

제 5장 보수·보강 및 유지관리방안

5.1 개 요

5.2 보수·보강 선정기준

5.3 보수·보강 방안

5.4 보수·보강 개략공사비

5.5 유지관리방안

제 5장 보수·보강 및 유지관리방안

5.1 개 요

모든 구조물은 시간이 경과함에 따라 여러 가지 원인에 의하여 손상이나 결함이 발생하게 되고 그대로 방치해 두면 점진적으로 발전하여 대형사고의 원인이 될 수 있다. 본 과업대상시설물에 대한 외관조사 및 내구성조사 결과 상부 슬래브 및 거더에서 보수·보강이 필요한 것으로 평가되었다. 본 구조물의 보수·보강은 현상태의 내하력, 내구성, 기능성 등의 성능유지 및 중대를 위해서 실시하여야 하며 보수·보강구간에 대하여는 시행에 앞서 다음과 같은 기본방향 설정이 필요하다.

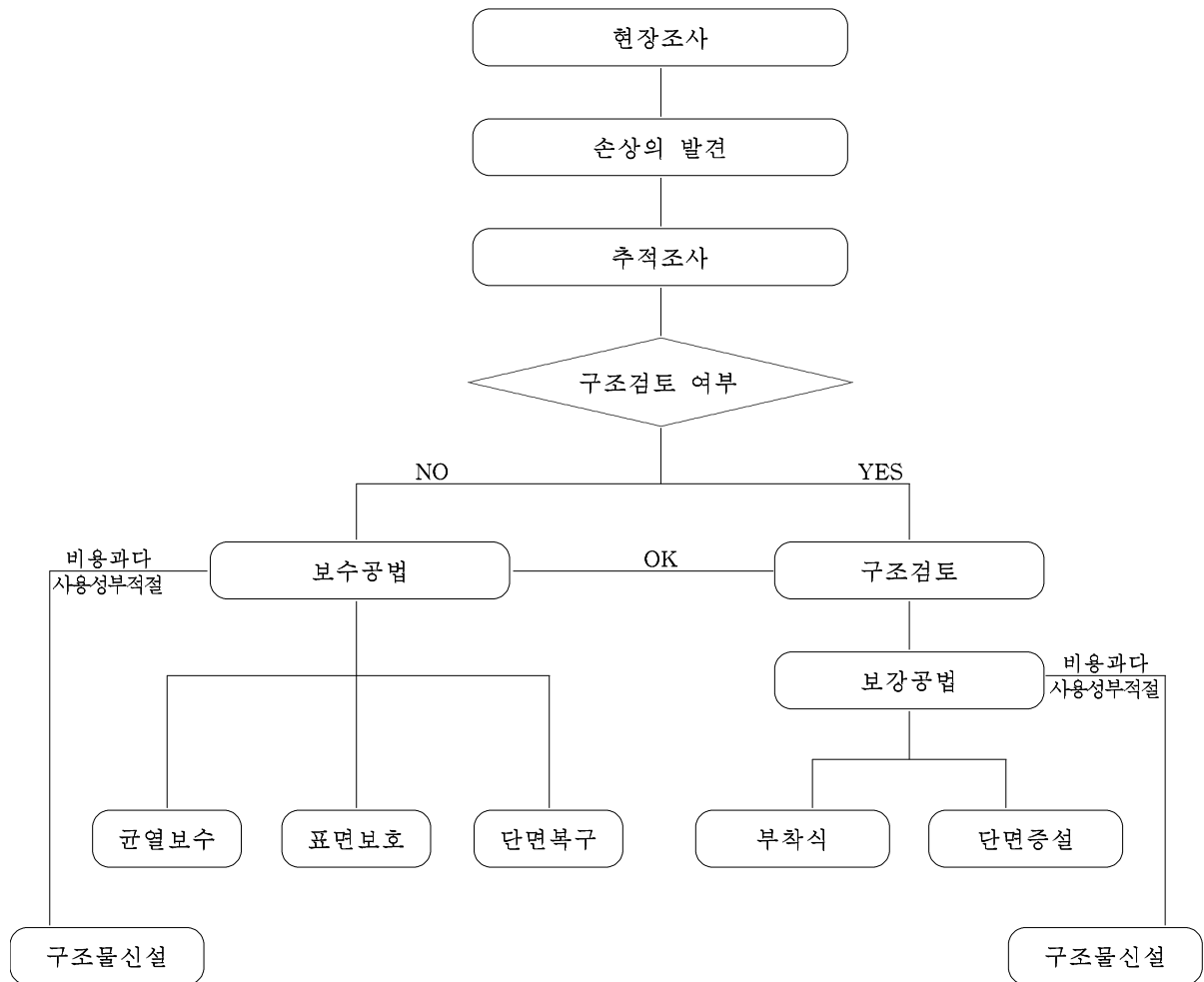
- ① 보수공법의 선정시 시공성 및 경제성을 고려한 효과적인 공법을 선정하여 시행.
- ② 보수공법의 우선순위는 내구성 및 내하력에 미치는 영향을 고려하여 완급 결정.
- ③ 보수공법의 적용은 구조물의 안전에 최우선을 두고 공사시 참여 인원의 안전관리에 최선을 다하여야 한다.

5.1.1 보수·보강공사의 우선순위

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

- ① 구조물의 직접적인 안전성과 관련있는 손상을 최우선으로 하였다.
- ② 주부재의 균열 또는 철근부식 등과 같은 주요구조물의 내구성 및 성능저하를 유발할 수 있는 손상으로 정하였다.
- ③ 방치시 규모가 증대되거나 사용성을 위한 손상으로 정하였다.

5.1.2 보수·보강의 업무 흐름도



<그림 5.1.1> 보수·보강의 업무 흐름도

5.2 보수·보강 선정기준

5.2.1 균열 보수여부 판정기준

1) 대상 부재가 구조부재인 경우 측정 균열폭이 <표 5.2.1>의 허용 균열폭 보다 적은 경우에는 보수할 필요가 없고, 허용 균열폭 보다 큰 경우에는 보수가 필요하다. 강재부식에 대한 환경조건은<표 5.2.2>을 따른다. 다만 <표 5.2.1>에 적용될 수 있는 피복두께는 10cm 이하를 표준으로 한다.

2) 내하력 문제 때문에 보강여부를 판정하는 경우에도 <표 5.2.1>을 따른다.

3) 내구성 확보를 위한 보수기준으로서의 허용 균열폭 <표 5.2.3>과 같다.

<표 5.2.1> 허용균열폭 $w_a(\text{mm})$

강재의 종류		강재의 부식에 대한 환경조건			
		건조환경	습윤환경	부식성환경	고부식성환경
이형 철근	건 물	0.4mm	0.3mm	0.004tc	0.0035tc
	기타 구조물	0.006tc	0.005tc		
프리스트레싱 긴장재		0.005tc	0.004tc	-	-

여기서 tc는 최외단 철근의 표면과 콘크리트 표면사이의 콘크리트 최소 피복두께(mm)

<표 5.2.2> 강재의 부식에 대한 환경조건의 구분

건조환경	◦ 일반 옥내부재, 부식의 우려가 없을 정도로 보호한 경우의 보통 주거 및 사무실 건물내부
습윤환경	◦ 일반 옥외의 경우, 흙속의 경우
부식성환경	◦ 습윤 환경과 비교하여 건습의 반복작용이 많은 경우, 특히 유해한 물질을 함유한 지하수위 이하의 흙속에 있어서 강재의 부식에 해로운 영향을 주는 경우, 동결작용이 있는 경우, 동상방지제를 사용하는 경우 ◦ 해양 콘크리트 구조물 중 해양중에 있거나 극심하지 않은 해양환경에 있는 경우(가스, 액체, 고체)
고부식성환경	◦ 강재의 부식에 현저하게 해로운 영향을 주는 경우 ◦ 해양콘크리트 구조물 중 간만조위의 영향을 받거나 비말대에 있는 경우, 극심한 해풍의 영향을 받는 경우

<표 5.2.3> 내구성에서의 허용균열폭

조 건	허용균열폭 $w_a(\text{mm})$
건조환경	0.40
습윤환경	0.30
부식성환경	0.20
고부식성환경	0.15
수밀성구조	0.10

4) 대상부재가 구조부재인 경우와 내하력 확보를 위한 보수기준을 정할 경우 허용 균열폭은 $0.0035tc(\text{부식성환경})=0.0035 \times 50(\text{설계값})=0.175\text{mm}$ 이고, 내구성 확보차원에서 보수기준을 정할 경우 0.2mm 이므로 균열폭 $cw=0.2\text{mm}$ 이상에 대해서는 주입보수를 실시하고 그 이하의 균열에 대해서는 정기점검을 통한 유지관리를 제시한다.

5.2.2 결함 및 손상별 보수·보강 선정기준

가. 내구성 기준

<표 5.2.4> 결함 및 손상별 내구성 기준

구분	순위	내구성 기준
단기	1	- 철근이 노출되어 부식된 상태 - 철근은 노출되지 않았으나 녹물이 유출되는 상태 - 균열폭이 0.3mm이상인 경우
	2	- 재료분리로 인하여 철근피복이 부족한 상태
장기	3	
유지관리	4	- 유지관리 후 조치를 취하여도 되는 경우 - 균열폭이 0.3mm미만인 경우 - 유지관리를 통로에 발생되어 있는 국부적 결함, 파손

나. 수밀성 기준

<표 5.2.5> 결함 및 손상별 수밀성 기준

구분	순위	수밀성 기준
단기	1	- 물이 흐를 정도로 누수가 발생하는 경우 - 벽체의 결함부를 통해 누수가 발생되어 백태 면적이 크게 형성되어 있는 경우 - 0.3mm이상의 균열부에 백태가 형성될 정도로 누수가 발생하는 경우
	2	- 콘크리트표면에 물기가 보이고 국부적으로 백태가 형성되어 있는 경우 - 0.2~0.3mm의 균열에 백태가 형성될 정도로 누수가 발생하는 경우
장기	3	- 콘크리트 표면이 약한 백태가 소정의 면적에 걸쳐 발생되어 있는 경우 - 0.2mm미만의 균열부에 백태가 형성될 정도로 누수가 발생하는 경우
유지관리	4	- 방수층이 파손되어 향후 누수가 발생할 수 있는 경우

다. 안전성 기준

<표 5.2.6> 결함 및 손상별 안전성 기준

구분	순위	안전성 기준
단기	1	- 내하력이 부족하여 구조적 균열이 발생되어 있는 경우 - 내하력은 확보되어 있으나 구조적 균열이 발생되어 있는 경우
	2	
장기	3	
유지 관리	4	- 내하력이 부족하나 구조적 손상이 발생되어 있지 않고 적절한 유지관리를 하는 경우 내하력을 확보할 수 있는 경우

라. 미관성 기준

<표 5.2.7> 결함 및 손상별 미관성 기준

구분	순위	안전성 기준
단기	1	
	2	
장기	3	- 누수에 의한 누수흔적 및 도장박리가 발생하는 경우
유지 관리	4	- 국부적인 미장몰탈 파손이 발생하는 경우

5.3 보수 · 보강 방안

5.3.1 콘크리트 부재의 보수 · 보강 방안

가. 균열부 수지주입공법

1) 개요

균열보수 공법의 적용 기준은 콘크리트 구조설계기준('07)의 사용성 및 내구성 허용균열 폭 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) 수지주입 공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며 <표 5.3.1>는 수지주입공법의 종류이다.

<표 5.3.1> 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 <표 5.3.2>과 같다.

<표 5.3.2> 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 점성도는 <표 5.3.3>과 같으며, 일반적인 주입 파이프의 간격은 <표 5.3.4>과 같다.

<표 5.3.3> 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	0.5~5mm 전후

<표 5.3.4> 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

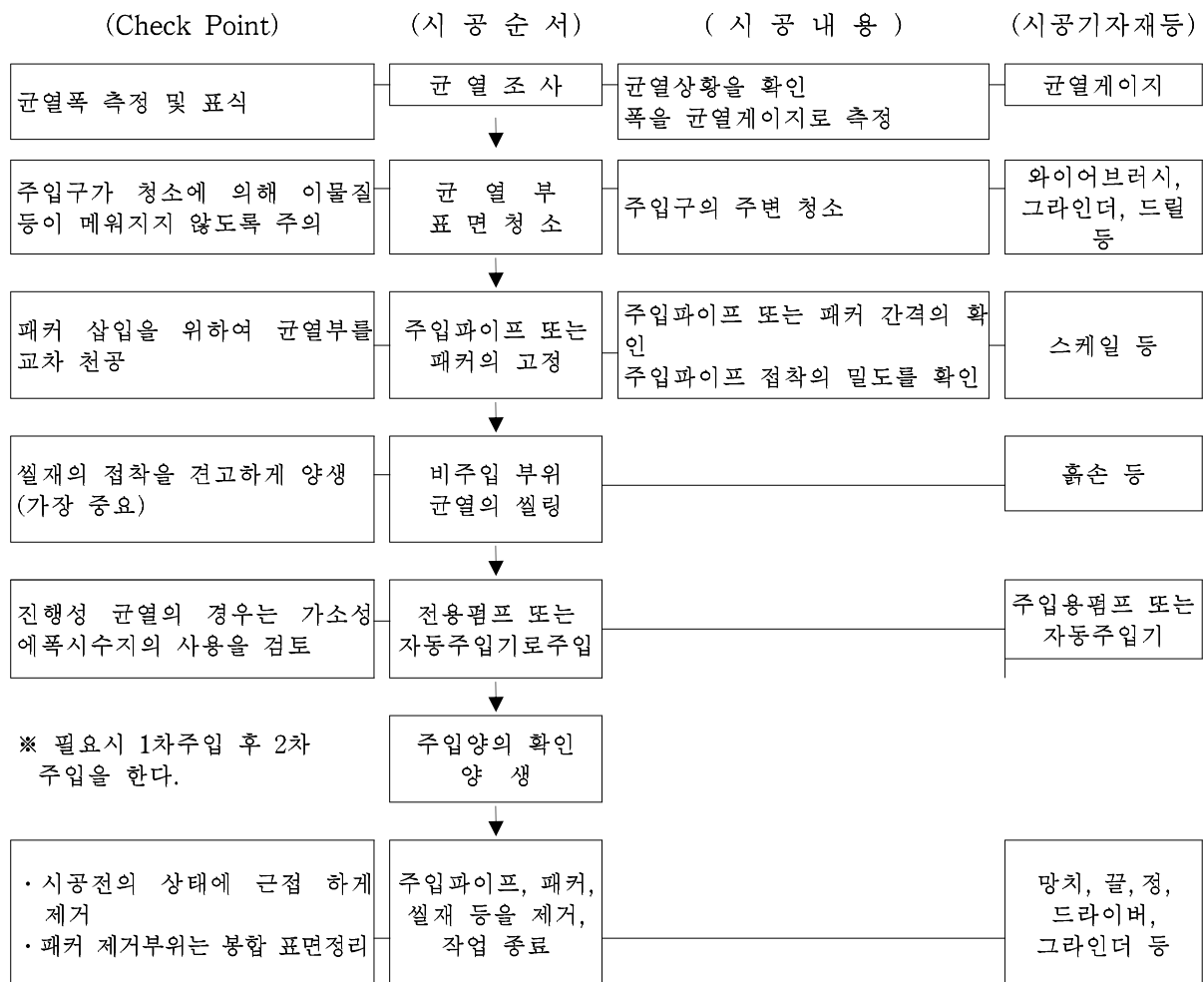
균열 폭 (mm)	주입파이프/패커 간격 (mm)	비 고
0.3 이하	50 ~ 100	
0.3 ~ 0.5	100 ~ 200	
0.5 ~ 1.0	150 ~ 250	
1.0 이상	200 ~ 300	

4) 압입식 수지주입공법의 특징

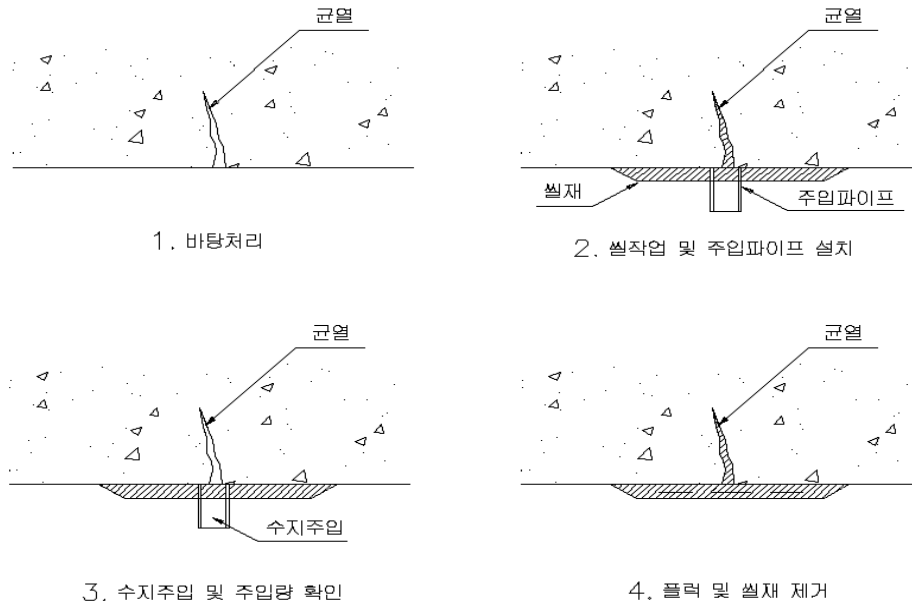
수지가 들어 있는 용기를 균열 위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기 높이의 저압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 그리고, 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 $4\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하로 규정되어 있으나, 실제로는 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 전후가 사용된다.

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 <그림 5.3.1>, <그림 5.3.2>와 같고, 수지계 주입재의 특징은 <표 5.3.5>와 같다.



<그림 5.3.1> 수지주입 공법 시공 흐름도



<그림 5.3.2> 균열 수지주입 공법 개요도

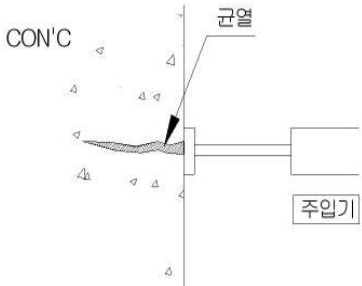
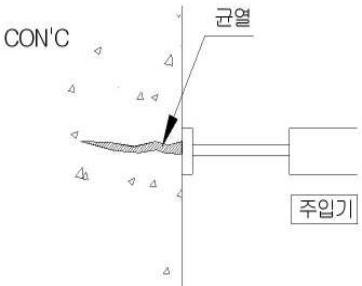
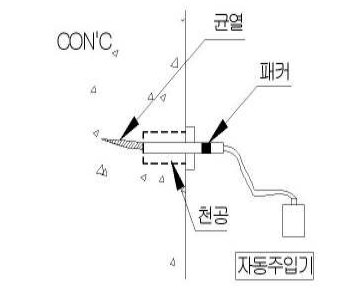
<표 5.3.5> 수지계 주입재의 특징

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 뛰어나 • 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 (에폭사+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 균열부 추종 봉합

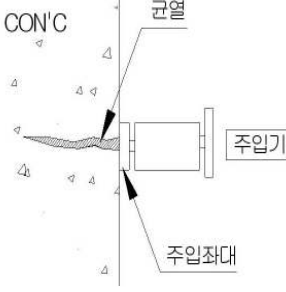
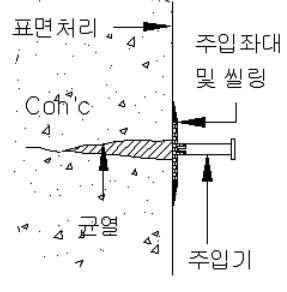
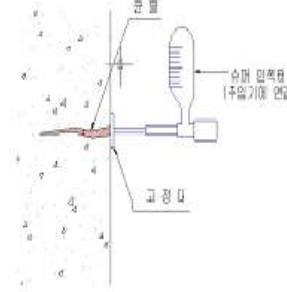
5) 시공시 주의사항

- 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 가열양생 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 쉘링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- ⑤ 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 쉘링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 마무리하며, 이소시아네이트수지를 주입한 경우에는 패커 제거 후 제거흙 쉘링제로 밀봉한 후 그라인더로 표면처리 한다.
- ⑥ 이소시아네이트 수지는 격자로 주입하며 1차 주입 후 2차 주입을 한다.

<표 5.3.6> 수지주입공법의 비교

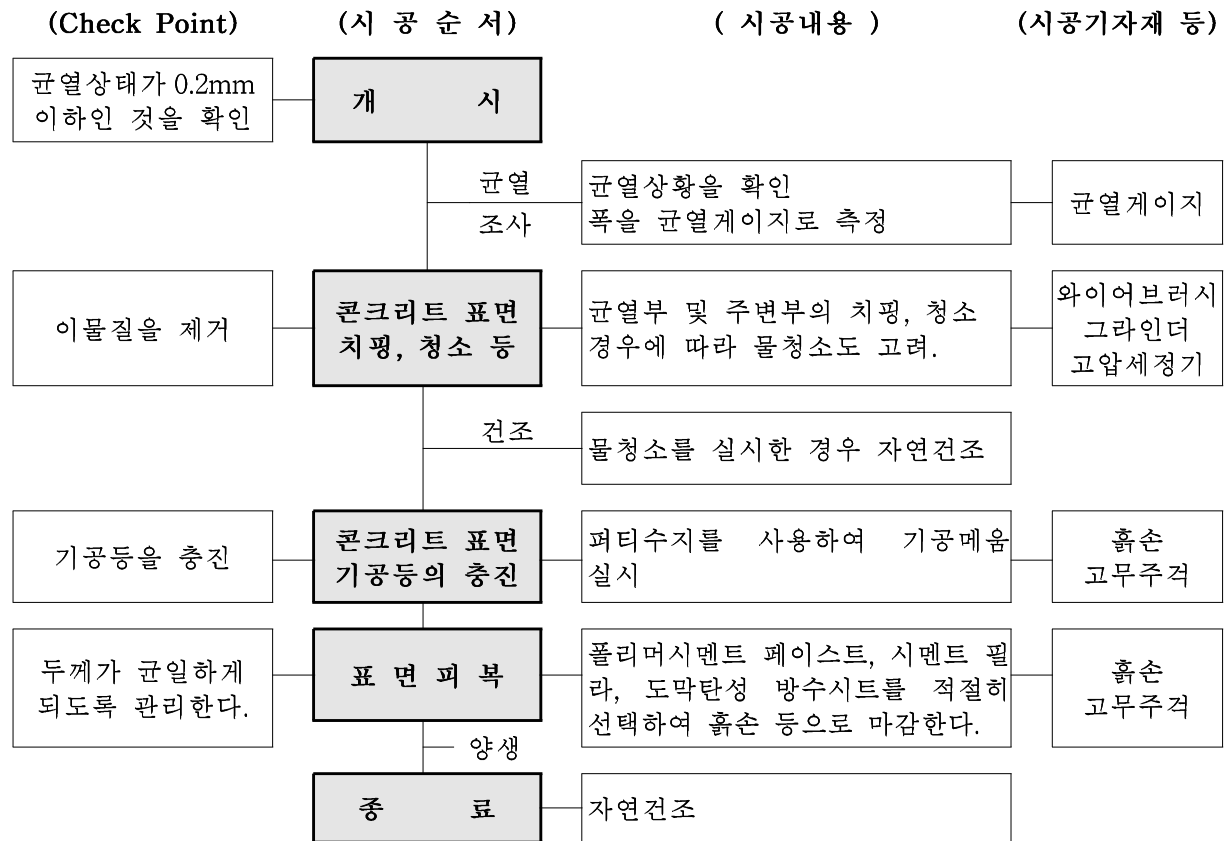
구 분	에폭시 수지계 (일반)	폴리머 시멘트계	이소시아네이트 수지 (건식, 습식)
개요도			
공 법 개 요	● 콘크리트 균열부위에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법	● 콘크리트 균열부위에 무기계 재료인 RF슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	● 콘크리트 균열 부위에 이소시아네이트 수지를 패커를 이용 자동주입기를 통하여 주입하는 공법
시 공 방 법	표면처리 → V컷팅 → 주입기설치 → 균열부실링 → 에폭시주입 → 단면복구	표면처리 → V컷팅 → 주입기설치 → 균열부실링 → RF슬러리 주입 → 단면복구	표면처리 → V컷팅 → 격자천공 → 균열부실링 → 이소시아네이트수지주입 → 패커 제거 → 표면정리
특 징	● 습윤면 시공 가능 ● 시공성이 좋다 ● 경화속도가 빠르다. ● 주입량 점점이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있다 ● 가장 일반적으로 쓰이는 공법으로 실적이 많다	● 모체와 탄성계수, 열팽창계수가 동일하여 재균열 발생 가능성 적음 ● 모체와 일체화 가능 ● 기존의 콘크리트 구체와 동일한 구조거동을 하며, 재탈락의 현상 없음 ● 습윤면 시공 불가능 ● 저점도이므로 균열폭이 작으면 주입이 되지 않는다.	● 건조면, 습윤면, 누수면 시공 가능 ● 패커에 의한 주입으로 균열부 완전충진 가능과 약품이 역류되지 않음 ● 자체 압력으로 누수면 및 추종 봉합 가능 ● 모체와 일체화 가능 ● 재균열 발생 없음 ● 시공성이 우수하며 시공비가 저렴

<표 5.3.6> 수지주입공법의 비교(계속)

구 분	그라우트 (에폭시수지계)	습식 에폭시수지계	무색 에폭시수지계
개 요 도			
공 법 개 요	● 콘크리트 균열부위에 초미립자 무기계슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	● 내부 균열까지 침투성이 큰 저점도 Epoxy수지를 가압 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 에폭시 주입공법	● 1차로 주입기의 압력에 의해 고압으로 주입되고 2차로 에폭시 탱크의 잔류량이 보일의 법칙에 의해 저압으로 주입되므로 세밀한 균열의 보강액 주입 가능한 공법
시 공 방 법	● 표면처리 → V컷팅 → 주입좌대 고정 → 균열부실링 → 초미립자 무기계슬러리 주입 → 단면복구	● 표면처리 → 주입구선정 → 균열부위 실링 → 고정판설치 → 에폭시주입 → 표면정리	● 균열부위 면처리 → 에어건으로 먼지제거 → 균열부실링 → 고정제 부착 → 실린더 고정판에 부착 → 슈퍼인젝터를 실린더에 부착후 주입 → 고정대 제거후 마감.
특 징	● 무기계 재료로서 기존콘크리트와 물리적 성질이 유사하여 시공 후 온도/하중 변화에 의한 재균열 발생 가능성이 없음 ● 습윤면 시공불가능 ● 균열부 콘크리트 방청, 탄산화 및 염해방지 기능이 있음 ● 공정이 다소 복잡하여 시공 전문가 필요	● 주입량 점점이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있다. ● 건식, 습식, 수중 시공이 가능하다. ● 균열의 표면뿐만 아니라, 내부균열 깊숙이 주입이 가능하다 ● 압력조절에 주의가 요망되며, 압력이 클 경우 균열이 확대되어 버릴 수 있음.	● 각각의 시공 부위에 따라 슈퍼 인젝터의 각도를 조절하면 완벽한 주입가능. ● 자체의 압력조절이 가능하여 상황에 따라 적당한 압력으로 주입 가능. ● 약품이 역류되지 않아 시공면이 오염되지 않음. ● 시공이 매우 용이하여 시공비가 저렴하다. ● 사용년수 증가시 접착력이 떨어질 수 있다.

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 요구된다. 공법의 흐름도 및 공법 개요도는 다음과 같다.



<그림 5.3.3> 표면처리 공법 시공 흐름도

균열의 성장이 정지된 상태에서는 <그림 5.3.3>과 같이 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 <그림 5.3.4>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.

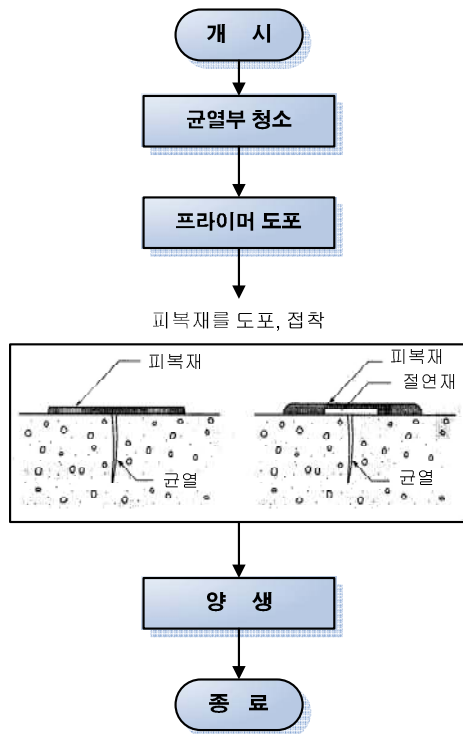
그러나, 최근에는 균열 폭의 확대를 제어하거나, 부식된 철근의 결손부분을 보충하는 등의 목적으로, 탄소섬유시트나 아라미드섬유시트, 유리섬유시트라고 하는 연속섬유시트를 구조물의 표면에 붙이는 방법이 실용화되고 있다.

이러한 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 침투성 도포방수제는 주로 외부에서의 물의 침투방지를 목적으로 한 방법으로, 폭이 0.2mm 정도이하의 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 불량일 일어난다.

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

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

◎: 우수, ○:양호, △:가, ×:불가

<그림 5.3.4> 표면처리공법 개요도 및 보수목적과 재료

다. 단면복구공법

1) 개요

본 교량의 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.

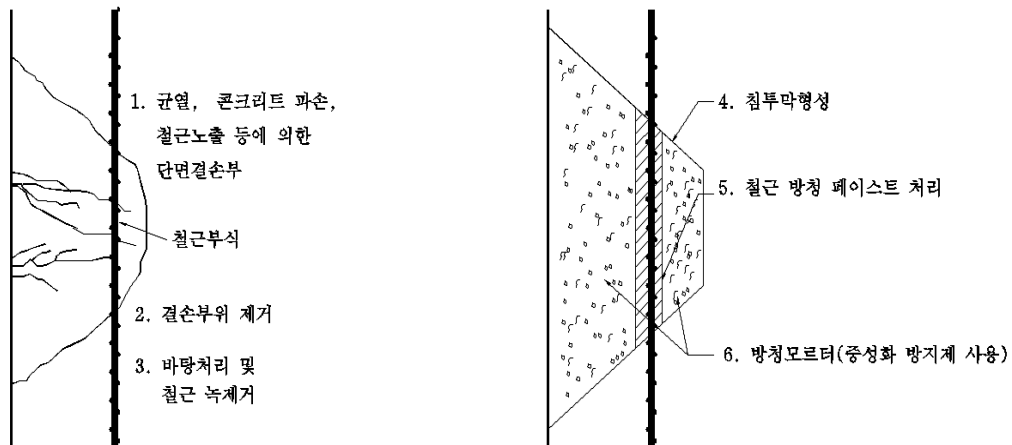
3) 시공방법 및 순서

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 방청처리하는 것을 기본으로 하며, 시공순서는 다음과 같다.

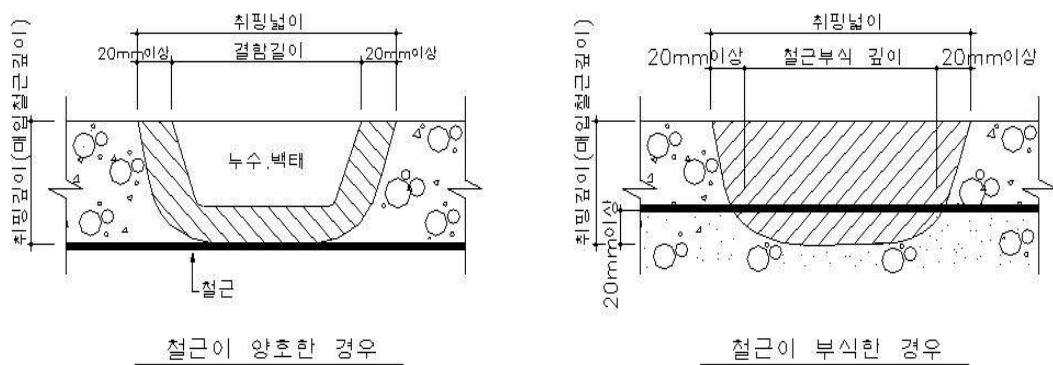
- ① 표면처리 - 기존콘크리트 열화부위, 탄산화 부분을 브레이커 등을 이용하여 콘크리트 표면을 깎아낸다. 이때 손상부 깊이가 철근까지 확대되었을 때는 철근 뒷면 20mm이상을 깎아낸다.
- ② 표면청소 - 콘크리트 표면철거 후 고압 살수기를 이용하여 표면을 고압세척 한다.
※고압세척의 압력은 노즐 TIP에서 5,000 psi(35Mpa)의 압력으로 한다.
- ③ 철근부식방지 - 철근부식 방지를 위해 방청제를 도포하며 철근의 방식성, 단면보수재 및 철근과의 부착성이 좋은 재료를 사용하여야 한다.
- ④ 접착력 강화 - 신·구 재료의 접착력 강화를 위하여 붓이나 에어 스프레이 건을 사용하여 접착제를 균일하게 도포 한다. 콘크리트면과 밀착성이 뛰어나고 탄성계수, 열팽창계수, pH 등이 비슷한 규산염계, 폴리

머 계통 접착제 등 사용한다.

⑤ 단면 복구재 - 기존 콘크리트 탈락부위에 특수 조강 무수축 모르터를 바른다.



<그림 5.3.5> 콘크리트 단면복구공법 개요도



<그림 5.3.6> 결합부위의 단면 치핑 개요도

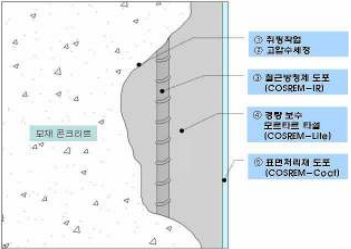
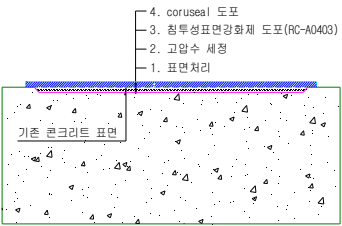
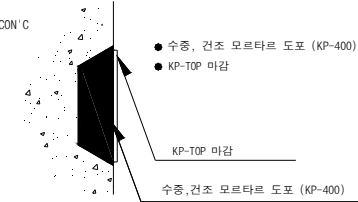
시공방법은 <그림 5.3.5> 및 <그림 5.3.6>과 같은 순서에 의하여 이루어지며, 사용 재료의 특성은 다음과 같아야 한다.

- 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.

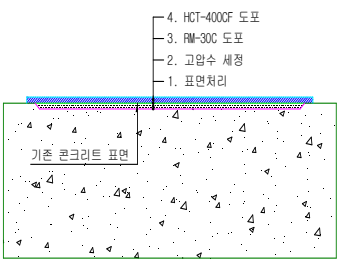
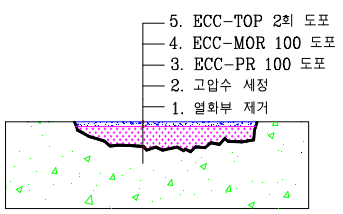
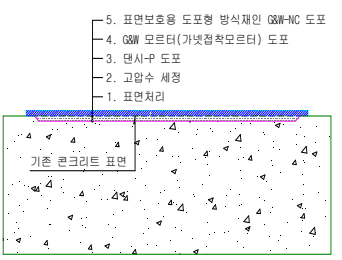
4) 시공 시 주의사항

- 표면의 열화된 부분을 완전히 제거하되 내부에 추가 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 물이 아래쪽 벽면에 부착되지 않도록 주의하여 세정하며, 겨울철에는 동결에 유의한다.
- 세정시 물을 사용한 경우에는 충분히 건조하여야 한다.
- 방청제 및 접착제 도포시 제품 특성에 따른 표준 도포량 확인하여야 하며 도포 방법은 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 5.3.7> 표면처리 및 단면복구공법의 비교안

구분	COSREM 공법 (신기술 제596호)	코리실 공법 (신기술 제345호)	프리벤션 공법 (특허 제10-0592458호)
공법 개요	경량 골재를 사용하여 기존 폴리머모르타르의 특성을 유지하며 초기 부착력향상 및 진동에 영향을 받지 않아 항구적인 부착력을 발휘 장기 내구성이 우수 단면보수공법	금속혼합물(산화알루미늄+망간+아연+규소+리튬+티타늄)을 이용하여 강력한 금속피막을 형성하여 외부의 열화인자로부터 구조물보호하며, 내마모성, 내화학적성, 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			
장점	- 경량화로 인하여 단위 면적당 1,500kg/m³ 소요 - 콘크리트와 열팽창계수가 거의 동일 - 자중의 감소로 리바운드율이 매우 적음 - 진동에 의한 영향을 받지 않아 부착력이 우수함 - 경량화로 인하여 작업성 우수 및 경제성 실현	- 부착력 및 내화학적성, 탄산화 방지능이 우수하여 기존구조물과의 일체성이 뛰어나 내구성이 우수함 - 국내 및 해외 적용 실적 다수 - 구조물의 내구성 증대 및 유지비용 최소화 - 축진내후성(800시간), 염수분무시험(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 적용할 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	시공실적이 적음	- 공정이 다소 복잡하여 숙련된 전문 기능공 필요함 - 공정별 철저한 품질관리를 요함	- 온도에 민감하다. (4 °C 이하 관리필요) - 신공법으로 시공실적이 적음

<표 5.3.7> 표면처리 및 단면복구공법의 비교안(계속)

구분	리노시스템 공법 (신기술 제363호)	ECC 공법 (신기술 제563호)	리폼시스템 공법 (신기술 제477호)
공법 개요	알콕시 실란계 무기질 폴리머가 혼합된 표면처리제(세라탑)와 표면개질처리된 섬유 및 3원계 폴리머가 함유된 난용성 충전용 모르타(리노몰탈)를 이용하여 손상된 RC구조물을 보수하는 공법	아크릴계 고분자를 바인더로 하여 세라믹 성분이 함유된 1액형의 도료로 외부에서 침투하는 유해원소를 초기에 차단하여 내탄산화, 내오염, 내화학성, 내염성 등 우수한 내구성능을 부여하는 공법	구상형 용융슬래그 골재와 CORE-CELL 중합반응 수성아크릴계 폴리머를 사용하는 고성능 폴리머 시멘트를 이용하여 손상된 RC구조물을 보수하는 공법
공정 순서	 1. 표면처리 2. 고압수 세정 3. RM-30C 도포 4. HCT-4000F 도포	 1. 열화부 제거 2. 고압수 세정 3. ECC-PR 100 도포 4. ECC-MOR 100 도포 5. ECC-TOP 2회 도포	 1. 표면처리 2. 고압수 세정 3. 면시-P 도포 4. GSW 모르타(가넷침착모르타) 도포 5. 표면보호용 도포형 방식재인 GWS-NC 도포
장점	• 내화학성, 내약품성, 내충격성이 우수 • 비교적 공정이 단순하여 시공성, 작업성 우수 • 투습성 및 통기성 확보 • 무기계 재료로서 모체와 일체 거동	• 균열에 대한 저항이 크므로 윤하중 받는 구조물에 적합함 • 화재발생시 폭발방지 및 수열온도저감 등의 내화성능이 탁월하여 모체콘크리트를 화염으로부터 보호 • 평상시에는 물질투과저항성이 우수하여 열화인자의 침투를 방지하고 구조물의 내구성을 향상 • 모체 콘크리트와의 부착성능이 우수하여 일체화되고, 수축·팽창에 대한 치수안정성이 높음	• 습윤면 부착강도 매우 우수 • 준기계화시공으로 공기단축 (시공성, 작업성 우수) • 기존 Con'c 물성치와 유사 • 환경친화적임 • 수밀성, 내화학성, 내마모성 우수 • 투습성 및 통기성 확보 • 균열발생 억제 가능 • 하수관거 시공실적 많음
단점	• 5℃이하 작업에 어려움 • 습윤면의 부착이 어려움 • 발수성 계면처리제에 의해 충전 모르타트의 부착력 감소	• 5℃이하에서는 작업곤란하다. • 재료 특성상 전면시공 필요함 • 최근 공법으로 시공실적이 적음 • 습윤면의 부착이 다소 어려움 • 스프레이 시공이므로 바람이 강할 때 방풍조치가 필요함	• 5℃이하 작업에 어려움 • 전문시공 필요

라. 콘크리트 표면보수 공법

1) 개요

조사된 백태, 표면오염 등의 부분들에 대해서는 콘크리트 내구성 확보를 위한 장기적인 보수계획을 수립한 후 표면보수가 필요하며, 특히, 밀실하지 못한 콘크리트 공극사이로 교면수 침투가 이루어져 콘크리트 열화가 발생되거나 신축이음부의 빗물처리 불량으로 교면수가 유입되어 교량하부의 열화를 발생시키고 있다. 이에 간략한 시공개요 및 주의사항 등을 언급하고자 한다.

2) 시공 개요도

- ① 표면 그라인딩 ② 고압수 세정·청소
- ③ 표면 보호제 도포

<그림 5.3.7> 콘크리트 표면보수 개요도

3) 시공요령 및 주의 사항

① 표면처리

- 주변 환경오염이 일어나지 않도록 사전 준비를 한다.
- 콘크리트 열화부위, 탄산화 부분을 그라인더 등을 이용하여 콘크리트를 표면처리 한다.
- 콘크리트 표면처리 시 파편 및 분진이 발생되므로 보호안경 착용 후 작업을 한다.

② 표면청소

- 콘크리트 표면처리 후 고압 살수기를 이용하여 표면을 고압세척 한다.
- 고압세척의 압력은 노즐 TIP에서 5,000PSI(350kg/cm²)의 압력으로 한다.
- 압력이 높으므로 노즐방향이 사람을 향하지 않도록 하며, 보호장구 착용 후 작업을 한다.

③ 표면청소 후 나타난 결함 보수

- 표면청소 후 나타나는 결함의 상태에 따라 단면보수나, 균열보수 등의 보수를 시행한다.

④ 열화방지 표면 보호제 도포

- 표면보호를 위하여 표면 보호제를 도포한다.
- 제품 선정 후 제품 시방규정에 의한 표준 도포량을 확인한다.

⑤ 작업장 주위를 깨끗하게 정리한다.

7.3.2 강재 부재의 보수 · 보강 방안

가. 도장 보수

1) 부식발생의 매카니즘

일반적으로 강교에서 부식문제는 상당한 부분을 차지하므로 부식에 대한 이해를 돕기 위하여 부식의 발생 매카니즘을 제시하고자 한다.

부식 및 발청의 원인은 <그림 5.3.8>과 같이 부식 환경하에서 강재표면에 부착된 수분과 이물질 등이 전해질 용액이 되고, 강재의 제작시 포함된 이물질이 양극이 되며, 강재가 음극과 도체의 역할을 함으로써 전해질액, 이물질, 강재를 잇는 전류의 흐름이 형성된다. 여기서 양극의 철입자(Fe^{++})가 전해질액 속으로 녹아 들어감으로써 부식이 진행되며, 대부분의 부식방지법은 이러한 전류의 흐름을 차단하는데 주안점을 두고 있다.

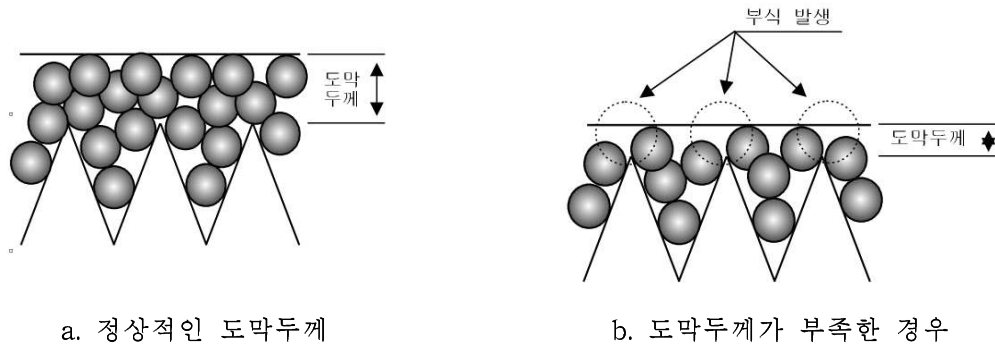


a. 강재의 부식과정

b. 부식원리

<그림 5.3.8> 강재의 부식과정 및 원리

상시 부식 환경이 조성된 경우에는 지속적인 입자의 손실로 인하여 도막두께가 감소하는 결과를 초래할 수도 있으며, 모서리부는 입자의 부착이 어려우므로 부식이 다른 부위보다 먼저 발생할 수도 있다. 이러한 도막두께 부족에 따른 부식은 <그림 5.3.9>과 같이 도막이 부족한 경우에 부식이 우선적으로 발생하고 그 범위가 점차 전체 구조물로 확대되는 것이다.



<그림 5.3.9> 도막두께 부족으로 인한 부식발생

2) 보수방안

① 도장시 고려사항

강재 부식은 표면처리 후 재도장을 실시하여 부식을 방지하는 것이 원칙이므로 기존의 발청 부위의 부식을 완전히 제거하고 재도장으로 방식처리를 하는 것이 필요하다. 따라서 재도장시 부식부위 표면에 그대로 재도장을 실시하는 것은 의미가 없음을 인식하여야 하며 다음에 제시된 사항을 숙지하고 작업에 임해야 한다.

◦ 도장면 물청소	현재 도장면에는 공기중의 염분이 고형화하여 부착되어 있다. 재도장을 위한 표면처리시 이러한 염분을 제거하지 않으면 블라스팅시 염분이 강재에 부착되어 부식의 원인이 되므로 먼저 기존의 도장면을 깨끗이 청소한다.
◦ 가벼운 블라스팅	발청부위를 가볍게 블라스팅한다. 화이트 블라스팅은 비용증가 및 환경오염을 가중시킬 우려가 있으므로 기존의 발청부위를 가볍게 블라스팅하여 녹을 제거한다.
◦ 도장	기존의 무기질 아연 도장면 위에 재도장을 실시하며, 도장재료는 이러한 특성을 고려하여 선택하도록 한다. 도장작업 시 주의사항은 다음과 같다.
◦ 도막두께 불량 (Thickness)	얇은 도막은 점녹의 발생원인이 될 수가 있고, 도막이 두꺼우면 내부 용융 상태에서 표면이 경화함으로 인해 균열이 발생할 수 있다.
◦ 건조스프레이 (Dry spray)	건조스프레이는 용제의 빠른 증발로 인하여 페인트 입자가 건조한 상태로 분사되는 것을 말하며, 이러한 현상이 발견되면 즉시 제거한 후 재도장한다.

◦ 핀홀 (Pinholes)	기존 도장면의 핀홀위에 스프레이 도장을 할 경우에는 도장후 핀홀내부의 공기가 빠져나오면서 구멍이 발생한다(gassing 효과). 따라서, 도장작업시 핀홀이 발생하면 이를 먼저 제거하는 것이 바람직하다.
◦ 불연속	부분적으로 도장이 누락되거나, 오버랩이 되지 않아 도막두께가 얇은 것을 불연속(discontinuities) 또는 휴일(holiday)이라고 한다.
◦ 분화구 (Cratering)	도장후에 부분적으로 분화구 모양의 구멍이 형성되는 경우가 있는데, 이를 분화구(Cratering) 또는 어안(Fisheyes)라고 한다. 이것은 도장면 또는 페인트 분무공기에 함유되어 있던 기름에 의한 것으로, 이러한 현상이 발생하면 표면을 거칠게 한 후 브러쉬로 재도장한다.
◦ 점토상 균열 (Mud Cracking)	점토상 균열은 두터운 도장면(특히 아연이 많은 도장)에서 발생하며, 두터운 수용성 도장면에서 용제나 수분이 빠르게 증발할 때 발생한다. 따라서, 빠른 건조가 예상되는 곳에서는 고비율 수용성 도장재료의 적용을 가능하면 피하는 것이 바람직하다.
◦ 점녹 (Pin Point Rusting)	점녹은 도막두께가 적절하지 않거나 아연함량이 적은 아연도장에서 방식효과가 감소함으로써 발생한다. 이러한 결함을 방지하기 위해서는 적절한 함량의 아연도장재료를 사용하고, 도막두께가 충분해야 한다.

② 표면처리 순서

◆ 발청부위

1. 기 도장된 표면에 부착된 염분량을 측정하여 염분부착량이 $150\text{mg}/\text{m}^2$ 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 강재표면 녹 제거. 이때 기존의 도장을 완전히 제거할 필요는 없다.
3. 블라스팅시 표면조도가 $15\sim 35\ \mu\text{m}$ 가 되도록 한다. 기존의 도장면에 재도장 실시.
4. 블라스팅과 하부도장은 같은 날 실시한다. 블라스팅후 재도장까지 1일 이상 지체되면 밤에 응결된 수분에 의해 발청이 될 수도 있다.
5. 하부도장을 실시한 후 상부도장까지는 7일이 경과하지 않도록 한다. 만약 7일이 상 경과하면, 상부도장 이전에 깨끗한 물로 세척한 후 도장하도록 한다.

◆ 발청이 없는 부위

1. 기 도장된 표면에 부착된 염분량을 측정하여 염분부착량이 $150\ \text{mg}/\text{m}^2$ 이상인 경우에는 강재 표면의 염분과 이물질을 깨끗한 물로 씻어낸다. 강재 표면의 염분과 이물질을 깨끗한 물로 씻어낸다. 이때 분사압력은 2MPa 로 하며, 강재면과의 거리는 $300\sim 450\ \text{mm}$ 정도 유지한다.

2. 강재표면이 건조해질 때까지 기다린 후, 샌드페이퍼링(sand papering) 으로 강재 표면의 표면조도가 15 μ m 정도가 되도록 한 후 분진을 강력에어로 철저히 청소한다. 이때 기존의 도장을 완전히 제거할 필요는 없으며, 기존의 도장면 위에 재도장을 실시한다.
3. 블라스팅과 하부도장은 같은 날 실시한다. 블라스팅 후 재도장까지 1일 이상 지체되면 밤에 응결된 수분에 의해 발청이 될 수도 있다.
4. 하부도장을 실시한 후 상부도장까지는 7일이 경과하지 않도록 한다. 만약 7일 이상 경과하면, 상부도장 이전에 깨끗한 물로 세척한 후 도장하도록 한다.

③ 주의사항

◆ 표면처리시

도장의 수명을 유지하는 인자 중 표면처리가 50%이고 도막두께가 20%를 차지하며, 그 이외가 30%를 차지하고 있어 재도장의 성패는 표면처리에 좌우된다고 할 수 있다. 표면처리 후 검사자는 다음의 사항에 대하여 검사하여야 한다.

- 슬래그 및 용접 찌꺼기가 완전히 제거되었는지 확인한다.
- 완벽한 표면처리후 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.
- 표면조도계측기를 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.

◆ 재도장 작업시

재도장 작업시 다음과 같은 기상조건에 유의하면서 실시하여야 한다.

- 도장에 필요한 최저 기온은 5℃ 이고, 도장하는 표면에 습기와 서리가 없도록 해야한다.
 - 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 손상되므로 계속적인 온도 계측이 필요하다.
- 습기 있는 곳에서의 2층 도장은 1층 도막이 반드시 건조되어 있어야 한다.

- 스프레이 할 때 풍향과 풍속이 근처 자동차, 보트, 다른 구조물에 피해를 주는가를 반드시 고려해야 한다. 강한 바람은 도료 입자들의 과도한 건조를 초래하며 건조 분사를 발생시켜 도장의 부착력이나 다음 층 도장될 도료의 부착력을 저하시킨다.
- 기타 시공조건은 도료 제조회사가 제공한 각 도료의 도장지시서에 따르며 도장 완료 후 감독관으로부터 품질관리기준에 의한 각종 검사를 득하여야 한다.

<표 5.3.8> 강교 중방식 보수도장 공법 비교

구분	금속혼합물 도료 특허 제0503561호(05.07.15~25.07.14)	세라믹 코팅 특허 제0383445호(03.04.28~23.04.27)
개요	 ▶ 철재구조물의 부식 방지 및 내구성 증진을 위한 도료, 조성물 및 이를 이용한 산화알루미늄 피막접착공법	 ▶ 세라믹분말, 폴리머주원료를 이용 강구조물 취약부를 보수 성형하는 처리기술. 세라믹코팅제로 방식처리함으로써 시설물 내구연한 증대공법
적용범위	▶ 교량·수문, 하천교량, 철재시설물 해상구조물	▶ 해상파일, 해상수중구조물, 선박용접선보강, 기타 철구조물 등
주요소재	▶ 금속혼합물 현장하도 + 고강도 마이크로혼합물 + 금속혼합물 함유 표면보호제	▶ 고내후성 무기안료(세라믹)
시공순서	▶ 표면처리 → 1차도포(방청제) → 2차도포(접착제+ 금속 혼합물) → 3차도포(금속혼합물+표면보호제)	▶ 표면처리 → 방청제 → 세라믹 → 세라믹계우레탄 마감
장점	▶ 염수분무시험 4,000시간 통과로 염분에 강함 ▶ 먹는물 수질시험 55개 항목 통과. (인체 안정성, 친환경성) ▶ 방청성, 부착력, 내충격, 내마모성, 내약품성, 외관 유지보수성, 균열추종성, 내오염성 우수. ▶ 국내 대형 적용실적이 많다. ▶ 금속혼합물도료로 강재의신율과 동일거동 ▶ 희생양극방식 기능 우수, 강한 장기적 부착력	▶ 내약품성 우수. ▶ 내충격성이 우수하여 철재파일 및 선박보수에 적합. ▶ 내구성과 내마모성 우수. ▶ 인장, 전단, 접착강도 높다.
단점	▶ 정밀시공을 요함. ▶ 적용전 피막물성에 대한 전문시공교육 필요	▶ 자외선에 의한 변색이 우려됨. ▶ 수축팽창에 대한 유연성이 없다. ▶ 도장 층간 분리 현상 우려
내구연한	20 년	15~20년
도막두께	215 μm (보수 외부3회)	200 μm

<표 5.3.8> 강교 중방식 보수도장 공법 비교(계속)

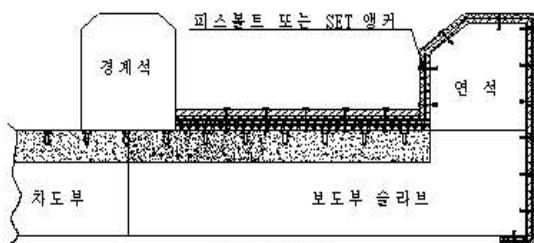
구분	실 리 우 레 탄 특허 제0573492호(06.04.18~26.04.17)	염화고무계 일 반 공 법
개 요	 ▶ 교량, 해상구조물, 각종플랜트설비 등의 심한부식 환경하에 놓여있는 기타 철구조물을 부식으로 부터 방지하기 위해 제조된 도료로써 약 5~10년정도의 내구연한을 목적으로 만들어진 도료	 ▶ 염화고무수지
적용범위	▶ 상·하수도, 교량, 해상·수중구조물, 빌딩, 건물, 터널 등	▶ 일반 철재 구조물
주요소재	▶ 무기징크 + 에폭시 + 우레탄	▶ 무기징크 + 염화고무
시공순서	▶ 표면처리 → 방청재 → 에폭시 → 우레탄 2회 마감	▶ 표면처리 → 광명단하도 → 광명단상도
장 점	▶ 녹 및 부착산화물 안정화 ▶ 녹 및 구도막 침투력 우수. ▶ 모든 소재와의 부착력 우수. ▶ 내염성, 내산성, 내열성 우수.	▶ 시공용이 ▶ 기존 강교도장과 일치. ▶ 내수성, 내염성 우수
단 점	▶ 자외선에 의한 변색이 우려됨. ▶ 실적이 별로없음. ▶ 내구연한 짧음.	▶ 강교 등의 주요구조물보다는 일반철재 적용에 적합. ▶ 실적이 적다 ▶ 내구연한 짧음.
내구연한	10~15 년	10년
도막두께	255 μ m	195 μ m

5.3.3 신축이음 단부 처리방안

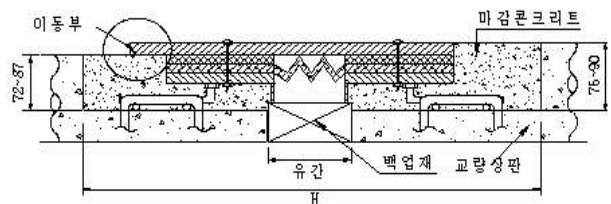
가. 신축이음 단부 처리방안

1) 현황

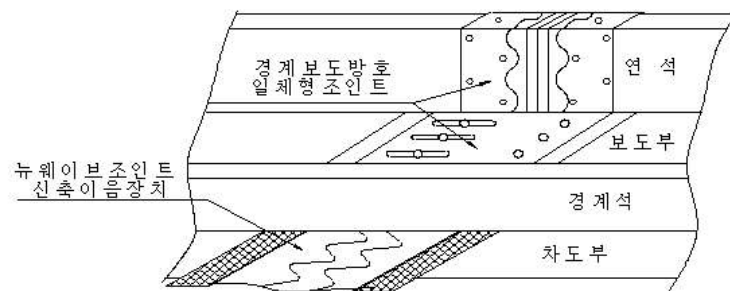
본 교량의 신축이음은 단부는 우수 유입 방지를 위한 시설이 설치되어 있지 않거나 설치불량으로 인하여 노면수가 교량하부로 유입되고 있는 것으로 조사되었다. 따라서 단부에 대한 우수유입 방지시설을 설치하여 하부구조의 콘크리트 열화, 강재의 부식 등을 방지하며 우수 또는 이물질 낙하방지를 위한 조치가 필요한 것으로 판단된다.



a. BWP 설치 측면도



b. BWP 설치 단면도



설치 사시도

c. BWP 설치 사시도



c. 설치 전경(내측)



d. 설치 전경(외측)

<그림 5.3.10> 신축이음 단부와 보도 및 연석 접속부 BWP 설치 개요도

2) 보수방안(BWP : Boundary Water Protector)

신축이음 단부에 대한 BWP 시공시 유의사항은 다음과 같다.

- ① 신축이음 단부를 <그림 5.3.10>과 같이 노면수가 교량하부로 유출되지 않도록 기존의 신축이음에 연결하여 BWP(Boundary Water Protector)를 설치한다.
- ② 방호벽 및 바닥판 측면 부위에도 BWP를 설치한다.
- ③ BWP 설치시 우수가 교량하부로 유출되지 않도록 마무리에 주의하여야 한다.

정기적인 유지관리를 통하여 주행성, 진동 및 충격 소음, 방수성 및 이물질 차단 등의 조건이 충족될 수 있도록 하여야 하며 결함 발생시 원인분석을 통한 응급조치를 시행하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

5.4 보수 · 보강 개략공사비

5.4.1 보수 · 보강 개략공사비

<표 5.4.1> 보수 · 보강 개략공사비

점검 부위	주요 결함	보수 · 보강방안	단위	수량	단가	공사비	우선 순위
교면포장	· 소성변형	· 절삭오버레이	m ²	112.5	55,000	6,187,500	3
	· 포트홀, 파손	· 소파보수	m ²	1.15	55,000	63,250	1
난간, 연석	· 난간 변형, 파손	· 재설치	m	51.5	80,000	4,120,000	1
	· 파손, 박락, 박리, 들뜸	· 단면복구	m ²	3.42	229,000	783,180	1
	· 연석 표면보수재 박리	· 표면처리	m ²	369.74	45,000	16,638,300	3
바닥판하면	· 균열(Cw≥0.3mm)	· 주입공법	m	18.8	153,000	2,876,400	1
	· 균열부 백태, 백태	· 표면처리	m ²	2.61	45,000	117,450	2
	· 박락, 파손, 철근노출	· 단면복구	m ²	0.88	229,000	201,520	1
거더, 가로보	· 도장박리, 굽힘, 부식	· 재도장	m ²	17.1	35,000	598,500	1
	· 볼트부식	· 재도장	개소	206	5,000	1,030,000	1
신축이음	· 차수판 설치 불량	· 재설치	개소	12	530,000	6,360,000	1
	· 후타재 파손	· 단면복구	m ²	0.78	229,000	178,620	1
배수시설	· 배수구 그레이팅 유실	· 재설치	개소	52	25,000	1,300,000	1
교대, 교각	· 균열(Cw≥0.3mm)	· 주입공법	m	8.8	153,000	1,346,400	1
교량받침	· 교량 받침 부식	· 재도장	개소	20	50,000	1,000,000	1
순공사비						39,154,720	

<표 5.4.2> 1순위 개략공사비

점검 부위	주요 결함	보수 · 보강방안	단위	수량	단가	공사비	우선 순위
교면포장	· 포트홀, 파손	· 소파보수	m ²	1.15	55,000	63,250	1
난간, 연석	· 난간 변형, 파손	· 재설치	m	51.5	80,000	4,120,000	1
	· 파손, 박락, 박리, 들뜸	· 단면복구	m ²	3.42	229,000	783,180	1
바닥판하면	· 균열(Cw≥0.3mm)	· 주입공법	m	18.8	153,000	2,876,400	1
	· 박락, 파손, 철근노출	· 단면복구	m ²	0.88	229,000	201,520	1
거더, 가로보	· 도장박리, 굽힘, 부식	· 재도장	m ²	17.1	35,000	598,500	1
	· 볼트부식	· 재도장	개소	206	5,000	1,030,000	1
신축이음	· 차수판 설치 불량	· 재설치	개소	12	530,000	6,360,000	1
	· 후타재 파손	· 단면복구	m ²	0.78	229,000	178,620	1
배수시설	· 배수구 그레이팅 유실	· 재설치	개소	52	25,000	1,300,000	1
교대, 교각	· 균열(Cw≥0.3mm)	· 주입공법	m	8.8	153,000	1,346,400	1
교량받침	· 교량 받침 부식	· 재도장	개소	20	50,000	1,000,000	1
순공사비						19,857,870	

5.5 유지 관리 방안

5.5.1 개요

본 유지관리방안은 "시설물의 안전관리에 관한 특별법"규정에 따라 고시된 안전점검 및 정밀안전진단지침과 관련하여 본 교량에 관한 상세한 유지관리지침을 제시하여 과학적이고 체계적인 유지관리를 도모함에 있다.

교량의 유지관리는 교량의 기능과 사용재료의 성능저하 등을 신속 정확히 조사, 측정, 평가하여 이에 대한 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전과 원활한 교통흐름을 확보함과 동시에 향후, 유지관리에 필요한 자료를 얻는 것이 목적이며, 세부목적은 다음과 같다.

- 교량 안전성을 확보하고, 설계목적에 부합되도록 한다.
- 교량 상태를 체계적이고 주기적으로 기록한다.
- 손상을 조기에 발견하고, 향후 발생될 손상을 예측한다.
- 보수, 보강, 개축 등 의사결정에 필요한 자료를 제공한다.
- 점검결과의 전산관리 등을 통해 합리적인 유지관리 계획을 수립하여, 예산의 최적 분배가 가능하게 한다.
- 축적된 점검결과 분석을 통해 향후 설계, 시공될 교량의 개선을 기대한다.

따라서 유지관리를 통하여 손상된 부분을 원상복구하며, 경과시간에 따라 시설물의 개량, 보수·보강에 필요한 활동을 하는 것으로 교량의 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의 깊게 점검하여 그 원인을 미리 해소하는 예방 활동에 목표를 두어야 한다.

5.5.2 유지관리 업무

교량의 유지관리 업무는 교량의 공용수명 동안 교량의 안전성과 기능성을 유지하도록 하는 모든 업무를 말한다.

가. 유지관리 용어 정의

유지관리와 관련된 용어의 정의는 다음과 같다.

- 1) 유지관리 : 교량 건설 당시의 성능 및 기능을 유지하기 위해 행하는 모든 행위
- 2) 예방유지관리 : 손상 발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 조치를 취하는 행위
- 3) 사후 유지관리 : 손상 발생 후 조치를 취하는 행위
- 4) 점검 : 교량 전체 또는 부재의 상태를 파악하기 위해 조사하는 행위

- 5) 일상조치 : 손상에 관계없는 주기적으로 행하는 조치
- 6) 보수 : 손상을 회복시키거나 더 이상 진전되지 않도록 하는 행위
- 7) 보강 : 교량의 변형과 내하력을 개량 또는 증진하기 위하여 조치하는 행위
- 8) 교체 : 성능 및 기능이 저하된 부재, 부위의 전부 또는 부분을 교체하는 행위
- 9) 상태평가 : 교량의 각 요소·부재의 결함, 노후화 형태·크기·정도, 기능저하등을 고려하여 준공 상태와 비교하여 내리는 평가
- 10) 교량 관리체계 : 교량의 계획, 설계, 시공, 안전점검, 유지관리, 기능 회복

나. 점검 실시 시기

점검실시는 “시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령”에 의거하여 실시하되 정밀안전진단과 추적조사는 관리주체가 필요하다고 판단되는 교량에 대하여 실시한다.

1) 정기점검

정기점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시사용 포함)로부터 6개월에 1회 이상 실시하여야 한다.

2) 정밀점검

안전등급	정밀점검	
	건축물	그 외 시설물
A 등급	4년에 1회 이상	3년에 1회 이상
B·C 등급	3년에 1회 이상	2년에 1회 이상
D·E 등급	2년에 1회 이상	1년에 1회 이상

3) 긴급점검

관리주체가 필요하다고 판단한 때 또는 관계 행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에서 긴급점검을 요청할 때 실시한다.

4) 정밀안전진단

안전등급	정밀안전진단
A 등급	6년에 1회 이상
B·C 등급	5년에 1회 이상
D·E 등급	4년에 1회 이상

<그림 5.5.1> 유지관리 흐름도

5.5.3 부재별 결함현황

가. 콘크리트 부재의 결함

1) 균열(Crack)

작용하중에 의한 인장응력이 콘크리트 인장강도를 초과하는 경우 한 부분 혹은 여러 부분으로 벌어지는 현상으로, 균열의 원인은 수화열에 의한 온도강하, 건조수축 등의 재료적인 특성에 의한 비구조적인 균열, 하중에 의한 구조적인 균열로 구분할 수 있다.

① 소성수축균열 (Plastic Shrinkage Cracks)

콘크리트 타설 후 발생한 수막이 시간경과에 따라 대기중으로 증발하여 표면이 건조해지면서 수축되는데 이 때 내부구속에 의해 인장응력이 발생하게 된다. 타설 초기이므로 콘크리트의 인장저항력 자체가 극히 작아 구속응력이 이를 초과하여 균열이 발생

함

② 침하균열 (Settlement Cracks)

콘크리트 타설초기 거푸집의 침하 혹은 다짐불량에 따라 상대적으로 단면이 두꺼운 부분의 철근위치에서 침하량의 차이에 의해 일반적으로 발생함

③ 초기 온도균열 (Early Thermal Cracks)

타설 직후의 콘크리트는 시멘트 수화열에 의해 온도가 상승하며 최고온도에 도달한 후 대기와 접하는 바깥쪽부터 식기 시작한다. 이 때 콘크리트 표면에 발생하는 인장응력이 초기강도보다 크게 되어 발생하는 균열로 콘크리트 표면에 주로 발생

④ 건조수축균열 (Drying Shrinkage Cracks)

콘크리트 양생 과정 중 콘크리트 내부의 수분이 대기중으로 증발하게 됨에 따라 불규칙하게 발생하는 균열

⑤ 구조적 균열

콘크리트 단면의 철근량 부족이나 과재하중이 작용하는 경우 발생하는 균열

⑥ 철근부식에 의한 균열

콘크리트 내부에 철근부식에 따른 부피팽창으로 콘크리트에 균열이 발생하며 균열부로 녹물 등의 흔적이 발견됨

일반적으로 콘크리트 부재에 발생하는 균열은 상기의 원인중 한가지에 의해 발생하는 것이 아니라, 여러 가지 원인이 복합적으로 작용하여 발생하는 경우가 대부분이다. 콘크리트의 균열은 균열의 크기에 따라 아래와 같이 미세균열, 중간균열 및 대형균열로 나눌 수 있으며, 구조물의 중요도 및 특성 등에 따라 균열의 허용기준을 달리 할 수 있다.

- 미세균열 : 0.1mm미만
- 중간균열 : 0.1mm ~ 0.7mm
- 대형균열 : 0.7mm이상

2) 표면결함

① 박리 (Scaling)

박리는 콘크리트 표면의 모르타가 점진적으로 손실되는 현상으로, 콘크리트의 끝손질 및 양생이 부적절할 경우 주로 발생하며 표면에서 모르타 손실깊이를 기준으로 아래의 4가지로 나눌 수 있다.

- 경미한 박리 : 0.5mm 미만
- 중간 정도의 박리 : 0.5mm 이상 1.0mm 미만

- 심한 박리 : 1.0mm 이상 25.0mm 미만
- 극심한 박리 : 25.0mm 이상으로 조골재 손실

② 박락 (Spalling)

박락은 콘크리트가 균열을 따라서 원형으로 떨어져 나가는 층분리 현상의 진전된 현상이다. 박락은 정도에 따라 아래와 같이 분류할 수 있다.

- 소형 박락 : 깊이 25mm 미만 또는 직경 150mm 미만
- 대형 박락 : 깊이 25mm 이상 또는 직경 150mm 이상

③ 곶보 (Honeycomb)

콘크리트 표면의 벌집과 같은 부분으로 콘크리트 타설시에 운반, 타설 및 다짐불량으로 표면에 골재(자갈)가 모여 노출되어 있는 상태를 말한다.

④ 표면의 풍화 (Disintegration)

콘크리트의 표면이 공기중의 수분과 이산화탄소를 흡수하여 시멘트 성분과 반응하여 콘크리트 표면이 부스러지면서 강도가 저하되는 현상

3) 누수 (Leakage)

배수공과 시공이음의 결함, 방수층의 결함 등으로 인하여 균열 발생부 등에서 물이 새는 현상으로 백태 및 철근부식과 같은 결함의 원인이 됨

4) 층분리 (Delamination)

층분리는 철근의 상부 또는 하부에서 콘크리트가 층을 이루며 분리되는 현상으로 철근의 부식에 의한 팽창이 주요 원인이며, 이러한 부식은 주로 염화(Cl^-)이온(소금, 염화칼슘)에 의하여 발생된다.

층분리 부위는 망치로 두드리거나, 체인(Chain)을 끌어서 중공음(中空音) 또는 이상음이 나는지 여부로 확인할 수 있다.

5) 백태 (Efflorescence)

콘크리트 경화후 콘크리트 속의 수산화석회 등이 물에 녹아 물의 증발과 더불어 표면에 스며나온 것으로 공기중의 탄산가스와 화합하여 표면에 고형화된 백색의 결정체로서 콘크리트 노후화의 증거이며, 심할 경우 고드름 형태의 유리석회가 형성된다.

6) 사고에 의한 손상 (Damage)

콘크리트는 부서지기 쉬운 취성재료로서 트럭 또는 선박의 충돌로 인하여 콘크리트 구조물이 손상을 입을 수 있으며 특히 프리스트레스트 보의 경우 충돌 손상에 유의하여야 한다.

나. 강재 부재의 결함

1) 부식 (Corrosion)

강재에서의 가장 일반적인 형태의 노후화 현상으로서 환경적 요인에 의한 부식, 전류에 의한 부식, 박테리아에 의한 부식, 과대 응력에 의한 부식 그리고 마모에 의한 부식이 있다. 일반적인 환경에서 강재의 부식속도는 대략 1년에 0.02mm 정도이다.

따라서, 이러한 종류의 균일한 부식은 급작스럽게 발생하지 않으나 제설작업 등으로 염화칼슘, 황산염 등의 무기질 이온에 노출될 경우 부식은 급격히 증가되어 국부적으로 진전되면 강재단면에 구멍이 뚫리기도 한다. 이러한 경우 일년에 0.3mm 이상 부식이 진전되기도 하며 특히 부식으로 구멍이 뚫리는 등 단면이 손실된 부위는 교량의 내하능력에 심각한 영향을 미칠 수 있으며 피로파괴의 위험을 유발시킬 수 있다.

2) 피로균열 (Fatigue cracks)

피로균열은 어떤 부분에 과다한 응력변동 횟수로 인하여 파괴 혹은 균열이 발생할 수 있는 상태의 재료에서 계속적으로 진행되는 국부적이고도 지속적인 구조적인 변형을 말한다. 이러한 피로균열은 갑작스런 파괴로 진전될 수 있기 때문에 피로균열 부위를 확인하는 것은 매우 중요하다. 피로균열을 유발하는 요소는 아래와 같다.

- ① 시설물의 하중이력
- ② 응력범주의 크기
- ③ 상세부위의 형태
- ④ 제작상태 및 질
- ⑤ 파괴 인성 (Fracture Toughness)
- ⑥ 용접의 질

3) 과재하중 (Over loading)

과재하중이란 구조물의 설계에 사용된 하중을 초과하는 하중을 말하며 인장부재에서는 신장 (Elongation) 및 단면감소를, 압축부재에서는 좌굴을 유발시킨다.

4) 외부충격에 의한 손상

시설물 부재는 선박에 의한 충돌, 차량에 의한 충돌 등 외부의 충격에 의하여 부재의 뒤틀림이나 변위와 같은 손상을 입을 수 있으며, 이외에 화재에 의한 손상을 입을 수 있다.

5.5.4 일반적인 점검 요령

<표 5.5.1> 구조부재별 점검 요령

구조부재	점 검 부 위		점 검 항 목
교면 포장	▷공통		• 균열 (미세, 선상, 격자형) • 소성변형 (요철, 바퀴자국, 단차) • 함몰 (패임) • 노면잡물 (구배불량)
	▷신축이음 전후 ▷구조물 경계부		• 단차, 침하
	▷집수구 주변		• 물고임 (집수구 간격, 유출구 위치)
신축이음	▷본체		• 누수, 오염 (배수시설 누락, 유간의 오물퇴적) • 유간 (부족 및 파다) • 이상진동 (충격음) • 본체 유동 및 파손 (충격음, 흔들림)
	▷후타재		• 균열, 파손 (패임 및 요철) • 전·후의 단차 (교면포장과의 단차)
배수시설	▷배수구	- 격자판 (grating) - 유입구	• 파손, 누락 • 누수, 체수 (막힘) • 오염 (오물퇴적)
	▷배수관		• 파손 (연결 고정부 탈락) • 배수관 길이 부족 (하부구조에 물 떨어짐) • 유출구 위치 부적절 (도로상이나 구조물 위에 위치)
난간 연석	▷강재, 알루미늄		• 강재의 경우 도장 손상 및 부식 • 난간과 상판연결부의 결함, 파손 • 전체적인 처짐 및 선형불량
	▷철근 콘크리트		• 균열, 박리, 파손 • 철근노출 및 부식 • 전체적인 처짐 및 선형불량
중앙분리대	▷콘크리트		• 박리, 발락, 부스러짐, 파손
	▷가드레일		• 변형, 파손
교량 받침	▷본체	- 공통	• 부식(오물퇴적), 변형 • 균열, 파손 (균열발생으로 파손진행) • 가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소 • 받침과 거더의 밀착상태 (분리) • 앵커볼트 파손 (절단) • 가동방향 오류, 편기설치
		- 강재받침	• 가동면 부식 • 부속물 파손
	▷받침대		• 균열, 파손 (하부공동) • 부분 침하

<표 5.5.1> 구조부재별 점검 요령(계속)

구조부재	점 검 부 위	점 검 항 목
콘크리트 바닥판	▷공통	• 콘크리트 파손 및 박락, 철근노출 및 부식 여부 • 균열부 누수 및 백태 진전여부 • 망상균열부 누수, 백태 및 콘크리트 열화 진전 또는 바닥판 함몰 여부 • 거더와 콘크리트 바닥판 접속부 누수 현황
강박스 거더	▷공통	• 변형, 균열, 파손, 이상처짐 • 표면상태 오염, 부식 • 박스내부 출입구 개폐 • 박스내부 바닥 물고임 및 부식 • 진동에 의한 현장연결부 볼트풀림 상태 확인 • 용접보수를 실시한 용접 누락 및 불량부 확인 • 거더와 바닥판 접속부 누수에 의한 부식발생
	▷연결부	• 볼트 이완, 파손 • 이상음
	▷가로보, 세로보 등	• 변형, 부식 • 연결 불량
교대	▷공통	• 균열 (시공이음부 횡방향 균열) • 박리, 백태, 파손, 철근노출 • 교대 회전 (기울음) • 교대 침하 (연직이동)
	▷두부(Coping)	• 두부 물고임 • 두부와 홍벽 경계부 균열 (홍벽 후면으로 기울음) • 거더와 홍벽 신축유간 부족
	▷구체	• 균열 (수직균열) • 구체와 날개벽 분리 (이동)
	▷날개벽	• 날개벽 이동, 전도
교각 및 기초	▷공통	• 균열, 박리, 철근노출, 파손, 침하
	▷두부	• 두부 물고임 • 받침 하부 균열 및 파손 (박리, 박락)
	▷구체	• 수직균열 • 이동 또는 기울음
	▷기초	• 수중구간의 경우 침식, 세굴
부대공	▷충돌방지공	• 볼트 풀림 및 빠짐 • 손상 타격 흔적 • 균열, 휘어짐, 좌굴
	▷작업대차	
유지관리 시설	▷교량점검등	• 전기설비 점검 요령에 의함
	▷항로장애등 및 기타	
	▷보강거더 작업대차	