상에서 시공
- 경화되는 순간에 온도가 최저치보다 내려가면 도막이 손상된다.
- 온도와 관련된 도막 손상 문제는 온도를 측정하지 않는데서 기인하기 때문에 지속적인 온도 측정이 필요하다.
- 습기 있는 곳에서의 2층 도장은 1층 도막이 반드시 건조되어 있어야 한다.
- 스프레이 할 때 풍향과 풍속으로 상부의 열차, 자동차, 보행자, 하부의 보트, 다른 구조물에 피해를 주는가를 반드시 고려해야 한다.
- 강한 바람은 도료 입자들의 과도한 건조를 초래하며 건조분사를 발생시켜 도장의 부착력이나 다음 층 도장될 도료의 부착력을 저하시킨다.
- 기타 시공조건은 도료 제조회사가 제공한 각 도료의 도장지시서에 따르며 도장완료 후 감독관으로부터 품질관리기준에 의한 각종 검사를 득하여야 한다.
- 또한, 보수도장을 실시한 후 3~5년 이후에는 반드시 발청상태를 재확인하는 것이 필요하므로 전문가에 의한 현장조사를 실시하여야 한다.

5) 시공방법



보수 부위의 녹·페인트 등 이물질을 완전히 제거한다.
(Wire Brush, Sand Paper, Paint Remover)

소지면의 조도 평탄성 등을 검사하여 도료와 소지면의 밀착성 및 친화력을 향상시킨다.

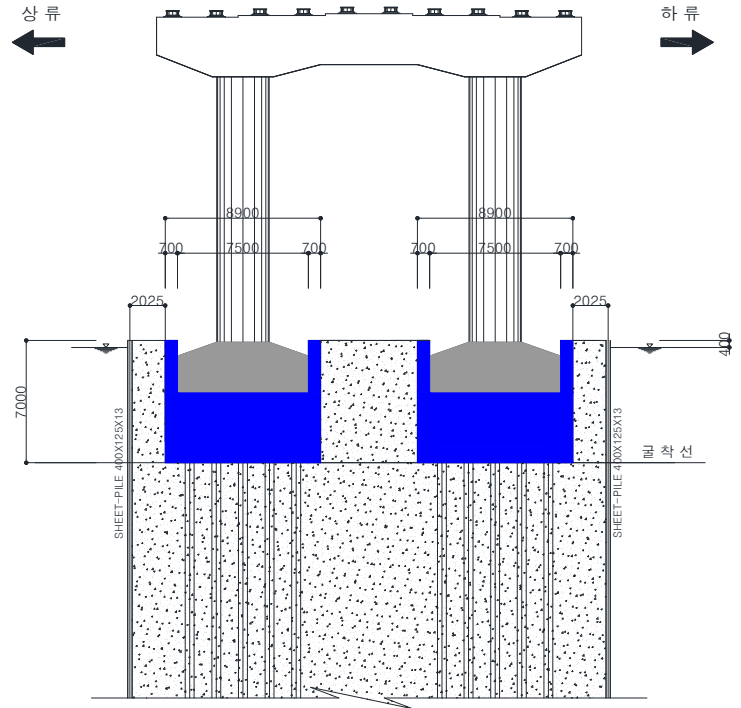
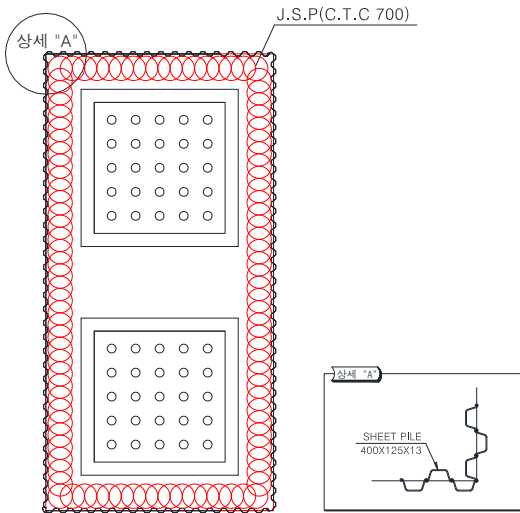
현장여건 및 사용도료에 따라 브러시 코팅, 로울러 코팅, 에어 스프레이 코팅 중 가장 적절한 도장방법을 선정한다.

부착성, 방청성, 내수성 등이 뛰어난 중방식도료로 하도를 한 다음 광택, 색상, 보유력, 부착력 등이 우수한 열화고무변성 아크릴계로 상도 도장을 시행한다.

육안 및 도막두께 측정기(D.F.T.M)를 이용하여 도장 상태 및 도장두께 등을 검사한다.

라. 세굴방지공 설치

1) 공법 개요



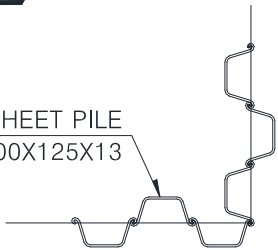
2) 쉬트파일 시공개요

공법개요

1. 강재널말뚝을 연속적으로 연결하여 벽체를 형성시키는 공법으로 차수성이 높은 공법이다.
2. 지질조건에 영향없이 시공이 가능하다.

시공상세

SHEET PILE
400X125X13



장 단 점

1. 소규모 장비로 시공이 가능하다.
2. 공기가 비교적 짧다.
3. 차수효과가 높으며, 지하수위가 높은 수중공사 가능하다.
4. 암석층 및 전석층 시공이 어려움
5. 대규모 굴착공사에 어려움

시공 순서

1. 원형케이싱 천공 천공으로 원형케이싱을 지중에 삽입한다.
2. 쉬트파일 근입 원형케이싱 내부의 천공된 홀에 Sheet Pile 근입한다.
3. 쉬트파일 향타 및 인접공 천공 인접된 Sheet Pile 자리에 천공한다.
4. 인접 쉬트파일 근입 원형케이싱 내부의 천공된 홀에 Sheet Pile 근입 후 케이싱을 제거한다.
5. 사이 Sheet Pile 향타 공정 3.~5. 사이 Sheet Pile 향타에 따른 벽체 조성한다.

NOTE

1. 본 가시설은 설계도상의 지질추상도를 근거로 작성하였으므로 설계와 상이할 경우에는 관련된 설계도서를 작성하여 감독원의 승인을 얻은 후 시공하여야 한다.
2. SHEET-PILE의 향타 공법은 현장의 공기, 지반여건, 공사비 및 장비운용 등을 종합적으로 검토하여 감독원과 협의 후 현장에서 결정하도록 한다.
3. 단계별 시공에 따른 가시설의 동태 관측을 위한 계측기를 설치 하여야 하며, 계측기의 종류와 설치 개수등은 감독원과 협의 후 현장에서 결정 하도록 한다.
4. 사용강재는 변형, 부식 또는 손상된 강재를 사용하지 않아야 한다.
5. 폭우후에는 반드시 안전 점검을 실시한다.
6. 보강 자재는 항상 사용 가능하도록 준비하여야 한다.

8.6 시설물의 성능목표 및 성능평가 실시결과 검토 · 분석

8.5.1 시설물의 성능목표

가. 성능목표 등급선정 기준

대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 설정하여야 하며, 성능목표 등급의 선정기준은 다음과 같다.

【표 8.10】 도로교량의 성능목표 등급 선정 기준

일 교통량	구간당 일반국도: 10,000대 이상, 고속국도: 20,000대 이상	
중차량 통행량	차선당 일반국도: 1,000대 이상, 고속국도: 2,000대 이상	
대상교량 차단시 우회거리	5km 이상	
성능목표 등급	모든 조건이 해당되는 경우 (결함도 범위: $0.13 \leq X < 0.2$)	나머지의 경우 (결함도 범위: $0.2 \leq X < 0.26$)

성능목표 등급에서는 시설물의 사용환경에 대한 고려를 위하여 다음과 같이 결함도 범위를 조정하여 성능목표 등급선정에 이용한다.

【표 8.11】 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
결함도범위	$0.00 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.2$	$0.2 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$

나. 성능목표 등급선정

장암교는 일반국도로서 성능목표등급 선정 기준에 따라 본 시설물의 성능목표 등급을 도출한 결과는 다음과 같다.

【표 8.12】 도로교량의 성능목표 등급 선정 기준

구분	일 교통량(대)	중차량 통행량(대)	차단시 우회거리	성능목표 등급
장암교	20,461	56	0.63km	B (0.23)

8.5.2 성능평가 실시결과 검토·분석

대상 시설물에 대한 성능평가 실시 결과, 안전성능 평가 c등급, 내구성능 평가 b등급, 사용성능평가 d등급으로 분석되어 최종 종합성능평가 등급은 C등급으로 판정되었다.

이는 시설물의 성능평가 목표치인 B등급에 부합하지 않으나, 우선순위 산정결과에 따른 순차적인 보수를 시행한다면 성능목표에 도달 가능한 수준으로 판단된다.

따라서, 금회 관찰된 손상 중 일부 구간에 발생한 손상에 대하여 제시한 공법으로 적절한 보수가 필요할 것으로 판단되며, 보수후 재손상 발생여부를 파악하여 안전성 및 내구성 및 사용성을 확보를 위해 지속적인 주의관찰이 요구된다.

【표 8.13】 성능평가 결과검토

시설물 종합성능등급 결과 산정표				
시설물명	장암교			
평가구분	성능별 결함도 점수(E_n)	평가등급	성능간 가중치(W_n)	비 고
안전성능 평가	0.282	c	0.68	
내구성능 평가	0.156	b	0.21	
사용성능 평가	0.547	d	0.11	
종합평가 결과	• 종합평가 지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.282 \times 0.68 + 0.156 \times 0.21 + 0.547 \times 0.11 = 0.285$ • 종합성능 지수(E) : 0.285 • 종합성능 등급 : C			

8.7 보수보강 · 우선순위 및 개략공사비

8.7.1 보수물량 산정 시 할증기준

손상에 대한 보수공사 시 실제 공사물량은 손상물량보다 증가되는 실정을 감안하여 할증 적용하였으며, 각 손상별 할증적용 기준은 다음과 같다.

【표 8.14】 할증기준

보수방안	대상	할증 기준
부분보수	표면보수, 주입보수, 단면보수	• 손상물량의 50% 할증
전면보수	—	• 해당없음
기타보수	거더 및 교량받침 재도장	• 교량받침 플레이트 부식, 도장박리 • 거더 도장박리, 도장불량, 부식

8.7.2 결함별 보수 · 보강 방안 및 개략공사비

가. 장암교

【표 8.15】 결함별 보수 · 보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판	균열(0.3mm미만)	표면처리	27.50	m	25	688	2
	균열부백태	표면처리	1.60	m	25	40	2
	덮개부식	재도장	1.50	m	50	75	3
	덮개파손/부식	덮개재설치	1.50	m ²	300	450	3
	도장박리	재도장	0.12	m ²	70	8	2
	망상균열	표면처리	40.00	m ²	80	3,200	2
	박락	단면보수	0.07	m ²	260	18	2
	볼트부식	재도장	5.00	ea	5	25	2
	부식	재도장	0.31	m ²	70	22	2
	재료분리	단면보수	0.06	m ²	260	16	2
	점부식	재도장	0.26	m ²	70	18	2

구분		손상내용	보수방안	보수 물량	단위	단가 (천 원)	개략 공사비 (천 원)	우선 순위
STB 거더	내 부	도장들뜸, 박리, 부식	재도장	48.27	m ²	70	3,379	2
		볼트부식	재도장	38.00	EA	5	190	2
		볼트체결볼량	재체결	1.00	EA	20	20	2
		볼트탈락	재설치	3	EA	30	90	2
		실링재탈락	실링재설치	16.00	EA	40	640	2
		용접부부식	재도장	0.20	m	70	14	2
		이물질퇴적	청소	22.25	m ²	50	1,113	2
		조명덮개탈락	재설치	8.00	EA	30	240	3
		조명파손	재설치	27.00	EA	50	1,350	3
		출입문탈락	재설치	1	EA	250	250	3
	외 부	도장박리, 부식, 박락	재도장	50.00	m ²	70	3,651	2
		볼트부식	재도장	104.00	EA	5	520	2
2차 부재	가로보	가로보 부식	재도장	3.15	m ²	70	221	2
교대		균열(0.3mm미만)	표면처리	3.90	m	25	98	2
		균열(0.3mm이상)	주입보수	1.00	m	60	60	1
		균열부백태	주입보수	9.00	m	60	540	1
		망상균열	표면처리	4.28	m ²	80	342	2
		누수흔적	표면처리	11.25	m ²	80	900	2
		백태	표면처리	1.12	m ²	80	90	2
		박리	단면보수	0.32	m ²	260	83	2
		표면박리	단면보수	2.35	m ²	260	611	2
		보수부들뜸	단면보수	2.43	m ²	260	632	2
		스토퍼 고무패드 탈락	재설치	1.00	EA	500	500	2
		철근노출	단면보수(방 청)	0.06	m ²	290	17	1
		토사퇴적	청소	3.90	m ²	50	195	1
		폐콘크리트적치	콘크리트깨기+청 소	22.11	m ²	150	3,317	1

구분	손상내용	보수방안	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	41.50	m	25	1,038	2
	망상균열	표면처리	13.30	m ²	80	1,064	2
	박리, 박락, 굽힘, 재료분리, 파손	단면보수	0.05	m ²	260	718	2
	박락/철근노출	단면보수(방 청)	0.20	m ²	290	58	1
	스토퍼 고무패드 탈락	재설치	3.00	EA	500	1,500	2
	점검로 지지볼트 탈락	재제결	1.00	EA	5	5	2
	표면오염	표면처리	1.40	m ²	80	112	2
	강판보강부부식	재도장	41.40	m ²	70	2,898	2
받침장치	받침장치 부식	내진받침교체	42	EA	7,000	294,000	3
	받침물탈균열						
	받침물탈 파손						
	받침볼트이격						
	거푸집미제거						
	먼지막이링탈락						
신축이음	유간토사퇴적	청소	1.00	m	20	20	2
	차수판부식	재설치	2	EA	500	100	2
교면포장	포장 균열, 망상균열	재포장 + 교면방수	5,040	m ²	100	504,000	1
	포장파손						
	포장패임/마모						
	포트홀/철근노출						
배수시설	그레이팅파손	재설치	1	EA	120	120	2
	배수구막힘	청소	18	EA	30	540	1
	배수관부식	재도장	4	EA	70	280	2
	배수관파손	재설치	1	EA	200	200	2
	배수관 연결볼트 탈락	재설치	1	EA	10	10	2
	집수구막힘	청소 및 재설치	1	EA	400	400	1

구분	손상내용	보수방안	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	표면처리	313.50	m	25	7,838	2
	균열(0.3mm이상)	주입보수	9.90	m	60	594	2
	보수부 재균열(0.3mm이상)	주입보수	13.00	m	60	780	2
	망상균열	표면처리	18.10	m ²	80	1,448	2
	보수부망상균열	표면처리	4.50	m ²	80	360	2
	굽힘, 박락, 파손	단면보수	34.09	m ²	260	8,863	2
	난간지주볼트변형	재설치	4	EA	20	80	3
	텔리네이터 파손	재설치	6	EA	40	240	3
	파손/철근노출	단면보수(방청)	0.10	m ²	290	29	1
	교명주기초파손	단면보수	0.02	m ²	260	5	2
	교명주파손	단면보수	0.04	m ²	260	10	2
1순위(단기) 순공사비				509,156			
2순위(중기) 순공사비				45,990			
3순위(장기) 순공사비				296,685			
순공사비합계				851,831			
제경비(순공사비×50%)				553,690			
개략공사비총계				1,405,521			

8.7.3 우선순위

가. 우선순위지수 산정을 위한 가중치

1) 성능항목별 가중치

【표 8.16】 안전성능 가중치

구 분		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		0.0	16.5

【표 8.17】 내구성능 가중치

구 분	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 8.18】 사용성능 가중치

구 분	가중치	구 분	가중치
노면 평탄성(포장상태, 승차감)	29.7	유지관리성(점검시설)	15.6
교량조명	15.5	평균속도	13.4
진동 사용성	26.8		

【표 8.19】 성능간 가중치

구 분	성능별 가중치		
	안전성능(P1)	내구성능(P2)	사용성능(P3)
일반국도	68	21	11
고속국도	68	19	11

2) 공법별 가중치

- 안전성능, 내구성능, 사용성능 지표항목 가중치에 보수·보강 공법별 영향도를 고려하여 가중치를 산정한다. 유지관리 특성상 적용 대상에 따라 공법별 가중치를 적용한다. 영향도는 해당 시설물의 보수·보강 공법이 지표항목에 미치는 영향을 의미하며, 해당 범위 내에서 적용이 가능하다. 해당 공법이 지표항목과 직접적으로 영향을 미치는 경우 기본적으로 100%를 적용하며, 간접적으로 판단되는 경우 책임기술자의 종합적 판단에 관리주체와 협의하여 하향 조정할 수 있다. 단, 이와 같은 경우에는 전문가의 의견을 종합한 책임기술자의 판단 근거를 제시하여야 한다.

【표 8.20】 공법별 가중치 산정

구분	지표항목	가중치		영향도 (상: 100%, 하: 50%)
		일반	특수	
안전성능 (E1)	바닥판	20.4	8.2	50~100
	거더	24.7	11.1	50~100
	아치리브·트러스	0.0	12.3	50~100
	2차부재	5.3	3.3	50~100
	교면포장	3.5	3.3	50~100
	배수시설	2.7	2.5	50~100
	보호시설	1.8	1.6	50~100
	신축이음	6.2	5.8	50~100
	받침	13.3	10.3	50~100
	교대/교각	22.1	26.1	50~100
	케이블, 텐던	0.0	16.5	50~100
내구성능 (E2)	바닥판	36.2	8.1	50~100
	거더	27.5	28.8	50~100
	2차부재	3.4	4.4	50~100
	주탑	0.0	31.2	50~100
	교대/교각	32.9	27.5	50~100
사용성능 (E3)	노면 평탄성(포장상태, 승차감)	29.7		50~100
	교량조명	14.5		50~100
	진동사용성	26.8		50~100
	유지관리성(점검시설)	15.6		50~100
	평균속도	13.4		50~100

나. 우선순위지수 산정

시설물 평가에서 전술한 부재별 손상내역 및 개략공사비에 가중치를 적용하여 우선순위지수를 산정한 후, 금회 성능평가에서 중점적으로 조사 및 분석했던 손상들에 대해서만 보수·보강 우선순위를 비용대비 효과가 높은 순으로 결정한 결과는 다음과 같다.

【표 8.21】 우선순위지수 산정

구분	손상 물량 (㎡)	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
					손상 내용	부재 위치	성 능	등급	손 상	부 재	성 능	등급		
표면처리	27.50	27.50	25	688	균열 (0.3미만)	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	21
표면처리	1.60	1.60	25	40	균열부백테	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	21
채도장	1.50	1.50	50	75	덮개부식	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	21
덮개재설치	1.50	1.50	300	450	덮개파손/ 부식	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	21
채도장	0.12	0.12	70	8	도장박리	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	21
표면처리	40.00	40.00	80	3,200	망상균열	바닥판	안전 성능	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	1
단면보수	0.07	0.07	260	18	박락	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	21
채도장	5.00	5.00	5	25	볼트부식	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	21
채도장	0.31	0.31	70	22	부식	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	21
단면보수	0.06	0.06	260	16	재료분리	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	21
채도장	0.26	0.26	70	18	점부식	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	21
채도장	48.27	48.27	70	3,379	도장들뜸, 박리, 부식	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
채도장	38.00	38.00	5	190	볼트부식	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
재체결	1.00	1.00	20	20	볼트체결 불량	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
재설치	3.00	3.00	30	90	볼트탈락	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
실링재설치	16.00	16.00	40	640	실링재탈락	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
채도장	0.20	0.20	70	14	용접부부식	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
청소	22.25	22.25	50	1,113	이물질퇴적	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6

【표 8.21】 우선순위지수 산정(계속)

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	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		
재설치	8.00	8.00	30	240	조명덮개 탈락	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
재설치	27.00	27.00	50	1,350	조명파손	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
재설치	1.00	1.00	250	250	출입문탈락	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
채도장	50.00	50.00	70	3,651	도장박리, 부식, 박락	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
채도장	10400	10400	5	520	볼트부식	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
채도장	3.15	3.15	70	221	가보 부식	가로보	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	67
표면처리	3.90	3.90	25	98	균열 (0.3미만)	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
주입보수	1.00	1.00	60	60	균열 (0.3이상)	교대	안전 성능	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	3
주입보수	9.00	9.00	60	540	균열부백태	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
표면처리	4.28	4.28	80	342	망상균열	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
표면처리	11.25	11.25	80	900	누수흔적	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
표면처리	1.12	1.12	80	90	백태	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
단면보수	0.32	0.32	260	83	박리	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
단면보수	2.35	2.35	260	611	표면박리	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
단면보수	2.43	2.43	260	632	보수부들뜸	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
재설치	1.00	1.00	500	500	스트로 고무 패드 탈락	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
단면보수(방청)	0.06	0.06	290	17	철근노출	교대	안전 성능	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	3
청소	3.90	3.90	50	195	토사퇴적	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
콘크리트깨기 +청소	22.11	22.11	150	3,317	파손콘크리트 적치	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
표면처리	41.50	41.50	25	1,038	균열 (0.3미만)	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
표면처리	13.30	13.30	80	1,064	망상균열	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33

【표 8.21】 우선순위지수 산정(계속)

구분	손상 물량 (m')	보수 물량 (m')	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
					손상 내용	부재 위치	성 능	등급	손 상	부 재	성 능	등급		
단면보수	0.05	0.05	260	718	박리, 박락, 균열, 재료분리, 파손	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
단면보수(방청)	0.20	0.20	290	58	박락/ 철근노출	교각	안전 성능	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	3
재설치	3.00	3.00	500	1,500	스토퍼 고무 패드 탈락	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
재채결	1.00	1.00	5	5	점검로 자갈탈락	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
표면처리	1.40	1.40	80	112	표면오염	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
채도장	41.40	41.40	70	2,898	강판보강부 부식	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	33
내진반침교체	42.00	42.00	7,000	294,000	반침장치 부식 , 몰탈균열 몰탈파손, 볼트이격, 거푸집 미제거, 먼지막아링 탈락	교량반침	안전 성능	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	1
청소	1.00	1.00	20	20	유간토사 퇴적	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	57
재설치	2.00	2.00	500	100	차수관부식	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	57
재포장	2768.80	5040.00	100	504,000	포장균열, 망상균열, 파손 패임, 포트홀, 철근노출	교면포장	안전 성능	d	1.00	0.04	0.68	0.30	0.00816	31
표면처리	31350	31350	25	7,838	균열 (0.3미만)	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	75
주입보수	9.90	9.90	60	594	균열 (0.3이상)	보호시설	안전 성능	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	66
주입보수	13.00	13.00	60	780	보수부균열 (0.3이상)	보호시설	안전 성능	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	66
표면처리	18.10	18.10	80	1,448	망상균열	보호시설	안전 성능	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	66
표면처리	4.50	4.50	80	360	보수부균열 (0.3미만)	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	75

【표 8.21】 우선순위지수 산정(계속)

구분	손상 물량 (m')	보수 물량 (m')	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
					손상 내용	부재 위치	성 능	등급	손 상	부 재	성 능	등급		
단면보수	34.09	34.09	260	8,863	균형, 박락, 파손	보호시설	안전 성능	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	66
재설치	4.00	4.00	20	80	난간지주 볼트변형	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	75
재설치	6.00	6.00	40	240	탈락파손	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	75
단면보수(형상)	0.10	0.10	290	29	파손/ 철근노출	보호시설	안전 성능	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	66
단면보수	0.02	0.02	260	5	교량구조 파손	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	75
단면보수	0.04	0.04	260	10	교명주 파손	보호시설	안전 성능	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	66
재설치	0.00	1.00	120	120	그레이팅 파손	배수시설	안전 성능	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	59
청소	0.00	18.00	30	540	배수구막힘	배수시설	안전 성능	b	1.00	0.03	0.68	0.09	0.00184	73
채도장	0.00	4.00	70	280	배수관부식	배수시설	안전 성능	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	59
재설치	0.00	1.00	200	200	배수관파손	배수시설	안전 성능	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	59
재설치	0.00	1.00	10	10	배수관 연결 볼트 탈락	배수시설	안전 성능	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	59
청소및 재설치	0.00	1.00	400	400	잡수구막힘	배수시설	안전 성능	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	59
-	-	-	-	-	염화물	바닥판	내구성	b	1.00	0.33	0.21	0.09	0.00624	51
-	-	-	-	-	염화물	교대	내구성	b	1.00	0.50	0.21	0.09	0.00945	19
-	-	-	-	-	염화물	교각	내구성	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	53
-	-	-	-	-	탄산화	바닥판	내구성	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	64
-	-	-	-	-	탄산화	교각	내구성	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	53
-	-	-	-	-	탄산화	교대	내구성	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	53
-	-	-	-	-	파복콘크리트의품질	바닥판	내구성	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	64
-	-	-	-	-	파복콘크리트의품질	교대	내구성	b	1.00	0.50	0.21	0.09	0.00945	19
-	-	-	-	-	파복콘크리트의품질	교각	내구성	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	53
-	-	-	-	-	포장상태	-	사용성	c	0.286	1	0.11	0.18	0.00566	52
-	-	-	-	-	진동사용성	-	사용성	e	0.239	1	0.11	0.38	0.00999	18
-	-	-	-	-	점검시설	-	사용성	d	0.243	1	0.11	0.30	0.00802	32
-	-	-	-	-	교통량	-	사용성	a	0.232	1	0.11	0.05	0.00128	74

8.8 중점 유지관리사항

대상 시설물에 대한 성능평가 결과, 조사된 결함에 대한 보수·보강을 실시한 부재나 결함의 진전여부와 발생유무를 주기적으로 관찰함으로써 향후 손상진행 가능성이 있는 결함부위에 대해 사전에 예방하는 유지관리차원에서 중점적으로 점검하여야 할 사항 및 유의사항은 다음과 같다.

8.8.1 장암교

【표 8.22】 중점유지관리 방안

부재구분	중 점 점 검 내 용
바닥판	캔틸레버 우수 유입, 균열, 균열부 백태, 재료분리, 파손 및 철근노출 추가 손상 발생 여부 중점관찰
거더	강박스거더 도장손상부 추가손상 및 손상부 확대여부 및 스플라이스부 우수 유입에 따른 부식 발생 여부
가로보 및 세로보	강박스거더 가로보 및 세로보 도장손상, 강재변형 진전여부
교대	- 폭 0.1~0.3mm 균열, 폭 0.3mm이상 균열 손상 진전 여부 - 신축이음 누수에 따른 2차 손상 발생 여부 - 콘크리트 퇴적물로인한 교량 신축거동 상태 확인
교각	폭 0.1~0.2mm 균열, 철근노출, 파손 단면손상의 진전 여부
교량받침	도장손상 및 부식 진전여부
신축이음장치	신축이음부 누수 및 부식발생 여부 확인
교면포장	포장부 균열, 망상균열, 파손 손상 진전 여부
배수시설	배수구 막힘 및 배수구 주변 누수에 따른 2차 손상 발생 여부

	
S4 포장파손, 마모	S3 망상균열
	
교대 A1 페콘크리트 적치	교대 A2 페콘크리트 적치
	
A1 균열(cw:0.3mm이상)	S2 상면 균열(cw:0.1~0.2mm)

8.9 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제시

8.9.1 성능목표에 따른 보수·보강 방법

장암교에 대한 손상 중 금회 성능평가에서 중점적으로 조사했던 손상들로 우선순위 선정을 거쳐 보수순위를 도출하였고, 본 교량에 발생된 손상들은 구조적인 손상이 아니며 종합 성능 평가등급이 목표치인 B등급에 부합하지 않으나, 우선순위 산정결과에 따른 순차적인 보수를 시행한다면 성능목표에 도달 가능한 수준이므로 제시한 공법 및 우선순위에 따른 순차적인 보수를 실시하고, 보수후 재손상 발생여부를 파악하여 안전성 및 내구성 및 사용성을 확보를 위해 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 바람직한 방안으로 판단된다.

8.9.2 성능목표에 따른 유지관리 전략제시

유지관리가 효율적으로 수행되기 위하여 가장 중요한 사항은 예방적 차원에서 일상적인 유지관리가 적기 적소에 이루어져야 하며, 향후에 큰 손상이 발생하기 전 즉, 많은 보수비용이 필요하기 전에 미연에 문제를 해소하는 능동적 유지관리가 필요하다.

- 교량에 대한 지속적인 점검과 사전 정비를 체계적으로 실시하여 시설물의 기능을 보존하고 이용자의 안전과 편의를 도모한다.
- 주 시설물의 관리를 최우선으로 하고 부속시설물도 예방정비를 철저히 시행하여 시설물의 피해가 확대되는 것을 방지한다.
- 예방적 유지관리가 필요한 부재를 선정하여 주기적인 청소 및 관리를 실시한다.
- 교량 구조물에서 흔히 발견되는 기본적인 손상에 대한 조치방법을 체계적으로 적용시킬 수 있도록 보수방법을 표준화한다.
- 정밀한 보수를 요구하거나 구조의 변경 또는 부분적 교체를 통하여 원래 이상으로 기능을 향상시키는 보강은 안전성, 사용성, 내구성 측면을 충분히 고려하여 적절한 공법을 선택한다.

