

제6장 보수·보강 및 유지관리방안

- 6.1 개요
- 6.2 보수·보강 방안
- 6.3 유지관리방안

제6장 보수·보강 및 유지관리방안

6.1 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 구조물의 기능성 및 안전성을 유지하고 필요에 따라 그 기능의 향상을 위해 보수·보강을 실시하여야 한다.

6.2 보수·보강 방안

6.2.1 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항

현장조사, 내구조사, 상태평가 결과 등을 종합적으로 분석 및 검토하고 적합한 재료와 보수·보강공법을 선정하였으며, 그에 따라 보수·보강의 우선순위는 결함, 손상, 열화의 상태에 따라서 구조적, 안전성, 사용성 및 내구성 등을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

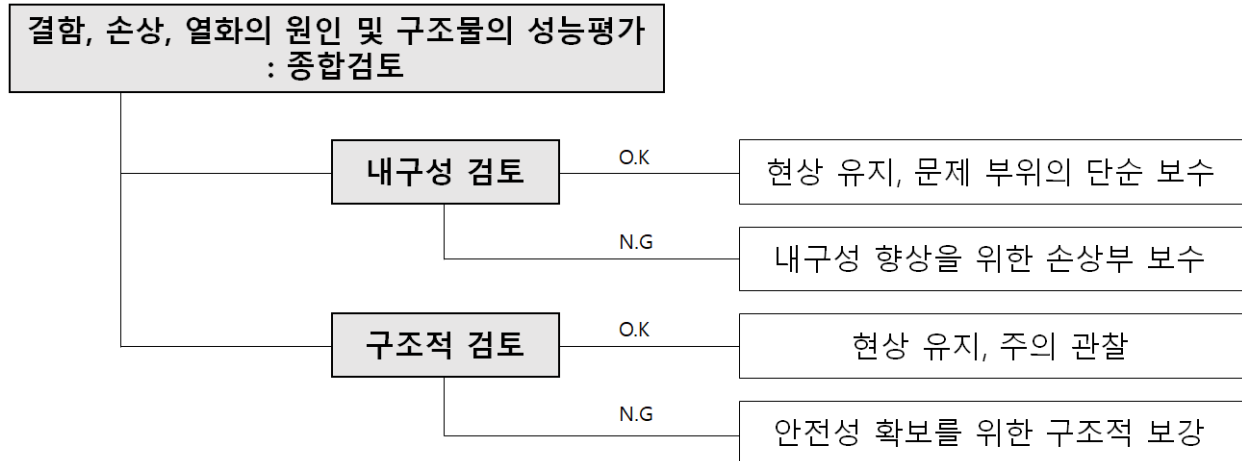
【표 6.1】 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항

검토항목	검토내용
보수·보강 필요성 판단	- 현장조사, 내구성조사, 구조검토, 상태 및 안전성평가 ⇒ 종합 분석 후 보수·보강 여부 판단
보수·보강 공법의 선정	- 구조물의 기능 및 중요도 - 구조물의 형식과 환경조건 - 보수 후의 요구 내용년수 - 공법의 시공성과 경제성
보수·보강 수준 결정	- 국부적인 보수 또는 전반적 보수여부 결정 - 구조물 수명과 장·단기 대책을 고려한 보수·보강 범위 산정
보수·보강 재료의 선정	- 용도 및 목적에 적합한 품질을 가진 재료 선정 - 품질과 성능이 확인된 것을 사용 ⇒ 적절한 시험방법, 사용 실적 또는 신뢰할 만한 자료 근거
보수·보강 우선순위 결정	- 결함, 손상, 열화의 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 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.



【그림 6.1】 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 경우도 있다. 따라서 보수·보강 공법 선정 시에는 구조물의 중요도, 형식, 기능, 환경조건 혹은 보수 후의 공용년수 등을 고려하고 공법이 그 성능을 충분하게 발휘할 수 있는지 확인하여야 한다.

2) 보수·보강의 수준 결정

조사 및 시험을 통하여 얻은 결과를 기초자료로 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 결정하였다.

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

본 구조물은 내구성 확보를 위한 일부 보수가 필요한 상태로 실용상 지장이 없는 성능까지 회복 수준으로 보수·보강의 수준을 결정하였다.

다. 보수·보강 재료의 선정

보수재료는 보수공법의 사용목적에 부합하고 시공하기에 적절한 기본적인 성능을 만족하여야 한다.

1) 보수재료의 기본 특성 설정

보수재료의 선정을 위한 기본은 구조물의 종류 및 기능, 보수재료의 종류 및 성능 규격치, 환경조건, 시공조건 및 보수부위의 내용년수 등을 설정한다.

2) 보수재료의 필요 성능 설정

보수재료의 필요 성능은 보호성능, 내구성능, 시공성능 및 기본적인 서능을 고려하여 설정한다. 일반적으로 보수재료에 필요한 성능은 시공성능과 내구성능이다. 보수재료는 재료 자체의 특성을 충분하게 발휘할 수 있도록 시공되어야 한다. 즉, 시공환경에서 간단하면서도 균일하게 시공이 되는 것이 중요하다.

내구성능은 보수재료의 원래 목적이 되는 성능이지만 보수 후의 공용기간 중 소정의 수준을 만족시키는 것을 나타내는 성능으로 재료 자체의 열화에 대한 저항성과 밀접한 관계가 있다. 부착성과 수축성 등은 보수재료가 구조물에 일체화해서 거동하는 것에 기본이 되는 성능이고, 이것이 불충분한 경우에 이들 재료는 그 본래의 목적을 달성할 수 없다.

3) 적용 가능한 보수재료의 선정

구체적인 필요 성능 및 그 필요수준이 결정되면 그것을 만족시키는 재료의 후보를 선정한다. 단, 재료를 새로 설계하는 것이 곤란한 경우에는 시판 재료 중에서 필요 성능을 만족시키는 것으로 생각되는 것을 선택하거나, 혹은 필요 성능을 만족하도록 복수의 시판재료를 조합한 재료시스템을 구축해도 좋다. 재료를 조합해서 사용하는 경우에는 고려 방법과 조합의 가능성, 문제점 등에 관해서 명확히 해둘 필요가 있다.

4) 보수재료의 성능조사

보수재료가 필요 성능을 만족하고 있는가를 적당한 방법을 통해서 조사해야 한다. 이 조사는 설계된 재료의 성능 평가값이 필요 성능의 수준 이상인 것을 확인하는 것으로 성능조사의 구체적인 방법은 다음과 같다.

첫 번째 방법으로는 재료의 다양한 특성값을 사용해서 필요 성능을 직접 평가하고 그 결과를 요구수준과 비교하는 것이다.

또 다른 방법으로는 공공기관이 정한 규격시험을 통해 얻어진 재료시험 결과를 공공기관이 설정한 규격치와 비교하는 것이다.

라. 보수·보강 우선순위 결정

본 구조물에 필요한 보수·보강의 우선순위는 손상 및 결함의 종류, 성상, 원인, 구조적 안전성 등을 고려하여 보수의 시급을 판단하여 다음과 같이 정하였다.

【표 6.2】 보수·보강 우선순위 결정(1/2)

구분		1순위(단기)	2순위(장기)	3순위(주의관찰)
철근콘크리트	균열	- 균열폭 0.3mm이상 - 균열율 10%이상	- 균열폭 0.3mm미만 - 균열율 10%미만	미세균열
	표면박락, 재료분리, 들뜸, 박리 등	철근노출	파손, 박락, 들뜸, 재료분리 등 단면손상	경미하다고 판단되는 경우
	누수 및 백태	철근 부식우려가 있는 경우	철근부식 우려가 없는 경우	경미하다고 판단되는 경우
하부구조	침하 및 기울음	- 구조안전성 저하 우려 - 전도우려가 있는 경우	-	구조 안전성에 지장이 없는 경우
기초	기초	침식, 충돌, 열화 등에 의한 철근노출	침식, 충돌, 열화 등에 의한 단면손상	-
교량받침	본체	작동불량, 편기, 들뜸	- 도장 손상 등 내구성 저하가 우려되는 손상 - 유간 토사퇴적	구조 안전성 및 내구성에 지장이 없는 경우
	받침콘크리트 및 받침모르타르	- 파손 및 탈락 - 침하	국부적 균열, 단면손상 등	경미하다고 판단되는 경우
신축이음	본체	- 거동불량 - 심한단차, 본체파손 - 연결불량 등 이상음 발생 - 물받이 파손 등 누수	- 본체 부식 - 유간 이물질 퇴적 - 상부 차수판 탈락, 파손 등	-
	후타재	- 파손, 단차 등으로 주행성 저하 - 차량 충격발생	국부적인 박리, 박락, 파손	차량 주행에 지장이 없는 균열 등 손상
교면포장	포장	- 물고임, 소성변형 등으로 주행성 저하 - 포트홀	차량 주행에 지장이 없는 부분의 파손, 소성 변형 등	차량 주행, 보행자에 지장이 없는 균열 등 손상
	교면방수	바닥판하면 누수 면적율이 10%이상	바닥판하면 누수 면적율이 10%미만	-

【표 6.3】 보수·보강 우선순위 결정(2/2)

구분		1순위(단기)	2순위(장기)	3순위(주의관찰)
난간 및 연석	강재	- 부식으로 인한 단면손상 10%이상 - 보행자 추락 우려	부식으로 인한 단면손상 10%미만	그 밖의 경미한 손상
	콘크리트	- 박리, 파손 10%이상 - 철근노출 0.3mm이상 균열	- 박리, 파손 10%미만 0.3mm미만 균열	그 밖의 경미한 손상
배수시설		배수에 지장이 있으며 다른 부재까지 영향을 주는 경우	단순 배수에 지장이 있는 경우	그 밖의 기타 손상
공중이 이용하는 부위		사용상 지장이 있는 경우	미관 저하	경미하다고 판단되는 경우

6.2.2 주요손상에 대한 보수·보강 방안

가. 균열 수지주입공법

1) 개요

균열보수 공법의 적용 기준은 콘크리트구조 설계기준(2007)의 사용성 및 내구성 허용 균열폭 검토(제4장 사용성 및 내구성 참조)에 근거하였으며, 이에 외관조사에 조사된 균열 중 폭이 0.3mm를 초과하는 경우에 수지주입공법을 활용하는 것으로 균열보수를 실시한다. 균열부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안정성 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 아래 표는 수지주입공법의 종류이다.

【표 4.1】수지주입공법의 종류

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

종래에는 수동식 기계주입 방법이 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.

3) 압입식 수지주입공법 적용

이 공법은 균열 위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압, 자동식 기계 등으로 수지를 주입하는 방식으로 압입방식은 아래 표와 같다.

【표 4.2】압입식 수지주입공법

압입방식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 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
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열폭에 알맞은 수지의 점성도와 일반적인 주입 파이프의 간격은 아래 표와 같다.

【표 4.3】 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

형 상		점성도(20℃, cp)	주입 가능한 균열폭
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

【표 4.4】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

균열 폭 (mm)	주입파이프/패커 간격 (mm)	비 고
0.3 이하	50 ~ 100	
0.3 ~ 0.5	100 ~ 200	
0.5 ~ 1.0	150 ~ 250	
1.0 이상	200 ~ 300	

4) 압입식 수지주입공법의 특징

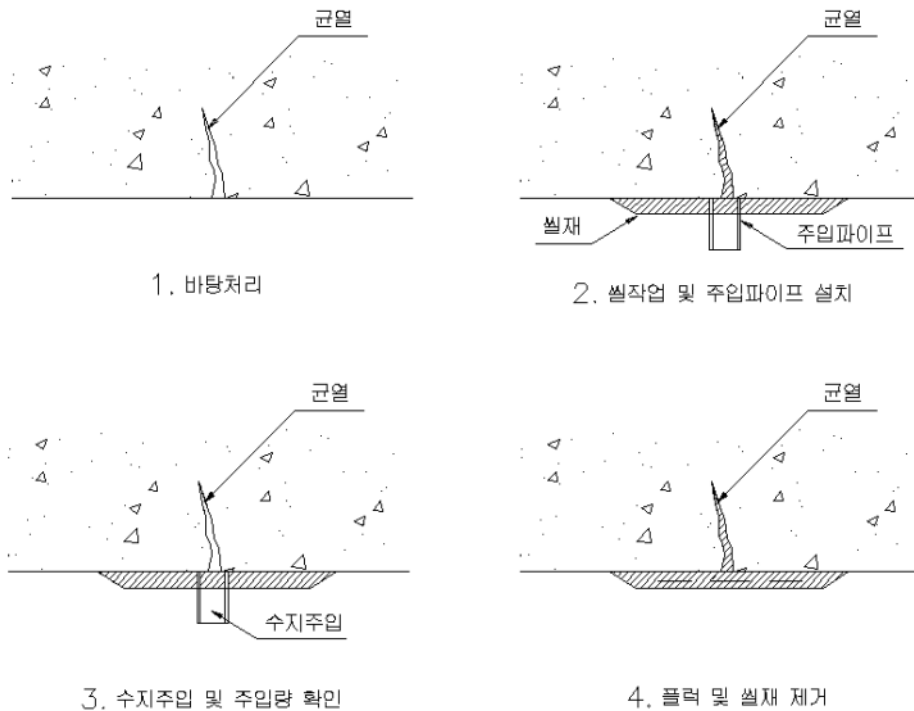
수지가 들어 있는 용기를 균열 위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기 높이의 저압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 그리고, 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 4kg/cm²이하로 규정되어 있으나, 실제로는 1kg/cm²전후가 사용된다.

주입재는 에폭시수지계 또는 이소시아네이트수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있다. 무기질계 슬러리는 습윤 환경하에서도 사용이 가능하나, 반면에 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

수지주입공법의 흐름도 및 공법 개요는 아래 그림과 같고, 수지계 주입재의 특징은 아래 표와 같다.

Check Point	시공순서	시공내용	시공기자재 등
균열폭 측정 및 표식	균열 조사	균열상황 확인 폭을 균열게이지로 측정	균열게이지
주입구가 청소에 의해 매워지지 않도록 주의	균열부 표면청소	주입구 주변 청소	와이어브러쉬 그라인더 드릴
	주입파이프 고정	주입파이프 간격 확인(100~200 mm), 주입파이프 접착 밀도 확인	스케일 등
씰링재의 접착을 견고하게 양생(가장 중요)	비주입부위 균열의 씰링		흙손 등
진행성 균열의 경우는 가소성 에폭시수지의 사용을 검토	전용 펌프로 천천히 주입		주입용 펌프
	주입량 확인 양 생		
시공전의 상태에 근 접하게 제거	주입파이프 씰링재 제거 작업종료		망치, 끌, 정 드라이버 등

【그림 4.1】 수지주입공법 시공 흐름도



【그림 4.2】 수지주입공법 개요도

【표 4.5】수지계 주입재의 특징

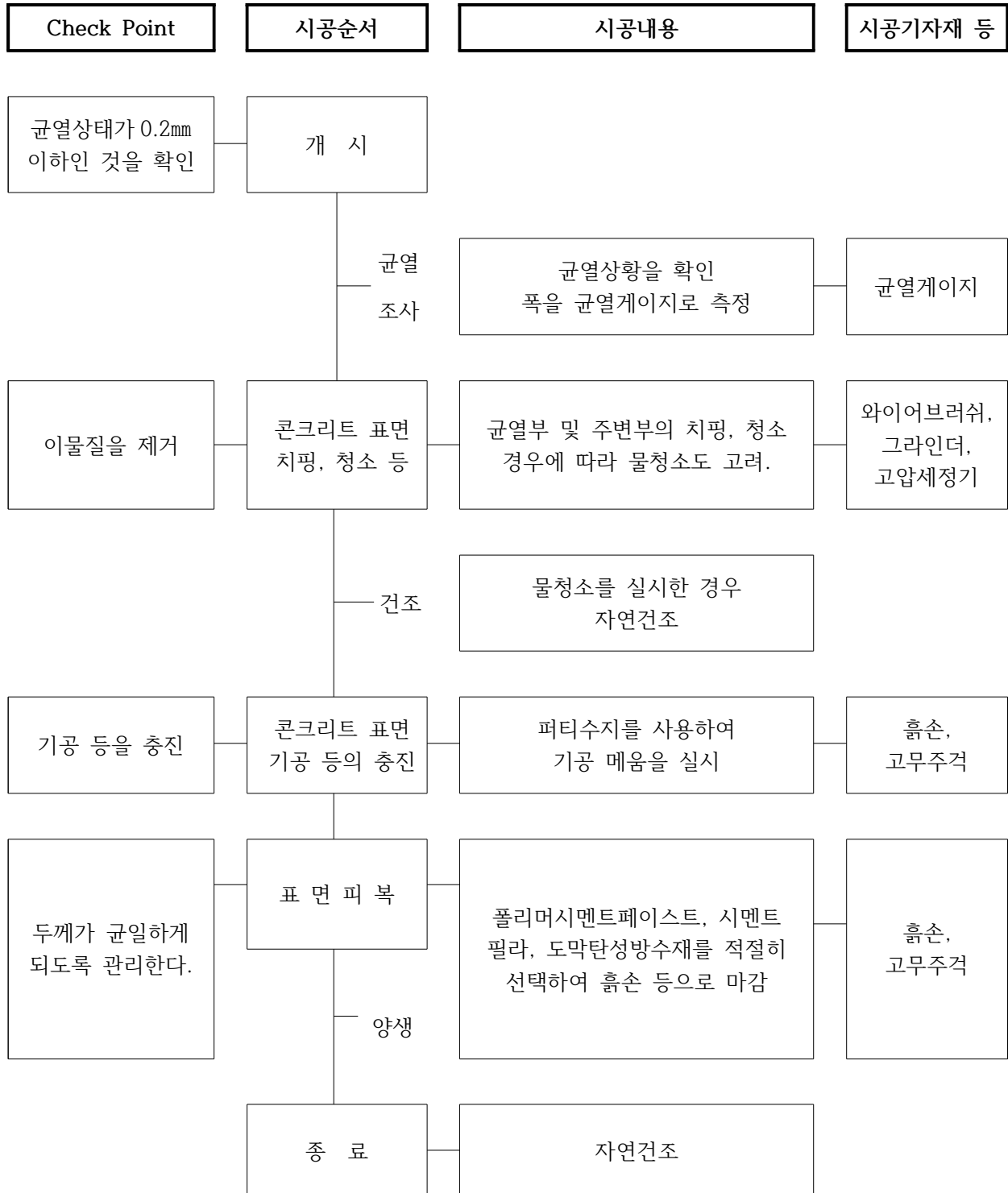
재료명	주요 성분	특징 · 용도
에폭시 수지계 균열주입재	에폭시수지	• 균열, 추종성이 양호 • 적용가능 균열 폭은 0.2~2.0mm
	유연형 에폭시수지	• 경화물의 유연성이 풍부하여 진행성 균열에 적합 • 균열 및 알칼리골재반응의 성능저하 보수에 적합
	자기유화형 에폭시수지	• 수중경화, 콘크리트 중의 수분과 반응 • 강도특성이 뛰어남 • 균열 폭 0.15mm 이상에 적용
	에폭시수지, 포틀랜드 시멘트	• 수중경화형 에폭시수지와 시멘트의 반응으로 발포 • 적용 균열 폭 1.0mm~10.0mm
폴리머 시멘트계 주입재	에폭시수지계 에밀전 미분말충전재 조강시멘트	• 균열폭 5.0mm 이상에 적용 • 습윤면에 대하여 접착성이 우수 • 알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합
이소시아네이트 수지 주입재 (건설 신기술 제359호)	일액형 친수성 (에폭시+우레탄+아크릴+이소시아네이트)	• 균열, 누수 및 습윤면 접착강도 우수 (누수 심한 곳 2.5kg/cm² 수압 차단) • 균열, 추종성이 양호 • 적용가능 균열 폭은 0.2~10.0mm • 환경친화 제품으로 화기위험 및 냄새 없음. • 진동 및 거동으로 인한 작업부를 자체 압력으로 균열 부 추종 봉합

5) 시공시 주의사항

- ① 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다. 보수부 콘크리트의 표면 온도는 10℃이상을 표준으로 하고 있으므로 기온차가 심한 경우에는 기온의 변화에 대응하는 에폭시계 수지의 성상을 조사하여 두고 겨울철 부득이 시공하는 경우에는 가열 양생 등의 조치를 생각할 필요가 있다.
- ② 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 가능시까지의 시간을 말하나 기온, 혼합량의 대소 등에 따라서도 다르므로 주의해야 한다.
- ③ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 롯트마다 시험을 실시하여 품질의 확인이 필요하다.
- ④ 썰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- ⑤ 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 썰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 마무리하며, 이소시아네이트수지를 주입한 경우에는 패커 제거 후 제거흙 썰링제로 밀봉한 후 그라인더로 표면처리 한다.
- ⑥ 이소시아네이트 수지는 격자로 주입하며 1차 주입 후 2차 주입을 한다.

나. 표면처리공법

표면처리공법의 적용은 균열, 선상 및 면상백태가 발생한 경우에 적용하는 것으로 하며 표면을 피복하여 방수성, 내구성을 지니도록 하는 것으로 그 효과는 콘크리트 표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열 등의 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하다. 공법의 흐름도 및 공법 개요도는 다음과 같다.



【그림 4.3】 표면처리공법 시공 흐름도

균열의 성장이 정지된 상태에서는 균열선 및 백태를 따라 폭 50~100 mm를 와이어 브러쉬로 닦아내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 모르타르로 균일하게 도포한다. 콘크리트 표면에 0.3mm이하의 균열이 많이 분포해 있는 경우도 같은 방법으로 도포할 수 있으며, 재료를 기계로 분무하여 도포할 수도 있다.

균열폭의 변동이 큰 경우 경화후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르타르로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 균열면을 와이어 브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15mm 절연재를 부착하고, 절연재를 중심으로 폭 30~50 mm, 두께 2~4mm의 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

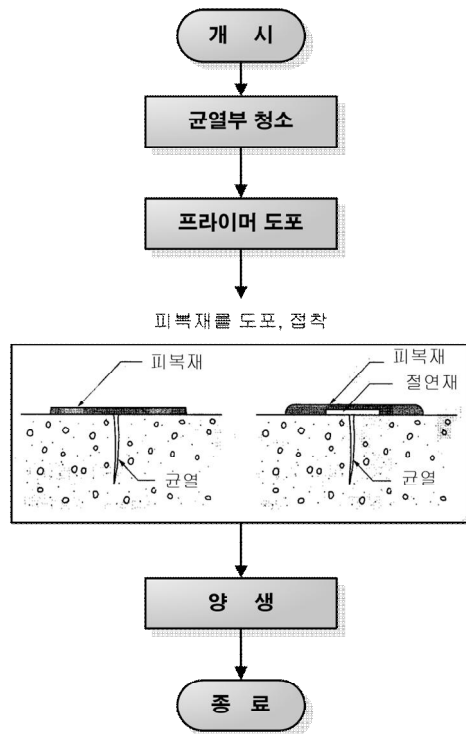
이 공법은 예전에는 균열부분의 폭이 작은 경우에 사용하는 경우가 대부분이었다. 그러나, 최근에는 균열 폭의 확대를 제어하거나, 부식된 철근의 결손부분을 보충하는 등의 목적으로, 탄소섬유시트나 아라미드섬유시트, 유리섬유시트라고 하는 연속섬유시트를 구조물의 표면에 붙이는 방법이 실용화되고 있다.

이러한 연속섬유 시트 접착공법은 콘크리트 구조물의 휨 내력과 전단내력성을 향상시킬 목적으로 개발된 보수·보강공법이지만, 이용방법의 하나로서 균열부분의 보수가 제안되고 실용화되고 있다. 균열의 보수공법으로서 생각하는 경우에는 표면처리공법과 위치가 결정된다.

표면처리공법에 사용하는 보수재료를, 보수목적과 관련되게 만들어 정리한 것이 다음 표이다. 여기서는 방수제 등의 침투성도포 방수제에 의한 보수도 표면처리공법의 침투성도포방수제는 주로 외부에서의 물의 침투방지를 목적으로 한 방법으로, 폭이 0.2mm 정도 이하의 균열부의 보수에 사용된다. 균열폭이 큰 경우에는 부적당하다.

연속섬유시트 접착공법으로 균열부를 보수할 때, 균열폭이 비교적 큰 경우나 균열부에서의 누수가 확인된 경우에는 하지 처리로서 균열부를 주입공법으로 보수해 놓아야 한다. 이 하지처리가 불충분하면, 연속섬유시트와 구조물과의 접착면이 파괴되어 시트의 박리 등의 불량일어난다.

이처럼 균열부가 변동하는 경우에는 균열부를 가로지르는 연속섬유의 파단을 막기 위해서 균열부와 피복재와의 사이에 비닐시트 등의 절연재료를 끼우는 것 같은 조치를 마련해 두는 것이 중요하다.



· 표면피복공법의 보수목적과 재료

보수목적 보수재료	방수성 향상	내구성 향상	균열 제어	내하성 향상
도막탄성방수시트	◎	○	×	×
침투성방수제	○	△	×	×
폴리머시멘트 모르타르	○	△	×	×
시멘트필라	○	△	×	×
탄소섬유시트	◎	◎	◎	◎
아라미드 섬유시트	◎	○	◎	◎
유리섬유시트	◎	○	△	△

◎: 우수, ○:양호, △:가, ×:불가

【그림 4.4】 표면처리공법 개요도 및 보수목적과 재료

다. 단면복구공법

1) 개요

과업대상 시설물의 콘크리트 결함은 대부분 시공초기 다짐불량, 시공불량이나 공용중 콘크리트 열화에 의한 것으로 신축이음부의 누수와 결부되어 콘크리트가 박락, 파손되고 등 결함의 진행속도가 점차 가속되고 있는 것으로 판단되므로 이러한 점에 유의하여 보수를 실시하여야 한다.

2) 공법개요

콘크리트 단면 결손부 중 들뜸, 박락(파손) 및 철근노출부는 내구성 저하방지를 위하여 단면복구공법을 사용하여 보수를 실시하는데, 콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로써 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면복구재, 철근방청재의 조합에 의한 공법으로 본 교량에서는 상기의 결함 중 콘크리트 파손, 박락부 및 철근노출부에 대한 보수방법으로 사용한다.

3) 시공방법 및 순서

결함부위는 콘크리트의 열화 깊이를 고려하여 콘크리트를 직각으로 3cm 더 깊게 절취하고 철근노출부위는 노출된 철근길이 만큼 콘크리트를 절취한다. 만약 절취전 또는 절취후 노출된 철근에 대해서는 철근의 녹을 깨끗이 제거한 후 방청재로 코팅하여 방청 처리하는 것을 기본으로 하며, 시공순서는 다음과 같다.

① 표면처리

기존 콘크리트 열화부위, 탄산화 부분을 브레이커 등을 이용하여 콘크리트 표면을 깎아낸다. 이때 손상부 깊이가 철근까지 확대되었을 때는 철근 뒷면 20mm이상을 깎아낸다.

② 표면청소

콘크리트 표면절거 후 고압 살수기를 이용하여 표면을 고압세척 한다. (고압세척의 압력은 노즐 TIP에서 5,000 psi(35Mpa)의 압력으로 한다.)

③ 철근부식방지

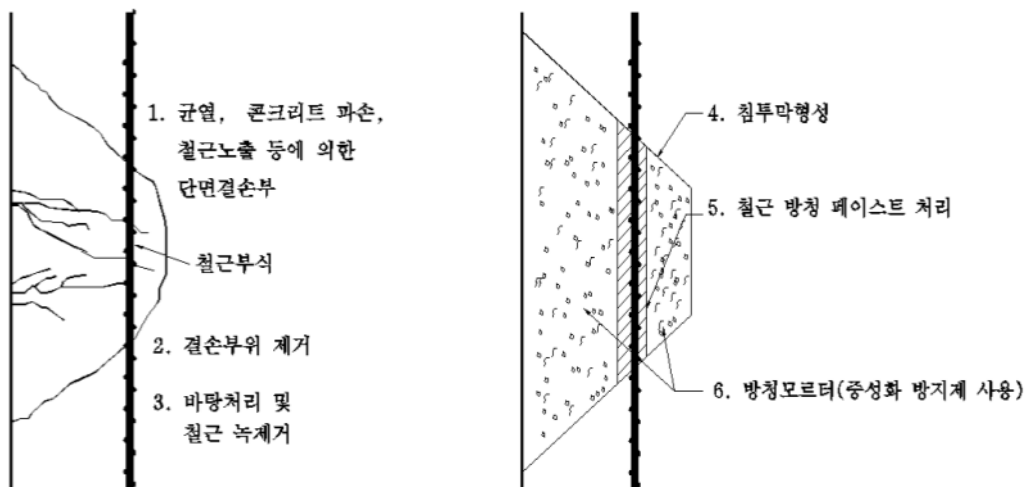
철근부식 방지를 위해 방청제를 도포하며 철근의 방식성, 단면보수재 및 철근과의 부착성이 좋은 재료를 사용하여야 한다.

④ 접착력 강화

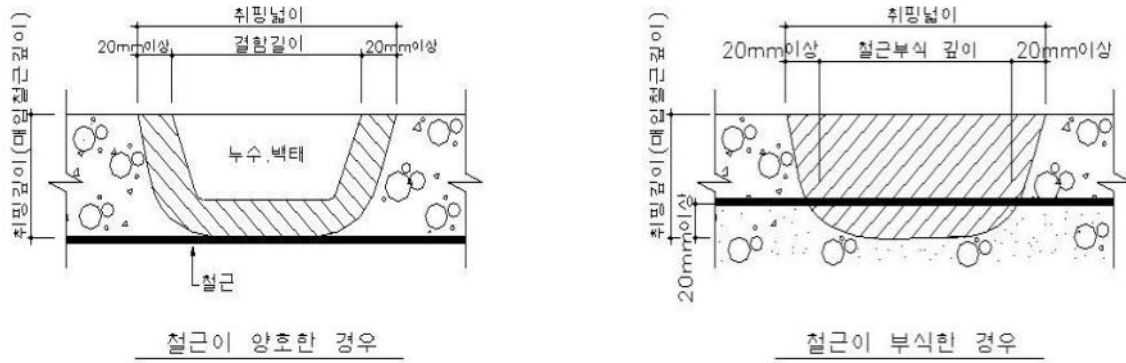
신·구 재료의 접착력 강화를 위하여 붓이나 에어 스프레이건을 사용하여 접착제를 균일하게 도포 한다. 콘크리트면과 밀착성이 뛰어나고 탄성계수, 열팽창계수, pH 등이 비슷한 규산염계, 폴리머 계통 접착제 등 사용한다.

⑤ 단면 복구재

기존 콘크리트 탈락부위에 특수 조강 무수축 모르터를 바른다.



【그림 4.5】 콘크리트 단면복구공법 개요도



【그림 4.6】 결합부위의 단면 치핑 개요도

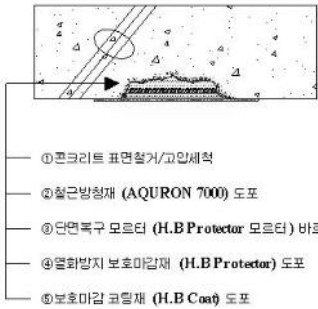
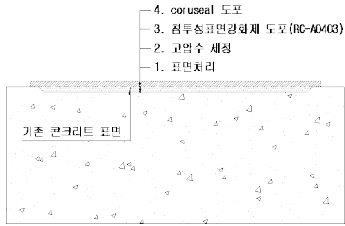
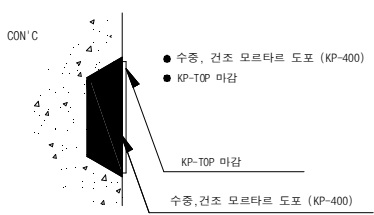
사용재료의 특성은 다음과 같아야 한다.

- 철근방청재 : 철근의 방식성, 단면보수재 및 철근과의 부착성이 요구되는 방청 페이스트 사용
- 바탕처리재(접착제) : 콘크리트면과 밀착성이 뛰어나고 탄성계수, 열팽창계수, pH 등이 비슷한 규산염계, 폴리머계통 접착제 등 사용
- 단면복구재 : 콘크리트와의 일체성, 부착성이 요구되며 폴리머시멘트, 방청 몰탈, 수지 몰탈 등 사용

4) 시공 시 주의사항

- 열화된 콘크리트는 수공구 또는 전동햄머 등의 전동공구를 사용하여 완전히 제거한다.
- 철근의 부식 부분을 수공구 또는 샌더 등의 전동공구를 사용하여 완전히 제거한다.
- 열화된 콘크리트와 철근의 부식을 제거한 후 고압수세정기($100\sim150\text{kg/m}^2$)를 사용하여 표면위에 남아있는 이물질을 완전히 제거한다. (물을 사용할 수 없는 경우에는 압축공기나 진공청소기를 사용한다.)
- 세정순서는 윗쪽에서 아래쪽으로 하고 오염된 물은 세정하며, 겨울철에는 동결에 유의한다.
- 세정시 물을 사용한 경우에는 충분히 건조하여야 한다.
- 방청제 및 접착제 도포시 제품 특성에 따른 표준 도포량 확인하여야 하며 도포방법은 로울러나 도료작업용 붓, 에어스프레이건 등을 사용하여 충분히 함침이 되도록 균열하게 도포한다.
- 단면복구용 몰탈은 콘크리트 표준시방서에 준하며, 재료의 혼합, 취급 및 주의사항은 별도의 제품 시방규정에 의한다.

【표 4.6】표면처리 및 단면복구공법의 비교안

구분	H.B프로텍터 몰탈공법	코러실 공법 (신기술 제345호)	프리벤션 공법 (특허 제10-0592458호)
공법 개요	• 폴리머 모르터에 항균제를 부여하여 세균의 산화반응에 의한 콘크리트 부식을 억제하면서 높은 압축 및 휨강도를 발현하는 공법 • 습윤면에 방식층을 형성하고 장기부착 강도가 우수한 공법	• 금속혼합물(산화알루미늄+망간+아연+규소+리튬+티타늄)을 이용하여 강력한 금속피막을 형성하여 외부의 열화인자로 부터 구조물보호하며, 내마모성, 내화학적, 차수성이 뛰어나 염해·중성화 방지에 탁월한 효과를 가지는 공법	• 열화요인별(중성화, 염해, 화학적 부식)로 대응하여 개발된 공법으로, 내오염성이 우수하며, 콘크리트 보호 효과가 매우 우수하고, 건조면과 습윤면 모두 시공이 가능하여 경제성과 보수효과 우수한 공법
공정 순서	 ① 콘크리트 표면청거/고압세척 ② 철근방청제 (AQUON 7000) 도포 ③ 단면복구 모르터 (H.B Protector 모르터) 바르기 ④ 열화방지 보호마감재 (H.B Protector) 도포 ⑤ 보호마감 코팅재 (H.B Coat) 도포	 4. Corasil 도포 3. 점투성표면경화제 도포 (RC-AD403) 2. 고압수 세정 1. 표면처리 기존 콘크리트 표면	 CON'C ● 수중, 건조 모르타르 도포 (KP-400) ● KP-TOP 마감 KP-TOP 마감 수중, 건조 모르타르 도포 (KP-400)
장점	• 재료의 침투성에 의한 접착성 우수 • 탄성계수, 열팽창 계수 등 기존 콘크리트와 물성치가 유사하여 일체화 거동 • 동결융해 및 내후성이 우수 • 화학적 부식에 저항성 및 중성화 방지 • 시공실적이 많고 공사비가 저렴	• 부착력 및 내화학적, 탄산화 방지능력이 우수하여 기존 구조물과의 일체성이 뛰어나 내구성이 우수함. • 국내 및 해외 적용 실적 다수 • 구조물의 내구성 증대 및 유지 비용 최소화 • 촉진내후성(800시간), 염수 분무시험(4,000시간) 등 국내 최고의 내후성 및 내염성 시험을 통과하여 내구성이 뛰어남. • 염해·탄산화방지 효과 성능 우수 • 높은 내화학적성이 요구되는 열화된 구조물에서도 완벽한 콘크리트 보호막 형성 • 어떠한 환경 변화에도 적응할 수 있는 유연성과 강력한 접착성 유지로 20년 이상의 내구성이 보장됨.	• 내구성 및 내화학적성 우수 • 인력 및 기계화 시공이 용이하여 현장여건(습윤/건조)에 따라 적용성 우수 • 공정을 단순화 시킴으로서 시공성 양호 • 최신 공법으로 품질 우수
단점	• 과대한 습윤 면에는 시공성이 떨어지고 부착력이 저하 • 저온 부위에 대한 시공 저하 • 5℃ 이하에서는 시공의 어려움.	• 공정이 다소 복잡하여 숙련된 전문 기능공 필요함. • 공정별 철저한 품질관리를 요함.	• 온도에 민감함. (4℃ 이하 관리필요) • 신공법으로 시공실적이 적음.

라. 강재부식부 도장 보수공법

1) 도장재료의 선정

다음은 크게 강재시설물에 대해 쉽게 발생하는 방식재의 손상으로 인한 구조물 상태와 이에 대한 일반적인 보수방법이다.

방식설계는 향후 관리비용과 직결되므로 LCC(Life Cycle Cost)개념인

$$LCC = I + M + R \quad (I : \text{초기비용}, M : \text{보수비용}, R : \text{교체비용})$$

공식에 의해 내구성 있는 방식재를 선정하여 보수비용(M)과 교체비용(R)의 요인을 절감하는 것이 중요하다.

본 교량에 적용할 도장재료 및 색상의 선택은 재료의 장단점과 경제성 및 주변환경을 감안하여 결정하는 것이 바람직하다.

【표 4.7】 강재부식부의 일반적인 도장보수 공법

구분	원 인	발생 현상	일반 보수방법	문 제 점
각종 부식 발생	• 염분피해 • 도장박락 • 동결융해 • 건습반복	• 코팅제의 박락 및 변형으로 모체면에 생기는 각종 부식현상 • 코팅제의 자외선 노출로 인한 변색 및 변형 • 변형으로 인한 부분박리, 박락 발생	• 표면처리 (blast) • 발청부위보수 • 재도장	• 기존의 중방식 도료들의 내구년 한이 3~5년 정도로 대체적으로 짧은 편으로 재도장시 경제적으로 부담이 크게 발생되고, 표면 처리시 각종 공해발생 가능성 내포, 보수 후 재도장 가능성 유포 (동일방법)

2) 표면처리

- ① 기 도장된 표면에 부착된 염분량을 측정하여 염분 부착량이 150mg/m^2 이상인 경우에는 강재 표면의 염분과 이물질을 깨끗한 물로 씻어낸다. 이때 분사압력은 2MPa 로 하며, 강재면과의 거리는 $30\sim 45\text{cm}$ 정도 유지한다.
- ② 강재표면이 건조해질 때까지 기다린 후, 동력공구세정방법(power tool cleaning)을 선정하여 강재표면의 녹을 제거한다. 이때 재도장 실시는 녹 제거(블라스팅) 상태를 감독관 및 감리의 확인과 승인 후 실시한다.
- ③ 블라스팅시 표면조도가 $15\sim 35\mu\text{m}$ 가 되도록 한다. 기존의 무기질아연 도장면 위에 재도장을 실시한다.
- ④ 블라스팅과 하부도장은 같은 날 실시한다. 블라스팅 후 재도장까지 1일 이상 지체되면 밤에 응결된 수분에 의해 발청이 될 수도 있다.
- ⑤ 하부도장을 실시한 후 상부도장까지는 5일이 경과하지 않도록 한다. 만약 5일 이상 경과하면, 상부도장 이전에 깨끗한 물로 세척한 후 도장하도록 한다.

3) 강재 도장 시 고려사항

강재부식부에는 재도장을 실시하여 부식을 방지하는 것이 원칙이며, 본 교량의 경우에도 기존의 발청 부위의 부식을 제거하고, 재도장으로 방식처리를 하는 것이 필요하다. 재도장시에는 다음의 사항을 고려하여 시행하는 것이 바람직하다.

【표 4.8】 강재 도장 시 고려사항

• 도장대상면 물청소	• 현재 도장면에는 공기중의 이물질이 고형화하여 부착되어 있다. 재도장을 위한 표면처리시 이러한 이물질을 제거하지 않으면 블라스팅할 때 이물질이 강재에 부착되어 도장하부 부식의 원인이 되므로 먼저 기존의 도장면을 깨끗이 물청소함.
• 가벼운 블라스팅	• 부식이 심한 부위는 동력공구와 수동공구를 이용하여 부식을 제거하고, 발청부위는 가볍게 블라스팅함. 화이트 블라스팅은 비용과다 및 환경오염을 가중시킬 우려가 있으므로, 기존의 부식부위를 가볍게 블라스팅하여 기존의 녹을 제거함.
• 도장보수 작업	• 도장 대상면의 표면처리 후에 재도장을 실시하며, 시공때와 같이 강재면 위에 도장을 하는 것이 아니라 기존의 도장면 위에 도장작업을 수행하므로, 도장 작업시 이러한 특성을 고려하여 선택하도록 함. • 도장작업시 주의해야 할 사항을 아래에 정리함.
- 도막두께 불량 (Thickness)	• 얇은 도막은 점녹의 발생원인이 될 수가 있고, 도막이 두꺼우면 내부 용융 상태에서 표면이 경화함으로 인해 균열이 발생할 수 있음.
- 핀홀 (Pinholes)	• 기존 도장면의 핀홀 위에 스프레이 도장을 할 경우에는 도장 후 핀홀내부의 공기가 빠져나오면서 구멍이 발생한다(gassing 효과). 따라서, 도장작업시 핀홀이 발생하면 이를 먼저 제거하는 것이 바람직함.
- 건조스프레이 (Dry spray)	• 건조스프레이는 용제의 빠른 증발로 인하여 페인트 입자가 건조한 상태로 분사되는 것을 말하며, 이러한 현상이 발견되면 즉시 제거한 후 재도장함.
- 불연속	• 부분적으로 도장이 누락되거나, 오버랩이 되지 않아 도막두께가 얇은 것을 불연속(discontinuities) 또는 휴일(holiday)이라고 함.
- 분화구 (Cratering)	• 도장 후에 부분적으로 분화구 모양의 구멍이 형성되는 경우가 있는데, 이를 분화구(Cratering) 또는 어안(Fisheyes)라고 함. 이것은 도장면 또는 페인트 분무공기에 함유되어 있던 기름에 의한 것으로, 이러한 현상이 발생하면 표면을 거칠게 한 후 브러쉬로 재도장함.
- 점토상 균열 (Mud Cracking)	• 점토상 균열은 두터운 도장면(특히 아연이 많은 도장)에서 발생하며, 두터운 수용성 도장면에서 용제나 수분이 빠르게 증발할 때 발생함. 따라서, 빠른 건조가 예상되는 곳에서는 고비율 수용성 도장재료의 적용을 가능하면 피하는 것이 바람직함.
- 점녹 (Pin Point Rusting)	• 점녹은 도막두께가 적절하지 않을 경우 방식효과가 감소함으로써 발생함. 이러한 결함을 방지하기 위해서는 적절한 함량의 도장재료를 사용하고, 도막두께가 충분해야 함.

【표 4.9】 전면 재도장시 부식 환경에서 사용도료 및 건조도막 두께

도장부위		바탕처리정도	도장층별	도료 종류	건조도막두께(μm)
외부	1안	• 거의 완전한 블라스트 (Sa 2 1/2)	하 도	무기질징크계	55
			중 도	에폭시계	100
			상 도	우레탄계	80
	2안	• 거의 완전한 블라스트 (Sa 2 1/2)	하 도	에폭시(알미늄)	100
			중 도	에폭시계	100
			상 도	우레탄계	80

【표 4.10】 부분 재도장시 사용도료 및 건조도막두께

도장부위		바탕처리정도	도장층별	도료 종류	건조도막두께(μm)
내부	역 청 질 계	• 거의 완전한 블라스트 (Sa 2 1/2)	T/U	에폭시계 (알미늄)	(80)
		• 동력공구시공 (St 3)	상 도	역청질계	55
	광명단 페인트, 에 폭 시 계	T/U	에폭시계(알미늄)	(80)	100
		상 도	에폭시계(마스틱)	100	100
					80

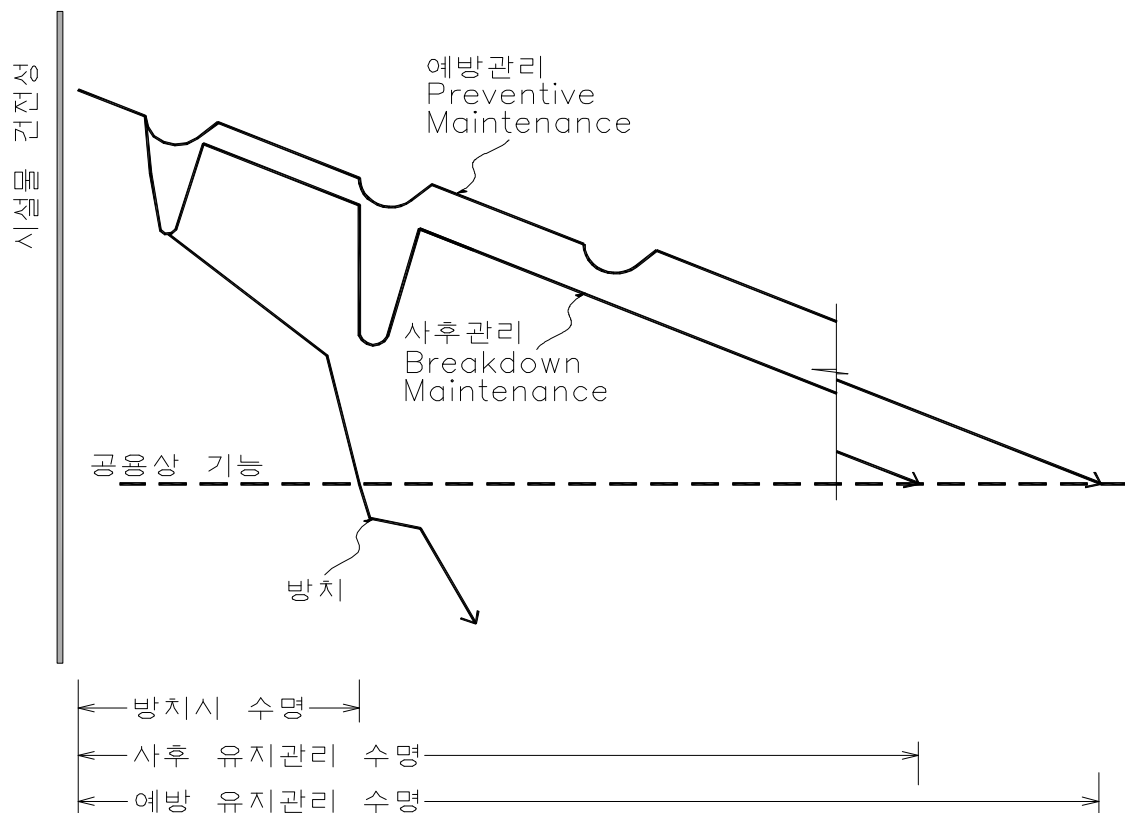
【표 4.11】 강재 거더 및 받침장치 발청부 도장보수 공법비교안

공법	중방식 금속혼합물 (알루늄계)피막	염화고무계도료 (일반중방식)	세라믹계 도료
시공 순서	- 표면처리 1차피막 (하도) 2차피막 (중도) 3,4차피막 (상도)	- 표면처리 - 무기질징크 하도 - 염화고무도료 중 · 상도	- 세라믹코팅 바탕 만들기 - 무기아연말계 - 무기세라믹계 - 우레탄세라믹
장 점	- 내열성, 내후성, 방청력, 부착력, 신율 - 내마모성 - 강인한 도막, 미관성 - 내약품성, 내충격성 - 희생양극방식 기능 - 내염성, 내구성 - Re-Coating이 용이 - 음용수 기준에도 적합한 친환경적 소재	- 일반적인 시공성 - 국내적용 실적이 많음. - 건조가 빠름.	- 내약품성 - 강인한 도막, 미관성 - 내구성
단 점	- 일반적 도료에 비해 비교적 고가 - 작업 시 접착제와 금속혼합물이 잘 혼합되도록 전동 믹서기를 이용하여 혼합하여야 함. - 작업 전 시공교육 필요	- 내약품성이 나쁨. - 내구성이 짧음. - 내열성이 나쁨. - 초기접착력은 우수하나, 접착력 저하(계면탈락) - 저온시 증점(점도상승, 유동성감소) 및 겔화 현상발생	- 공사비 고가 - 수축팽창에 대한 유연성(신율)부족 - 다른 재질이므로 층간 분리 현상이 나타날 수 있음.
내구성	20년	3 ~ 4년	10년

6.3 유지관리방안

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

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



【그림 4.7】 유지관리 유형에 따른 시설물의 공용기간

- 시설물을 방치하면 손상이 더욱 진행되고 또 다른 손상을 유발시키는 등 기능저하가 가속되어 결국 공용성을 상실하게 된다.
- 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.
- 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 시특법에 의한 시설물의 점검과 진단이며 결과에 따른 적극적 대책이 보수·보강인 것이다.

【표 4.12】유지관리의 기본개념

구분			내용
유 지 관 리	점검 · 검사		• 정기점검 이상 시 점검을 주체로 하며 이에 동반되는 관리업무
	평 가		• 점검 결과에 따라 시설의 건전도를 평가하여, 보수의 필요성을 판단하는 것
	유 지 보 수	유지	• 시설물의 물리적 노후도의 진행이나 기능저하를 허용한계 이내로 멈추게 하기 위한 행위
		보수	• 물리적 · 기능적으로 노후화된 시설물을 부분적으로 수리하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
		보강	• 외력에 의하여 파손된 시설물을 부분적으로 보수하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
갱신 · 교체		• 물리적 · 기능적으로 노후화된 시설물이나 이상한 외력에 의하여 파손된 시설물을 전면적으로 수리하여 원래의 기능과 구조물로 회복시키는 행위	
개 량		• 당초 계획했던 기능을 능가하는 기능을 갖출 수 있는 구조로 개량하는 행위	

6.3.1 유지관리 업무 및 흐름

가. 자료관리

자료관리는 대상구조물이 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 하기 위한 자료를 관리하는 업무를 말하며, 일반적으로 설계도서, 구조물대장, 보수·보강대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 일을 말한다. 자료는 구조물의 점검, 보수·보강시마다 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 볼 때 관련내용을 전산화하여 관리하면 효율적이다.

일반적으로 구조물의 유지관리시 필요한 관련 자료를 열거하면 다음과 같다.

- 설계도서(시공 및 보수 도면, 구조계산서 등)
- 공사내역서 및 시방서
- 보수 · 보강이력
- 사고기록, 점검 및 진단이력
- 사진 및 시험결과
- 건축물 관리대장
- 상태 및 안전성 평가기록

나. 일상관리

일상관리는 구조물의 내구적인 손상을 예방하는 차원에서 수행하는 작업을 말하는 것으로서 청소가 대표적인 경우이다. 또한 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

다. 점검 및 진단(예방 유지관리)

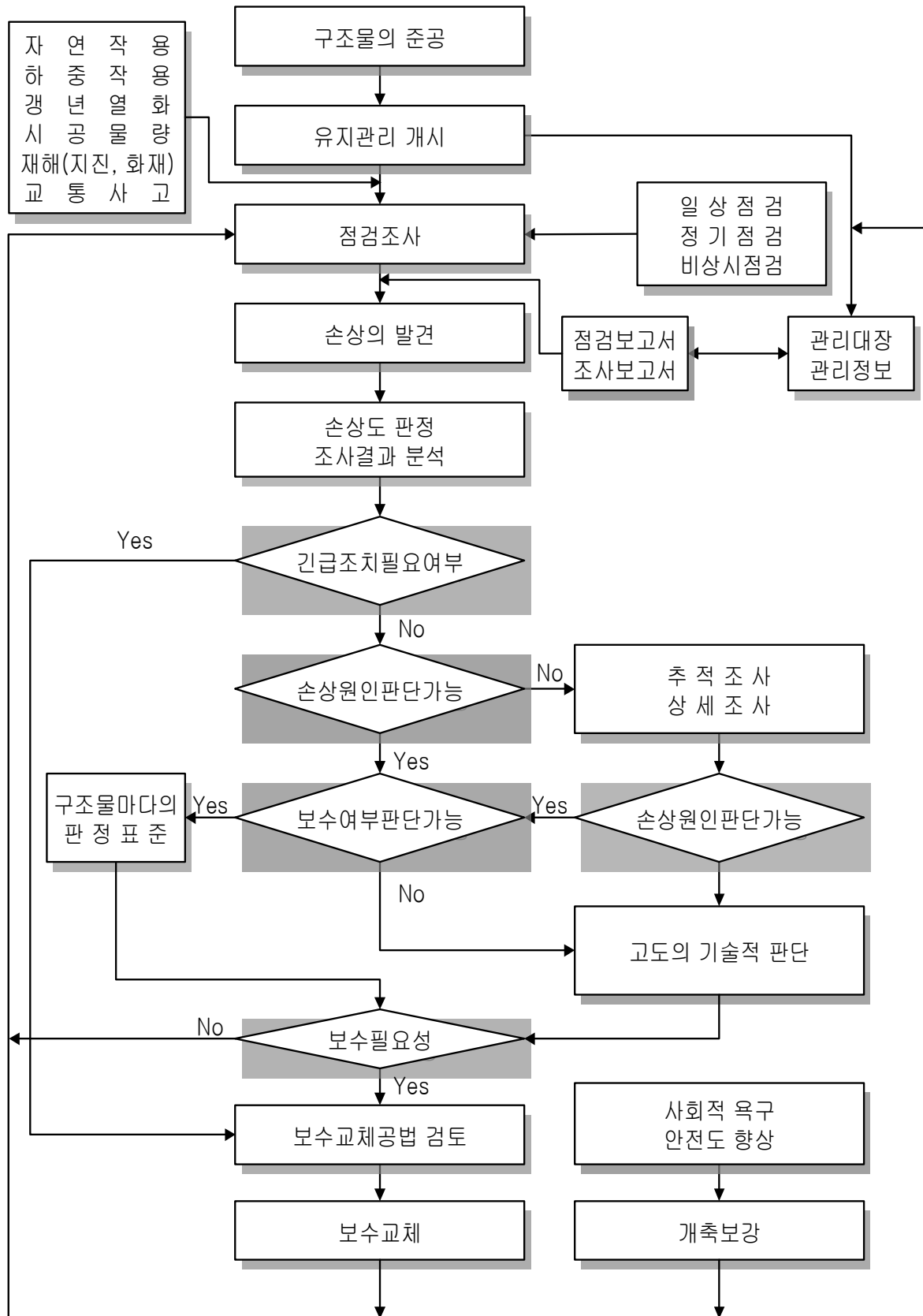
점검은 구조물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견함으로서 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위하여도 점검이 필요하다.

점검은 일상점검, 정기점검(초기점검 포함) 및 긴급점검으로 나누며, 점검결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 상세조사를 실시한다.

또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단될 때에는 전문가에 의한 안전진단을 실시한다.

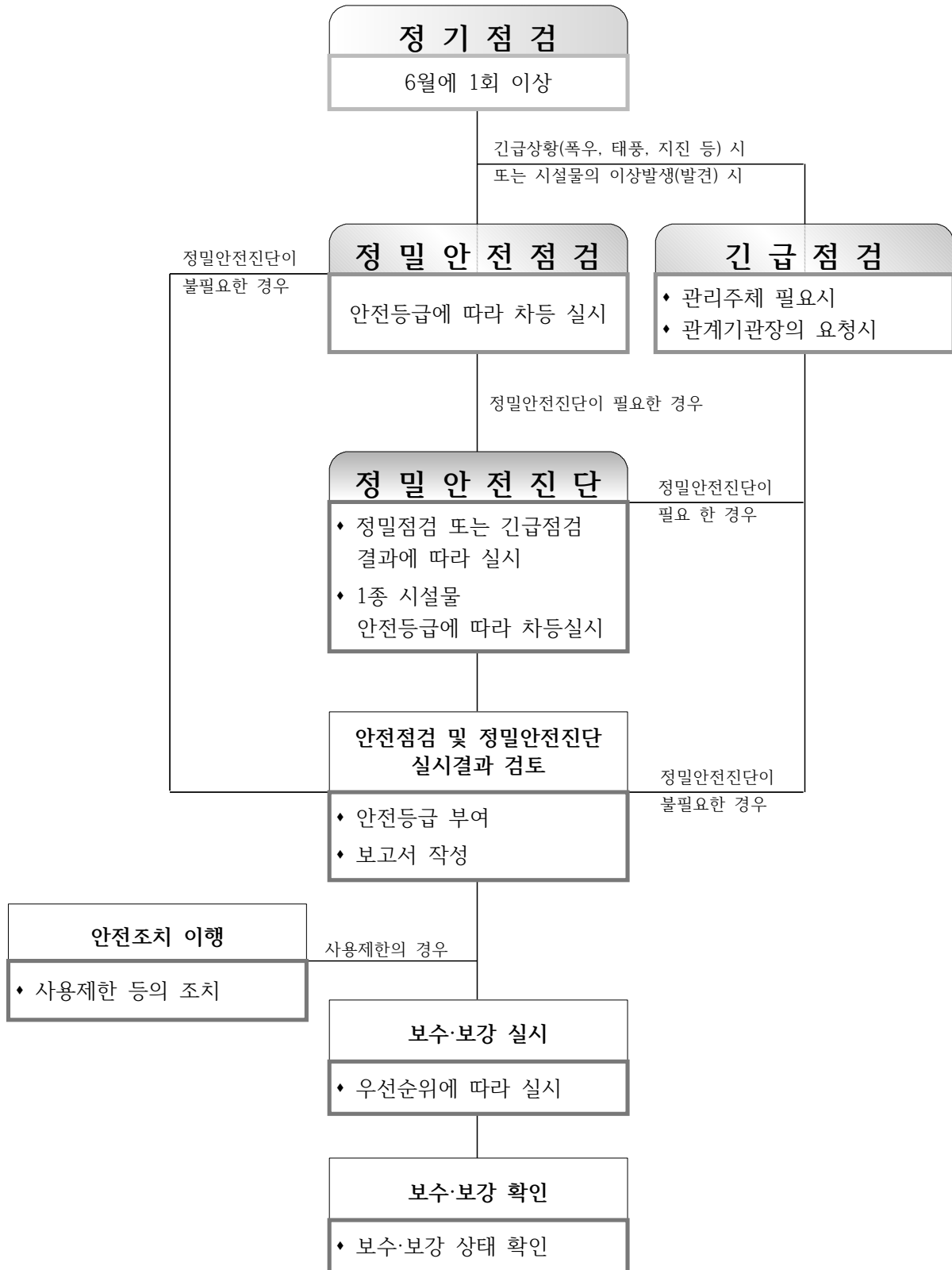
라. 보수 및 보강(사후 유지관리)

점검이나 진단을 통하여 손상을 발견하였을 때는 손상의 원인을 정확히 파악하여 보수·보강 또는 신설이나 교체를 시행하여야 한다. 보수란 손상된 부위를 고쳐서 원래의 기능으로 회복시키는 작업을 의미하며, 보강은 현 상태의 손상방지는 물론 구조적 내하력 및 지지력을 현 상태 이상으로 향상시키는 것을 목적으로 실시하는 작업을 말한다.



【그림 4.8】 유지관리 흐름도

6.3.2 안전점검 및 정밀안전진단 실시시기



【그림 4.9】 안전관리 업무 흐름도

대상 시설물의 공용기간 중에는 아래와 같이 점검주기 및 주요조사항목에 대한 지속적인 점검을 실시하여 시설물의 안전성과 내구성을 유지하여야 할 것으로 판단된다.

【표 4.13】 점검주기 및 주요조사항목

점검종류	점검주기	주요조사 항목
정기 안전점검	반기 1회	• 박리, 균열, 박락, 사용하중, 누수 등에 관하여 전회 점검 또는 진단시와의 변형, 변위 발달상태
정밀 안전점검	A등급 : 3년에 1회 이상 B·C등급: 2년에 1회 이상 D·E등급: 1년에 1회 이상	• 설계도서 검토 • 형상검사(규격, 변위, 변형, 침하 등) • 상태검사(파열, 손상, 부식, 균열, 누수, 열화 등) • 현장시험·측정(강도, 철근, 피복, 탄산화 등)
긴급 안전점검	필요시	• 손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수작업의 규모, 주요보조부재의 내하력, 사용제한 여부 등
정밀 안전진단	A등급 : 6년에 1회 이상 B·C등급: 5년에 1회 이상 D·E등급: 4년에 1회 이상	• 구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 정기점검 상태부터의 변화 확인 • 구조해석 및 안정성 평가