

제 6 장 보수·보강 방안

6.1 개 요

6.2 보수·보강 업무 흐름

6.3 보수·보강 우선순위

6.4 보수·보강 공법

제 6 장 보수·보강 방안

6.1 개요

보수·보강에 있어서는 조사, 원인 추정 및 보수여부 판정에 기인하여 보수 목적에 적합한 방법을 채용하여야 한다. 또한, 설계도면이나 시방서 또는 공사일지와 유지관리 기록 등을 검토하여 보수 계획 수립에 이용하도록 한다.

결함, 손상, 열화가 일상적인 유지로는 감당치 못할 정도로 크게 손상된 시설물은 보수를 통해 시설물의 기능 또는 내구성을 설계시의 목적대로 회복시키기 위해서는 보수가 요망되며, 원래 기능이상으로 기능향상을 꾀하거나 기존 구조물의 기능향상을 목적으로 행하는 보강이 행해진다.

보수·보강공법은 필요성능에 따른 적절한 재료 및 공법을 선정해야 하며, 필요에 따라 실험적인 검토를 행하거나, 시험시공 및 시공실적으로부터 공법의 성능을 평가하는 것이 필요하다.

보수·보강을 수반하는 경우에는 구조계산서, 열화원인 및 현상, 보강공법을 고려하여 보수·보강 설계를 해야한다. 보수·보강공법을 선정할 때는 결함, 열화, 손상 등의 추정원인을 제거하거나 제거에 적합한 공법을 선정한 후에 경제성을 고려하여야 바람직하며, 또한 보강부의 여유 공간, 재료의 자중, 손상상태, 보강후의 수명, 유지관리를 고려한 경제성 등도 고려해야 한다. 그러나 보수·보강공법에 관해서는 현재까지 기술이 완전히 확립되어 있지 않기 때문에 과거의 사례, 구조물의 종류, 손상정도 등을 충분히 감안한 뒤에 결정하여야 한다.

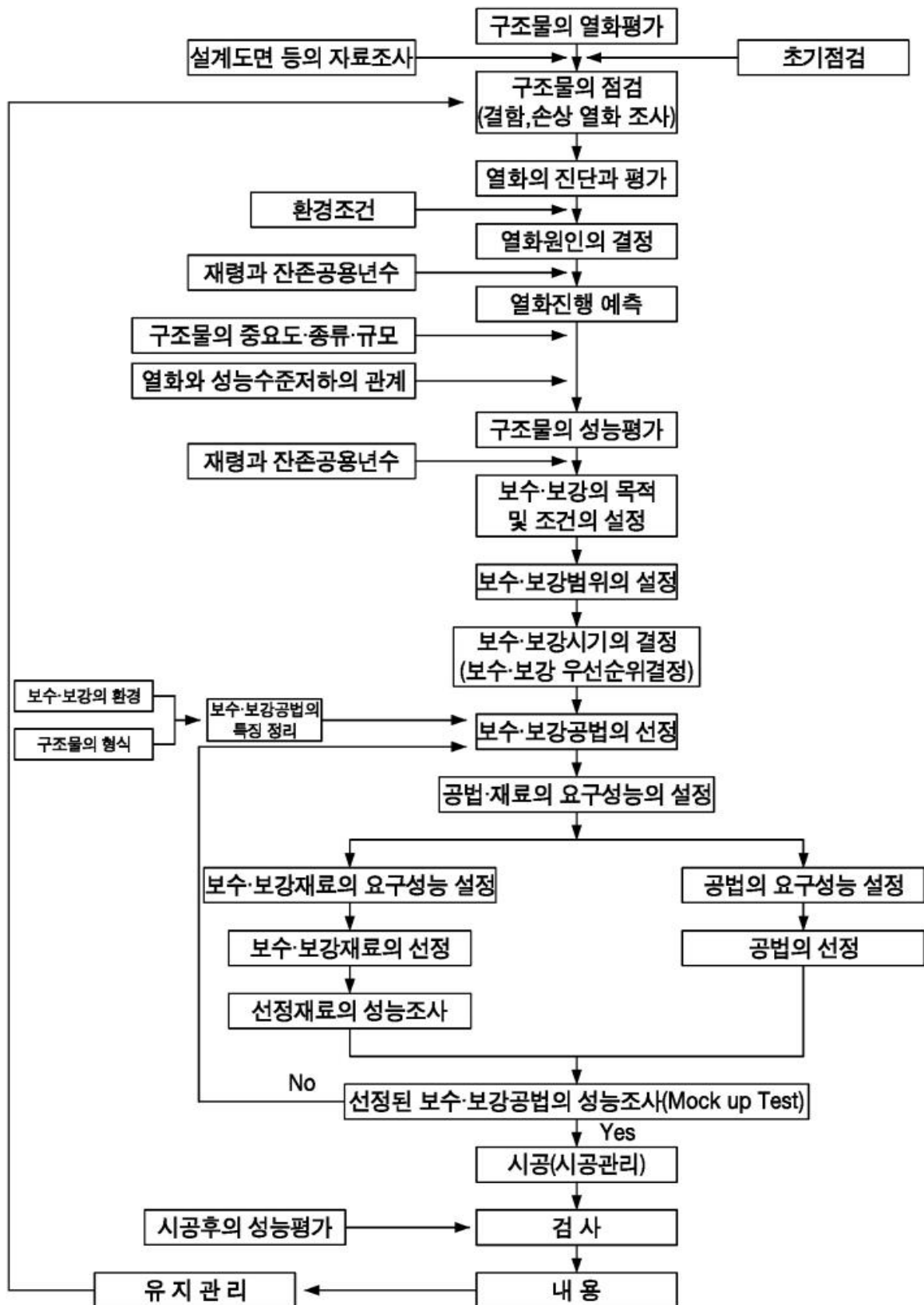
보수·보강의 실시계획은 대상시설물이 공용중인 영구시설물임을 감안하여 결함, 손상, 열화 등이 비교적 밀집되어 발생한 구간을 우선적으로 실시하고 손상별 보수는 우선순위에 따라 실시하는 것이 효과적인 것으로 판단되며, 보수공법에 따른 계절적인 요인이 영향을 미칠 수 있으므로, 보수시기를 관련부서 및 보수업체와의 협의하여 적절한 시기를 정해야 한다.

6.2 보수·보강 업무 흐름

보수·보강 설계란 구조물의 성능저하 현상이 발생하였을 경우 구조물의 진단을 통해 이에 대한 대책 및 보수·보강에 대한 필요여부를 결정하여 구조물의 기능 및 성능회복을 목적으로 적절한 재료, 공법 및 시기를 선정하는 일련의 작업을 말한다.

보수·보강 설계시에는 구조물의 손상 정도 및 이에 따르는 구조물의 성능저하의 상황을 정확하게 평가하고, 적절한 재료, 보수·보강공법 및 보수시기 등을 결정하여야 한다.

아래에 기본적인 보수·보강 설계의 업무 흐름도를 나타내었다.



【그림 1-6.1】 기본적인 보수·보강 설계의 업무흐름도

6.3 보수·보강 우선순위

본 용역에서 보수·보강의 수준은 현재의 위험도, 경제성 및 시공성 등을 고려하여 현상유지(진행억제) 수준으로 제안하였으며, 정밀안전점검 결과 조사된 열화에 대하여 원인을 분석하고 보수 범위와 규모, 환경 조건, 공사 기간, 내구성 등을 고려하여 열화 종류별로 아래표와 같이 보수·보강 우선순위를 추천하였다.

【표 1-6.1】 보수·보강 우선순위 선정기준

구 분	순 위	내 용
단 기 대 책	1순위	· 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 제22조의 “대통령령으로 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 ① 바닥판하면의 철근부식우려가 있는 손상에 대한 성능회복 차원의 보수 - $Cw=0.3mm$이상의 균열, 누수, 백태 - 철근노출, 피복부족, 박리, 박락, 파손 등의 단면손상 ② 우물통 상면의 철근부식우려가 있는 손상에 대한 성능회복 차원의 보수 - $Cw=0.3mm$이상의 균열 - 박락, 철근노출 등의 단면손상 · 주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 ① 주거터의 내구성확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 도장박리, 부식, 볼트탈락, 볼트길이부족, 철근노출, 조류배설물, 피복부족 ② 교대 및 교각의 철근부식방지를 위한 성능회복 차원의 보수 - $Cw=0.3mm$이상의 균열, 망상균열 - 재료분리, 철근노출 등의 단면손상 ③ 우물통 기초의 내구성확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - $Cw=2.0mm$이상 균열, 시공이음부이격 - 유리섬유 들뜸, 도장박리 - 파손, 침식, 탈락, 철근노출 등의 단면손상 · 주요부재에 발생된 결함 및 손상에 영향을 주는 손상의 경우 ① 바닥판 하면 열화방지를 위한 성능회복 차원의 보수 - 배수구 막힘, 이물질퇴적 - 배수시설 설치불량 및 탈락, 횡배수관 및 종배수관 막힘 - 물끓기 흠 불량 - 전주기초 폐공부 - 교각상부 몰탈방수

【표 I -6.1】 보수·보강 우선순위 선정기준(계속)

구 분	순 위	내 용
중 기 대 책	2순위	- 보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 - 도상 내구성 향상을 위한 성능회복 차원의 보수 - 균열($Cw=0.4mm$이상), 시공이음부이격(중방향) - 박리, 박락, 철근노출 등의 단면손상 - 바닥판 파손 방지를 위해 성능회복 차원의 보수 - 방호벽 신축이음부 유간부족 - 받침장치의 내구성 및 기능성 확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - Sole Plate 도장박리 - 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나 철근부식 가능성이 있는 손상 - 방호벽의 철근부식 방지를 위한 성능회복 차원의 보수 $Cw=0.3mm$이상 균열 및 방호벽 철근노출, 박락, 파손 등 단면손상
	3순위	- 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우 - 효율적인 점검 및 유지보수를 위한 차원의 보수 - 횡방향 점검로 외측 볼트 표면부식 - 전등불량, 전등갓 파손 - 중방향 점검로 추가 설치 - 방호울타리 교체 - 지지불량, 볼트탈락
장 기 대 책	4순위	- 손상이 경미하여, 유지관리를 통해 추후 보수여부를 판단해야하는 경우 - 도상의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 $Cw=0.4mm$미만 균열, 망상균열, 방수층 박리 - 방호벽의 손상중 현상유지 차원의 유지관리 $Cw=0.3mm$미만 균열, 망상균열 - 바닥판하면의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 $Cw=0.3mm$미만 균열, 망상균열, 재료분리 - 주거터 및 가로보의 용접손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - 기공, 언더컷 등 용접불량, 볼트파단(상면), 변형 - 교대 및 교각의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 $Cw=0.3mm$미만 균열, 망상균열 - 우물통기초의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 $Cw=2.0mm$미만 균열, 강판들뜸

6.4 보수·보강 공법

6.4.1 보수·보강 검토

외관조사, 내구성조사 및 시험, 재하시험 및 구조검토, 상태평가 및 안전성평가 결과 등을 종합적으로 검토하고 시공성, 경제성 등을 고려하여 적합한 재료와 보수·보강공법을 선정하였으며, 그에 따라 보수·보강의 우선순위는 결함, 손상의 상태에 따라서 구조적 안전성, 내구성 등을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

【표 I -6.2】 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항

검 토 항 목	검 토 내 용
보수·보강 필요성 판단	· 외관조사, 내구성조사 및 시험, 재하시험 및 구조검토, 상태 및 안전성 평가 · 진단 결과 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·보강의 수준 결정	· 국부적인 보수 또는 전반적 보수여부 결정 · 구조물 수명과 장·단기 대책을 고려한 보수·보강 범위 산정
보수·보강 우선순위 결정	· 결함 및 손상의 정도, 구조물의 중요도 · 구조적 안전성, 내구성

6.4.2 보수·보강 재료

보수재료는 보수공법의 사용목적에 부합하고 시공하기에 적절한 기본적인 성능을 만족하여야 한다.

가. 보수재료의 기본 특성 설정

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

나. 보수재료의 요구 성능 설정

보수재료의 요구 성능은 보호성능, 내구성능, 시공성능 및 기본적인 성능을 고려하여 설정한다. 일반적으로 보수재료에 요구되는 성능으로는 시공성과 내구성능이다. 보수재료는 재료 자체의 특성을 충분하게 발휘할 수 있도록 시공되어야 한다.

즉, 시공환경에서 간단하면서도 균일하게 시공이 되는 것이 중요하다. 내구성능은 보수재료의 원래의 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 구조물과 일체화해서 거동하는 것에 기본이 되는 성능이고, 이것이 불충분한 경우에 이들 재료는 그 본래의 목적을 달성할 수 없다.

다. 적용 가능한 보수재료의 선정

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

1) 보수재료의 성능조사

보수재료가 요구성능을 만족하고 있는가를 적당한 방법을 통해서 조사해야 한다. 이 조사는 설계된 재료의 성능 평가값이 요구성능의 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 규격치와 비교하는 것이다.

6.4.3 보수·보강 공법

가. 단면복구공법

1) 개요

콘크리트 단면 결손부중 박락(파손) 및 철근 노출부는 내구성 저하방지를 위하여 단면보수공법을 사용하여 보수를 실시하는데, 콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로써 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 알카리 회복제, 염해방지재, 철근방청재의 조합에 의한 공법으로 본 교량에서는 상기한 결합 중 콘크리트 파손부 및 철근노출부에 대한 보수방법으로 사용한다.

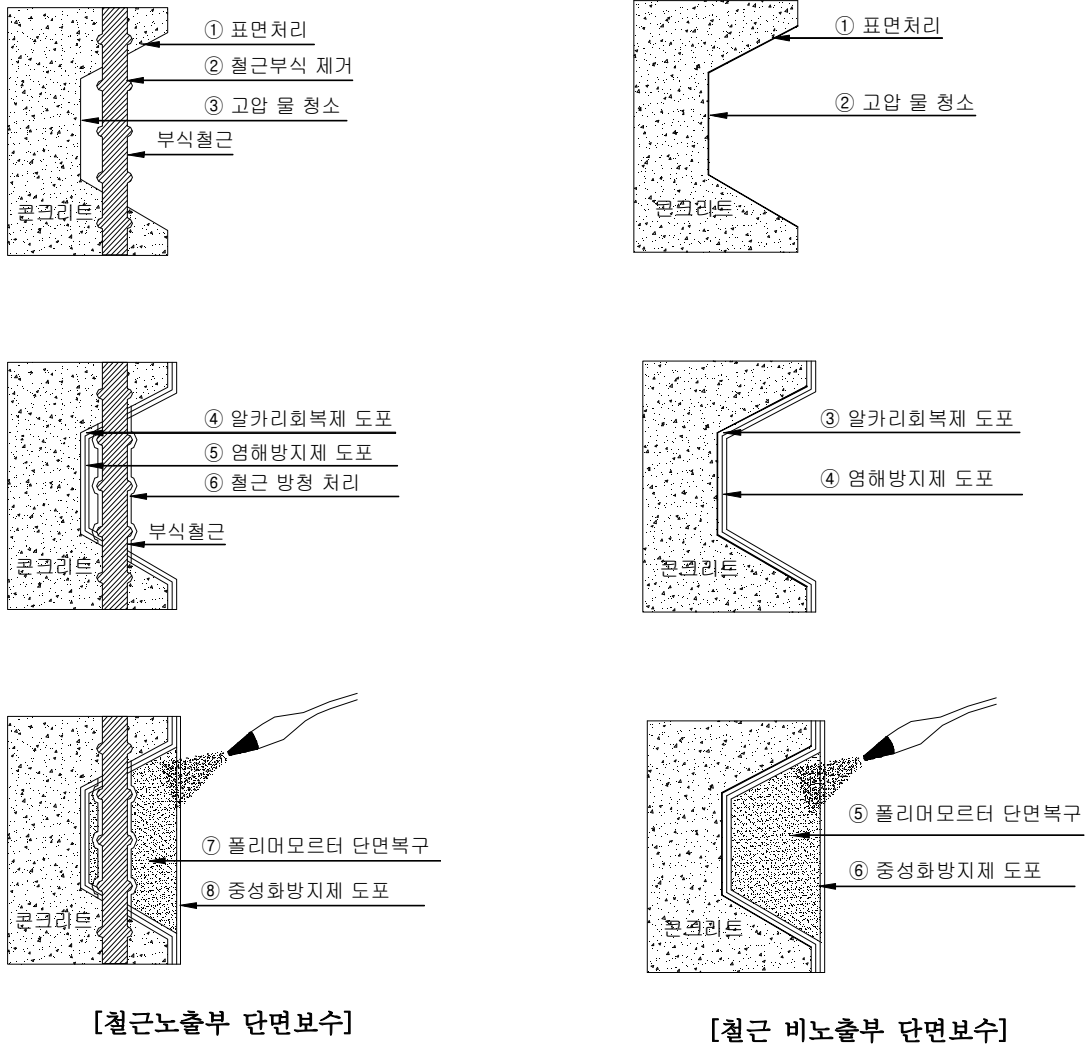
2) 시공순서

- 표면처리: 열화된 콘크리트를 수공구 또는 전동해머 등의 전동공구를 이용 제거
- 철근부식제거: 철근 부식부를 수공구 또는 샌더 등의 전동공구를 사용하여 완전히 제거한다.
- 고압물 청소: 고압수 세정기를 사용하여 이물질은 완전히 제거
- 시공면 처리 확인
 - 열화된 콘크리트 구조체로부터 코어를 채취하여 1%페놀프탈레인으로 중성화 깊이를 측정한 것과 열화된 콘크리트 구조체의 철거 및 치핑 후의 중성화 깊이를 측정 비교하여 손상된 콘크리트 면의 철거 및 치핑의 두께가 적정한지 확인하다.
 - 시공면 처리 전 구조체에 균열이 있거나 시공면의 부착력이 부족한 경우 또는 보강이 필요하다고 판단될 때 감독관과 협의 하여 보완 조치를 취한다.
- 알카리성 회복제 도포: 로울러나 붓 등을 사용하여 회복제 원액을 충분히 함침
- 염해방지재 도포: 로울러나 붓 등을 사용하여 염해방지재 도포
- 시멘트계 방청도포재: 붓이나 흙손 등을 사용하여 철근 주위에 균일하게 도포
- 폴리머모르터 단면복구: 폴리머모르터를 이용하여 단면복구 한다.
- 중성화 방지 도포: 로울러나 도료작업용 붓, 등을 사용하여 균일하게 도포(2회)

3) 시공시 주의사항

- 기존 보수부에 발생된 들뜸 등의 단면보수시 우선 기존 보수부를 치핑하여 기타 지장물 관의 유무를 확인한, 누수가 없는 곳은 단면복구보수
- 5℃ 이하 30℃ 이상 직사광선일 때는 시공을 피해야 한다.
- 시공 후 24시간 이내에 비가 올 경우는 비닐 등으로 덮어서 표면이 젖지 않게 한다.
- 강한 직사광선이나 바람의 영향이 있어 빨리 건조되지 않도록 표면을 보호하여야 한다.
- 비가 예상 될 경우 작업을 중단해야 한다.

4) 시공개요도



【그림 I -6.2】 시공 개요도

5) 단면보수 후 재 탈락 방지 방안

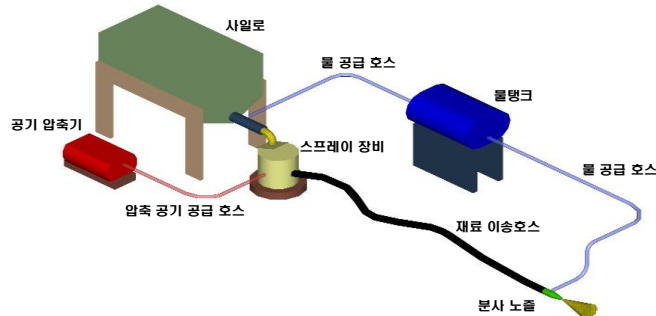
- 모르터가 경화된 후 (7일이후) 타점봉을 두들겨 소리로 부착면의 들뜸 유무를 검사한다. 들뜸이 있다고 판단되면 코어로 확인하여 보완 등의 조치를 취해야 한다.
- 철근노출부 단면보수시 굵은골재 최대치수 이상으로 철근을 노출하고 단면보수를 수행하여야 재 탈락이 감소된다.
- 단면보수시 현장조사시 결함 두께를 고려하며 시공시 주의사항 및 시공순서에 따라 보수를 실시한다.

나. 피복부족 구간 단면복구공법

콘크리트 비파괴 시험 및 외관조사 분석결과 피복부족으로 확인된 구간에 대해서 단면복구공법을 제시하였다.

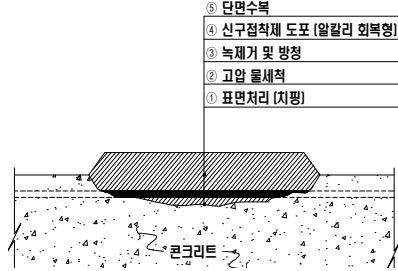
1) 스프레이 단면복구공법(안)

【표 I -6.4】 스프레이 단면복구공법(안)

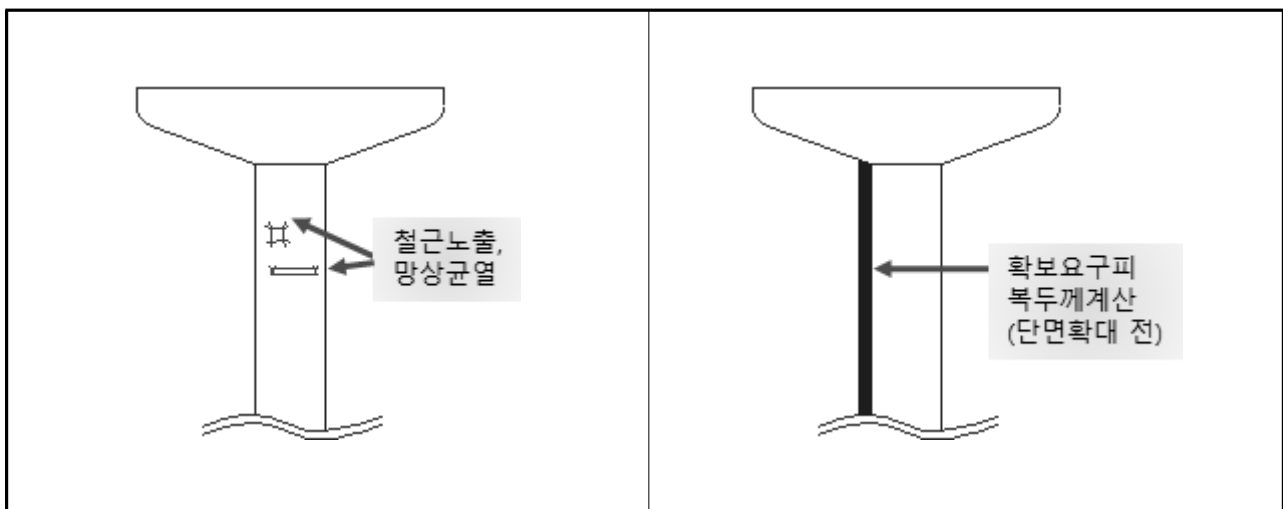
공법개요	▶ 중성화, 염해 및 여러 가지 원인에 의해 손상된 철근콘크리트 구조물의 단면을 이중 오거방식 믹서 샤프트를 이용한 프리웨팅 스프레이 방식으로 복구하고, 표면을 발수성 프라이머와 마감도장재를 사용하여 이중으로 보호하는 기술																					
개요도																						
부착강도	<table><tr><th rowspan="2">No.</th><th colspan="2">부착강도 (N/mm2)</th><th rowspan="2">품질기준 (F28, N/mm2)</th></tr><tr><th>F7</th><th>F28</th></tr><tr><td>1</td><td>1.9</td><td>2.6</td><td rowspan="4">평균 1.0 이상</td></tr><tr><td>2</td><td>2.1</td><td>2.6</td></tr><tr><td>3</td><td>1.8</td><td>2.5</td></tr><tr><td>평 균</td><td>1.9</td><td>2.6</td></tr></table>			No.	부착강도 (N/mm2)		품질기준 (F28, N/mm2)	F7	F28	1	1.9	2.6	평균 1.0 이상	2	2.1	2.6	3	1.8	2.5	평 균	1.9	2.6
No.	부착강도 (N/mm2)		품질기준 (F28, N/mm2)																			
	F7	F28																				
1	1.9	2.6	평균 1.0 이상																			
2	2.1	2.6																				
3	1.8	2.5																				
평 균	1.9	2.6																				
압축강도	<table><tr><th rowspan="2">No.</th><th colspan="2">압축강도 (N/mm2)</th><th rowspan="2">품질기준 (F28, N/mm2)</th></tr><tr><th>F7</th><th>F28</th></tr><tr><td>1</td><td>39</td><td>52</td><td rowspan="4">평균 40 이상</td></tr><tr><td>2</td><td>39</td><td>53</td></tr><tr><td>3</td><td>38</td><td>53</td></tr><tr><td>평 균</td><td>39</td><td>53</td></tr></table>			No.	압축강도 (N/mm2)		품질기준 (F28, N/mm2)	F7	F28	1	39	52	평균 40 이상	2	39	53	3	38	53	평 균	39	53
No.	압축강도 (N/mm2)		품질기준 (F28, N/mm2)																			
	F7	F28																				
1	39	52	평균 40 이상																			
2	39	53																				
3	38	53																				
평 균	39	53																				
장점	▶ 개선된 스프레이 방식과 우수한 단면복구재를 사용 1회 시공두께가 아주 우수하다.(10~20mm/회) ▶ 원형 등 구조물의 형상에 따른 제약이 없다. ▶ 자동화 기계화시스템에 의한 인력, 공사비 절감. ▶ 열화요인 및 구조물의 특성에 따른 특화된 재료를 적용. ▶ 스프레이시 리바운드가 적다. ▶ 수복면의 밀도 향상으로 품질우수. ▶ 재료에 의한 화학적 부착과 기계에 의한 물리적 부착의 시너지 효과.																					
단점	▶ 스프레이 공정의 전문 시공을 요함																					

2) 일반적인 단면복구공법(안)

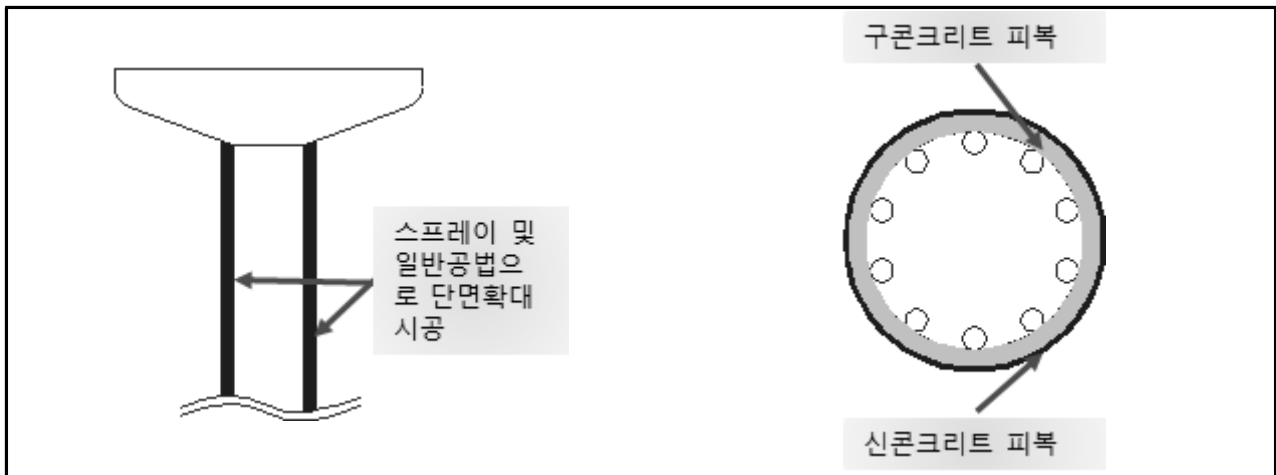
【표 I-6.5】 일반적인 단면복구공법(안)

공법개요	▶ 열화된 철근콘크리트 표면에 침투식 구체강화제를 도포하여 칼슘실리케이트 수화물 형성으로 에트링자이트화 하여 조직을 기밀화 시키고 탄소나노튜브(CNT)가 함유된 단면수복제를 도포 초기양생시 발생하는 수화열에 저항성을 확보하고 망상균열을 최소화함으로써 장기적인 내구성 확보는 물론 내오존성과 방수, 방식 기능의 표면보호제를 마감하여 열화된 콘크리트를 보수, 보호하는 표면처리공법
개요도	 ⑤ 단면수복 ④ 신규접착제 도포 (알칼리 회복형) ③ 녹제거 및 방청 ② 고압 물세척 ① 표면처리 (지평) 콘크리트
장점	▶ 조직이 치밀하여 내구성 및 강도 우수 ▶ 동결기에도 유연성과 탄성을 보유, 장기 내구성 유지 ▶ 동결 융해 피해 최소화 ▶ 부착강도가 우수 ▶ 모르타르의 경량화로 자재량이 절감됨 ▶ 작업 공정이 간단함 ▶ 염해/중성화방지 및 방식/방수성 우수 ▶ 공사기간이 단축
단점	▶ 시공에 대한 기초 지식이 필요함 ▶ 표면보호제는 속경형 재료이므로, 교반 후 건조가 빨라, 60분 이내에 사용할 수 있는 양 만큼 소분해서 사용해야 함

3) 단면복구공법(스프레이 및 일반적) 시공 모식도



【그림 I-6.3】 단면복구공법 모식도



【그림 I -6.3】 단면복구공법 모식도(계속)

다. 균열보수공법

구조물에 발생된 폭 0.3mm이상의 균열은 콘크리트 재료적 특징인 건조수축 및 외적(환경)인 요인 등에 의해 발생한 것으로, 이를 그대로 방치할 경우 철근부식 등 내구성 저하가 우려되므로 다음과 같은 보수가 필요하다. 내구성 측면에서 폭 0.3mm이상 균열(도상 보수 기준:균열폭 0.4mm)에 대해서는 주입공법을 적용하여 보수를 실시하고 폭 0.3mm미만 균열은 지속적인 관찰 후 균열의 폭 및 길이의 진행이 있을시 보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

1) 보수 적용 대상

【표 I -6.6】 균열보수 및 유지관리 적용 대상

구분		손상내용	보수·보강	비고
도 상		균열($C_w=0.4\text{mm}$ 미만)	유지관리	
		균열($C_w=0.4\text{mm}$ 이상)	주입보수	
방호벽		균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만)	유지관리	
		균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이상)	주입보수	
바닥판		균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만)	유지관리	
		균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이상)	주입보수	
교대 교각		균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만)	유지관리	
		균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이상)	주입보수	
우물통 기초	상면	균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이상)	주입보수	

※ 상세 위치는 외관조사망도 및 손상현황표 참조

2) 균열보수공법 선정 및 검사

① 균열폭(Cw) 0.3mm 이상의 경우

【표 I -6.7】 균열폭(Cw) 0.3mm 이상의 경우

균열 유형			적용공법	보수공법(재료)선정시 유의사항	비고
비구조적 균열	진행성 (변화)	건식	탄성실링 주입공법	신축성을 고려하여 균열 재발 방지	
		습식	탄성실링 그라우팅	신축성, 차수성 고려하여 균열, 누수 차단	
	고정	건식	주입공법	-	
		습식	탄성실링 그라우팅	차수성을 고려한 보수재료 선택	
구조적 균열			탄성실링 그라우팅	해당사항 없음	

※ 누수를 동반한 습식 균열의 경우, 수밀성을 확보할 수 있는 누수보수공법을 적용한다.

② 균열폭(Cw) 0.3mm 미만인 경우

【표 I -6.8】 균열폭(Cw) 0.3mm 미만인 경우

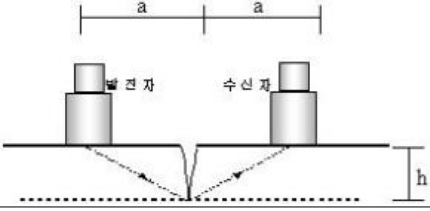
균열 유형			적용공법	보수공법(재료)선정시 유의사항	비 고
건식	균열폭	0.2mm 이하	유지관리	-	
습식	균열폭	0.2mm 이하	유지관리, 표면처리	해당사항 없음	

③ 균열보수의 검사

균열보수 검사는 보수 공사 전·중·후로 구분하여 보수 공사가 설계, 시방서 내용대로 적합하게 시공되고 있는지 여부를 단계별로 중점 시공관리 사항을 정하여 검사한다.

- 작업전의 검사 항목 : 표면정리 및 균열 확인
- 작업중의 검사 항목 : 주입 보수 실시 전에 주입기에 있는 주입재의 양과 보수 완료 후 주입기 제거 전에 주입재의 양을 체크하여 주입정도를 판단한다.
- 작업 종료 후의 검사 항목

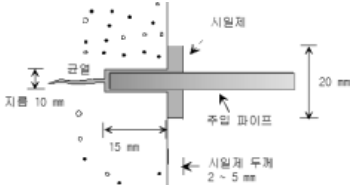
【표 I-6.9】작업 종료 후의 검사 항목

구 분	적 용 방 법
초음파시험	초음파법을 이용하여 T0-TC법으로 균열공극부의 주입여부를 확인한다. 이 방법은 균열이 보수의 전체적인 품질을 평가하는데 유용하며, 효과적인 시험을 위해서는 보수 직전과 직후에 수행되어야 한다. 균열깊이 h는 다음 식으로부터 계산된다. $\text{균열깊이 } (H) = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{T_c}{T_o}\right)^2 - 1}$ 
충격음법	충격음법은 균열이 분리되어 있을때 접착재료의 침투 정도를 결정하기 위해서 사용된다. 충격음법에서 콘크리트 표면은 응력을 만들기 위해 작은 충격기로 기계적인 방법으로 충격을 준다. 응력과파동이 불연속적으로 마주칠 때 파동의 일부가 시험 표면에 되돌아 반사한다. 채워지지 않았거나 부분적으로 채워진 균열은 불연속적으로 구성된다.
코어채취	주입 및 부착재료의 침투깊이 및 주입효과 등은 균열의 보수부를 포함하는 코어 시료의 채취에 의해 평가한다. 시료는 다이아몬드 끝날을 사용하는 건식 또는 습식 드릴에 의해 채취하며, 사후 보수 평가의 책임 기술자는 코어 채취 위치나 시편의 수를 결정해야 한다. 고려해야할 사항으로는 구조물 유형(보, 바닥판, 벽체 등), 구조부재의 크기, 보수의 성격(구조적, 비구조적), 품질의 보증 정도 등이 있다.

3) 시공개요도

① 주입공법

【표 I-6.10】주입공법

공 법	주 입 공 법
개 요	Cw=0.3mm 이상의 균열부에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 내구성을 향상시키는 공법
특 징	① 내하력복원의 안전성을 기대할 수 있다. ② 내구성저하 및 누수 방지를 기대할 수 있다. ③ 미관의 유지가 용이하다. ④ 경제적이다.
시공도	
시공순서	① 보수범위 확인 ② 균열부위 청소 ③ 주입용파이프 설치 ④ 균열면 실링 ⑤ 주입 ⑥ 파이프 제거 ⑦ 실제거 ⑧ 모르타 미장마감

② 탄성 실링

진행성균열은 샌드블래스트(sand blast) 또는 고수압 분사기 등으로 균열부를 청소하고 적당한 현장 성형에 의한 유연성이 있는 실런트에 의해 실링을 하는 것이 좋다.

4) 균열 보수의 관리기준

① 균열 보수재료의 선정기준

② 균열 보수재료의 선정기준은 현재 각 기관에서 적용되고 있는 기준과 “콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수·보강 전문시방서” (‘1999. 12 시설안전기술공단)를 적용하였다. 일반적으로 균열 보수재료는 수지계 재료(폴리머 모르터, 에폭시수지, 가요성에폭시수지, 탄성실링제, 도막탄성방수재 등), 시멘트계 재료(폴리머시멘트슬러리, 폴리머시멘트페이스트, 폴리머시멘트모르터, 시멘트 충전재, 팽창시멘트주입재 등)가 있다.

③ 균열보수공법에는 일반적으로 표면처리공법, 주입공법, 충전공법, 기타의 공법이 있고, 공법에 따라 사용재료가 상이하게 된다. 균열보수에 사용되는 재료의 종류와 보수공법 사이의 관계는 【표 I -6.11】과 같다.

④ 균열 보수재료의 종류와 보수공법

【표 I -6.11】 균열보수재료의 종류와 보수공법

구 분	보수재료의 종류	표면처리공법	주입공법	충전공법
수 지 계 재 료	폴리머 모르터			○
	에폭시 수지		○	○
	가요성에폭시수지		○	○
	탄성실링제	○		○
	도막탄성방수재	○		
시멘트계 재 료	폴리머시멘트슬러리		○	
	폴리머시멘트페이스트	○		
	폴리머시멘트모르터			○
	시멘트충전재	○		
	팽창시멘트주입재		○	

⑤ 무기계 균열 주입재의 품질기준

【표 I -6.12】 무기계 균열 주입재 품질기준

구 분 항 목		일본 건설성(콘크리트의 내구성향상기술개발) 한신고속도로공단		JH시험연구소		JCI	시험방법 (JIS,KS)
종 류		폴리머 시멘트계	실런트계	초미립자계	폴리머 시멘트계	-	-
적 용	적용	-	-	-	-	-	-
	균열진행도	-	-	진행도 A	진행도 A	-	-
	균열폭	-	-	0.2~2.0	0.8~5.0	-	-
유동성(초)		-	-	-	-	25±5	토목학회표준 (JSCE) F
경화수축율(%)		0.1 이하	-	3.0 이하	3.0 이하	0.05이하	JIS K 6911 /JIS A 1129 KS M 3015 /KS F 2424
부착강도 (kgf/cm ²)	건조	{60} 이상	-	{41} 이상	{41} 이상	-	JIS A 6024 KS M 3722
	수축	{30} 이상	휨 10mm 이상에서 파괴	-	-	-	
휨강도 (kgf/cm ²)		-	-	{41} 이상	{41} 이상	-	JIS A 6024 KS M 3015
압축강도 (kgf/cm ²)		-	-	-	-	{150} 이상	JIS R 5021 KS M 3015

⑥ 수지계 주입재의 품질기준

【표 I -6.13】 에폭시수지계 균열 주입재 품질기준

구 분 항 목		일본 건설성 (콘크리트의 내구성향상기 술개발) 한신 고속도로공단			JH시험연구소			일본수도 고속도로공단	일본콘크리트 공학협회(JCI) 균열지침	콘크리트교량 가설특수공법 설계시공유지 관리지침 (건설교통부)	시험방법 (JIS,KS)
종 류		1종	2종	3종	1종	2종	3종	-	-	-	-
적 용	적용	균열주입			균열주입			균열주입	균열주입	균열주입	
	균열진행	B		A	A	B	C	-	-	-	-
	균열폭	0.2~5.0			0.2~5.0			-	-	0.1~5.0	-
비 중		-			-			1.1~1.9	1.0~1.4	1.0~1.4	KS M 3015
늘임율(%)			>50	>100		>50	>100	-	-	-	JIS K 7113 KS M 3015
접착 강도 (N/mm2) (kgf/cm2)	표준	{60} 이상			{60} 이상			-	-	-	JIS A 6024 KS M 3015
	저온	-			-			-	-	-	
	습윤	-			{30} 이상			-	-	-	
	건습	-			-			-	-	-	
휨강도 (N/mm2) (kgf/cm2)		-			-			{400} 이상	{150} 이상	{400} 이상	JIS A 6024 KS M 3015
압축강도 (N/mm2) (kgf/cm2)		-			-			{700} 이상	{400} 이상	{600} 이상	JIS A 6911 (JIS A 6024) KS M 3015
인장강도 (N/mm2) (kgf/cm2)		-			-			{200} 이상	{100} 이상	{200} 이상	JIS K 6911 (JIS A 6024) KS M 3015
비고		A:균열진행중 B:균열진행이 없음			균열 (A:진행없음, B:정지하고 있다고 확신할수없음, C:진행중)			-	-	-	-

【표 I -6.14】 균열충전용 에폭시 수지의 품질기준

항 목	기 준
비중	표준치±0.1
슬럼프(slump)	3mm이내
가열감량	5%이하
인장강도	2.0MPa
신장률	20% 이상
인장부착강도	1.0MPa
파단변형률	10% 이상
방수성	소요값 이상

균열폭에 알맞은 에폭시수지 주입재료의 품질은 【표 I -6.15】과 같고, 수지의 소요점성도는 【표 I -6.16】과 같으며, 시공 전에 검정시험(mock-up test)에 의해 품질과 시공성능이 확인되어야 한다.

【표 I -6.15】 에폭시수지 주입재료의 품질

항 목	기 준(20℃)
비중	1.0~1.4
점성도	10,000cp 이하
인장강도	10MPa 이상
휨강도	15MPa 이상
압축강도	40MPa 이상

【표 I -6.16】 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

⑦ 표면처리재의 품질기준

【표 I -6.17】표면피복재의 품질기준

구 분 항 목		일본도로협회	일본도로공단	수도고속도로공단	시험방법 (JIS,KS)
적용목적		염해	일반,염해, 경관 등	일반, 경관	
도 막 의 외 관	표준양생후	도막이 균일하고, 흐름, 얼룩, 깨짐, 벗겨짐이 없는 것	도막이 균일하고, 흐름, 얼룩, 깨짐, 벗겨짐이 없는 것	도막이 균일하고, 흐름, 얼룩, 벗겨짐이 없는 것	JIS K 5400 KS M 5000
	온냉반복	-	10사이클의 시험으로 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐이 없는 것	15사이클의 시험으로 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐이 없는 것	JIS A 6909
	내알칼리성 포화Ca(OH) ₂	30일간 침지, 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐, 연화, 용출이 없는 것	10일간 수중에 반침, 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐이 없는 것	30일간 침지, 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐, 연화, 용출이 없는 것	JIS K 5400 JIS A 6909 KS M 5000
차염성 mg/cm ² ·일		A,B : 10-2이하 C : 10-3이하	5.0×10-3 이하	10-3 이하	도로교지침
수증기차단성 mg/cm ² ·일		-	5.0 이하	-	JIS Z 0208
탄산화저지		-	1개월에 1mm 이하	1개월에 1mm 이하	CO ₂ 5%, 30℃, 60% RH
부 착 성	표준양생후 kgf/cm ²	7 이상	10 이상	10 이상	JIS A 6909
	온냉반복 kgf/cm ²	-	10 이상	10 이상	
	내알칼리성 kgf/cm ²	-	10 이상	10 이상	
균 열 추 중 성	표준양생후 (상온)mm	-	0.4 이하	-	제로스팬, JIS K 5400
	표준양생후 (저온)mm	-	0.2 이하	-	
	축진내후성 mm	-	0.2 이하	-	

⑧ 균열 보수의 품질관리

⑨ 보수에 앞서 공사관리 자격이 있는 공사관리자와 보수재료의 품질을 확인한다.

- 자격요건 관리

- 주입작업 기간 동안 시방에 적격인 공사관리자 또는 작업반장을 상시 배치한다.
- 시방에 적합한 보수재료 제조사 대리인을 배치하여 주입하는 기술을 보수 작업반에게 전수한다.

- 재료 품질관리

- 보수 재료는 보수시방서가 요구하는 일반요건을 만족시키는 것을 사용한다.
- 제조사로부터 받은 제품에 대한 자료를 상시 비치한다.
- 제품은 취급설명서에 따라 취급, 운반한다.
- 용기에 다음과 같은 표식이 되어 있는가를 확인한 후 시공시 취급상 주의사항을 준수한다.

- 제조사명
- 제조사의 제품명 또는 제품번호
- 제조사의 Lot No
- 배합비
- 주입, 접착에 대한 시방서와의 일치
- 재료의 위험정도와 취급상 주의사항

- 제출 자료 : 보수공사 시공전 다음 자료들을 제출하여 품질보증을 받는다.

- 자격요건에 관한 증빙서류(시험시공 착수전 제출)

: 시공자의 공사관리자, 보수재료 제조사 및 대리인

- 보수재료의 기술자료

: 재료의 검정을 위해 재료의 견본과 기술자료 및 사용법을 발주자 대리인에게 제출한다.

- 보수재료의 선택

- 보수재료 선택시에는 균열 유형별로 구분하여 부착성, 신축성, 강도 등을 고려하여 선택한다.

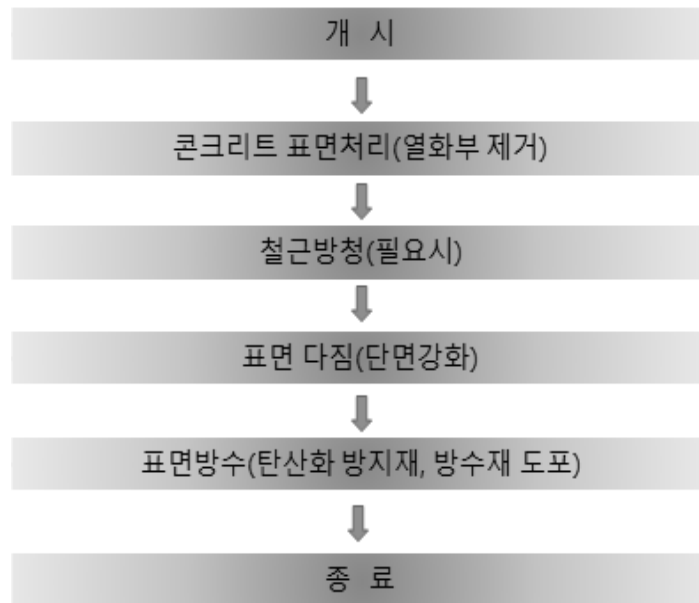
따라서, 본 교량의 콘크리트 표면에 발생된 망상균열 등의 표면 열화 손상은 콘크리트의 내구성 저하를 촉진시켜 장기적인 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 보수가 필요한 상태이다.

【표 I -6.19】 시공개요도

- 90 -

2) 시공방법

콘크리트 표면에 발생된 누수오염, 망상균열 등의 표면 손상은 열화부를 제거한 후 탄산화 방지 및 방수재를 도포하여 표면처리에 의한 보수를 시행하며, 열화가 철근표면까지 진행되었거나 철근이 부식되었을 경우 철근이 노출되도록 완전히 치핑한 후 철근방청 작업을 시행한 후 탄산화 방지재 및 방수재를 도포한다.



【그림 1-6.4】 표면처리공법 시공순서도

3) 시공순서

- ① 기존 콘크리트의 누수흔적, 백태 및 망상균열 부분을 그라인더 등을 이용하여 콘크리트 표면을 처리한다.
- ② 콘크리트 표면처리 후 고압살수기를 이용하여 표면을 고압세척 한다.
- ③ 물세척(고압세척) 후 건조시킨다.
- ④ 부식철근 및 열화부내 철근에 대한 방청을 실시한다.
- ⑤ 기존 콘크리트의 구체 및 표면강화를 위하여 침투성 표면강화재 및 발청억제제 + 급결 시멘트(폴리머모르터)로 표면을 다지면서 단면을 복원하다.
- ⑥ 콘크리트 탄산화 방지, 방수를 위해 탄산화 방지 및 방수재를 2회 도포한다.
- ⑦ 작업장 주위를 깨끗하게 정리한다.

마. 도장 보수 공법

상부구조로 부터의 우수 유입으로 인해 도장박리에 취약한 부분(볼트이음부, 용접부분, 절단 Edge면, 모서리 등)에서 표면처리 없이 상도만을 도장함으로 인해 재손상이 주로 발생된 것으로 판단된다.

또한, 철도교의 특성상 상도(조합페인트) 도막은 유입되는 우수에 포함된 유제 성분에 취약하여 도막이 녹는 현상이 발생하는 것으로 나타났다.

따라서, 금회 조사된 거더외부 도장박리의 경우, 상도 재도장은 도장의 내구년수가 짧고 해당 손상 부위의 녹 발생으로 인해 강재가 부식될 수 있으므로 부분적인 보수 보다는 시공성, LCC를 고려한 경제성, 유지관리의 효율성 등을 고려하여 계획 수립을 통해 전면 재도장을 실시하여 내구년수를 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

1) 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.

2) 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 가능하다면 1종이 바람직하다고 판단된다.

표면처리 후 검사자는 다음의 사항에 대하여 검사하여야 한다.

- ① 슬래그 및 용접 찌꺼기가 완전히 제거되었는지 확인한다. 또한 완벽한 표면처리 후에 도장하는 것이 중요하며 표면에 물리적인 손상이 없어야 한다.
- ② 검사자는 도장전에 기존도막과 도장될 도료와의 부착력을 검토해야 하고 미비한 표면상태를 발견하면 다시 표면처리한 후 재도장 하도록 한다.

- ③ 표면조도계측기 등을 사용하여 표면처리된 강재의 조도 등을 시각적으로 비교한다.
- ④ 검사자는 주머니칼을 사용하여 부풀음이나 도막 밑에 부식이 생긴 것으로 추정되는 도막을 긁어와서 정도를 검사한다. 이 방법은 주관적이어서 검사자의 경험에 영향을 받을 수 있다.

3) 재도장 작업

재도장 작업 관리의 주된 항목은 표면처리의 상태, 겹칠 간격, 시공 후의 도막외관, 도막 두께, 도료의 사용량 등이다. 그러나 도막두께의 평가는 신설 도장시와는 다르며 적용하는 표면처리의 종류에 따라 평가방법을 다르게 해야 한다. 재도장에 있어서 품질관리는 도막면의 상태, 은폐력, 작업성, 도료의 사용량 등에 따라 행하지만, 도장계에 따라서는 도장두께가 두껍게 되면 도막이 갈라질 염려가 있다.

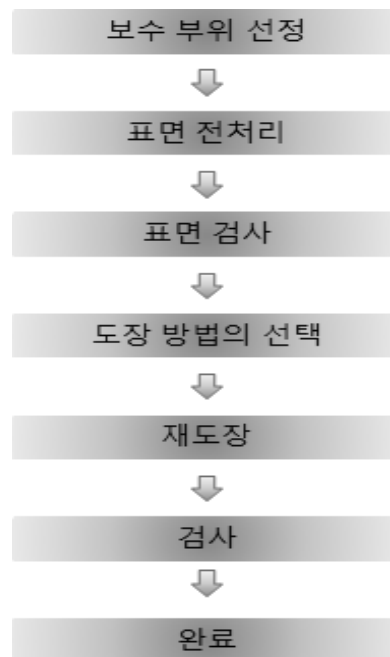
재도장 작업시 다음과 같은 기상조건에 유의하면서 실시하여야 한다.

- ① 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
- ② 경화되는 순간에 온도가 최저치보다 내려가면 도막이 손상된다.
- ③ 온도와 관련된 도막 손상 문제는 온도를 측정하지 않는데서 기인하기 때문에 지속적인 온도 측정이 필요하다.
- ④ 습기 있는 곳에서의 2층 도장은 1층 도막이 반드시 건조되어 있어야 한다.
- ⑤ 스프레이 할 때 풍향과 풍속으로 상부의 열차, 자동차, 보행자, 하부의 보트, 다른 구조물에 피해를 주는가를 반드시 고려해야 한다.
- ⑥ 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 실시 후 감독관으로부터 품질관리기준에 의한 각종 검사를 득하여야 한다.

또한, 보수도장을 한 후 3~5년 이후에는 반드시 발청상태를 재확인하는 것이 필요하므로 전문가에 의한 현장조사를 실시하여야 한다.

4) 시공방법



- ① 보수 부위의 녹·페인트 등 이물질을 완전히 제거한다.(Wire Brush, Sand Paper, Paint Remover)
- ② 소지면의 조도 평탄성 등을 검사하여 도료와 소지면의 밀착성 및 친화력을 향상시킨다.
- ③ 현장여건 및 사용도료에 따라 브러시 코팅, 로울러 코팅, 에어 스프레이 코팅 중 가장 적절한 도장방법을 선정한다.
- ④ 부착성, 방청성, 내수성 등이 뛰어난 중방식도료로 하도를 한 다음 광택, 색상, 보유력, 부착력 등이 우수한 열화고무 변성 아크릴계로 상도 도장을 시행한다.
- ⑤ 육안 및 도막두께 측정기(D.F.T.M)를 이용하여 도장 상태 및 도장두께 등을 검사한다.

※ 본 교량의 도장은 일반환경용 중방식 도장임

5) 강제도장공법 비교표

【표 I -6.21】 강제도장공법 비교표

구 분		친환경 하이브리드 초중방식 도장 (JK-Hybrid)	자연건조형 불소도장재
도 장 재 료	표면처리	· 응용부위 : 점녹 및 녹이 발생한 부위	· 응용부위 : 점녹 및 녹이 발생한 부위
	하 도	· 접착 프라이머 - 초강력 접착제(CCP)	· 에폭시 고형분 알미늄 도료 - 부분보수 도장
	중 도	· 방수 방식 도료 - 초 내후성 불연 도료(Hybrid)	· 에폭시 고형분 - Mist 도장 · 에폭시 고형분 - 전면 도장
	상 도	· 방수 방식 도료(2회) - 초 내후성 불연 도료(Hybrid)	· 자연 건조형 불소 도료(2회) - 전면 도장
도막두께		· 하도 : 20 μ m · 중도 : 80 μ m · 상도 : 100 μ m	· 하도 : 100 μ m · 중도 : 100 μ m · 상도 : 100 μ m
건조도막두께		· 200(최소 180)	· 300
희 석 제		· 에탄올 또는 자일렌(신너 가능)	· 신너
특 징		① 불연성능을 보유하여 화재시 안전함 ② 빠른 경화시간으로 공사기간 단축됨 ③ 내산, 내알칼리, 내염성이 매우 우수함 ④ 하이브리드 피복재의 3차원 미세망상구조의 형성으로 우수한 방식성능 발휘 ⑤ 친환경 용매의 사용으로 냄새가 비교적 적어 작업환경이 개선됨 ⑥ 자외선에 강하여 오랜 기간 변색되지 않음 ⑦ 열차단기능을 선택적으로 부여할 수 있어 여름철 강관의 온도를 낮추어 신축율의 변화를 줄일 수 있음	① 불연성능 없음 ② 기존 아연도장 위에 재도장 가능 ③ 내후성 매우 우수 ④ 비용이 고가임 ⑤ 타 도막과의 부착성이 우수하여 재도장이 가능 ⑥ 도막의 두께가 두꺼워 온도 변화에 따른 균열 발생 시 균열폭과 길이가 늘어 날 수 있음

【표 I -6.21】강재도장공법 비교표(계속)

구 분		폴리우레탄 도장재	염화고무계 도장재(일반중방식)
도 장 재 료	표면 처리	• 응용부위 : 점녹 및 녹이 발생한 부위	• 응용부위 : 점녹 및 녹이 발생한 부위
	하 도	• 무기질 아연분말계	• 염화 고무계 MIO 도료 - Mist 도장
	중 도	• 후막형 에폭시계	• 염화 고무계 도료 - Mist 도장
	상 도	• 폴리우레탄계(2회)	• 염화 고무계 도료 - Mist 도장
도막두께		• 하도 : 55 μ m • 중도 : 100 μ m • 상도 : 100 μ m	• 하도 : 100 μ m • 중도 : 100 μ m • 상도 : 50 μ m
건조도막두께		• 255	• 250
희 석 제		• 신너	• 신너
특 징		① 불연성능 없음 ② 기존 아연도장 위에 재도장이 가능 ③ 겨울철 혹한과 고온 다습에 저항성이 매우 높음	① 불연성능 없음 ② 보수도장이 용이하고 작업이 편리 ③ 내수성과 내 약품성이 우수하고 1액형임 ④ 도막의 두께가 두꺼워 온도 변화에 따른 균열 발생 시 균열폭과 길이가 늘어 날 수 있음

① 교량 외부 및 내부 도장 두께 검토

【표 I -6.22】교량 외부 및 내부 도장 두께 검토

구 분		재래식 마감	(1안) 우레탄계마감 (내후성중방식)		(2안) 불소수지계 마감(초내후성)		(3안) 세라믹계도장 (초내후성)		(4안) 하이브리드계 수용성 도장		특수환경 (내부도장 사양에 따라 선택사용)			
			일반 환경	일반 환경	특수 환경	일반 환경	특수 환경	일반 환경	특수 환경	일반 환경	특수 환경	고고형분		
												에폭시 2회도장	후막형 에폭시	후막형 에폭시2 회도장
교 량 외 부	외부장 재	140μm	215μm	255μm	-	225μm	160μm	200μm	-	140μm				
	볼트연 결판	140μm	215μm	255μm	-	225μm	160μm	200μm		125μm				
	연결판		50μm	50μm	-	50μm	40μm	40μm		75μm				
교 량 내 부	내부장 재	70μm	175μm		-		140μm	180μm		110μm	275μm	225μm	375μm	
	볼트연 결판	70μm	175μm		-		140μm	180μm		60μm	275μm	225μm	375μm	
	연결판		50μm	50μm	-	50μm	40μm	40μm		60μm				
콘크리트 접합부위			75μm	75μm	-	75μm	60μm	70μm		75μm				
도 료 계 역	하도중 도	방청페 인트	아연, 후막형 에폭시계		아연, 후막형 에폭시계		세라믹계 방식		하이브리드계 수용성 방식		에폭시계 도료 체질, 착색안료			
	상도	알키드 계	우레탄계		불소수지		세라믹계 우레탄계		하이브리드계					
기 타		일시 사용												
검토기준 및 내용		도로교표준시방서								최근공법		도로교표준시방서		

※ 후막형 : 도막을 두껍게 올리는 타입

시방서 기준

- 일반환경 : 전원, 산간계곡, 도시
- 특수환경 : 해안지구, 공장지구, 대기오염지구, 해상지구, 해안공업지구 신설교량 적용
제외 도료
- 염화 고무계 도료 : 제조 중 환경에 유해한 물질발생
- 콜탈 에폭시계 도료 : 시공 시 교량 내부의 검사 곤란, 점검 시 결함 발견이 어려움
- 역청질계 도료 : 햇빛에 의한 변색, 내부의 검사 및 점검 시 결함 발견이 어려움(색상-
흑색)

바. 교량받침 재도장

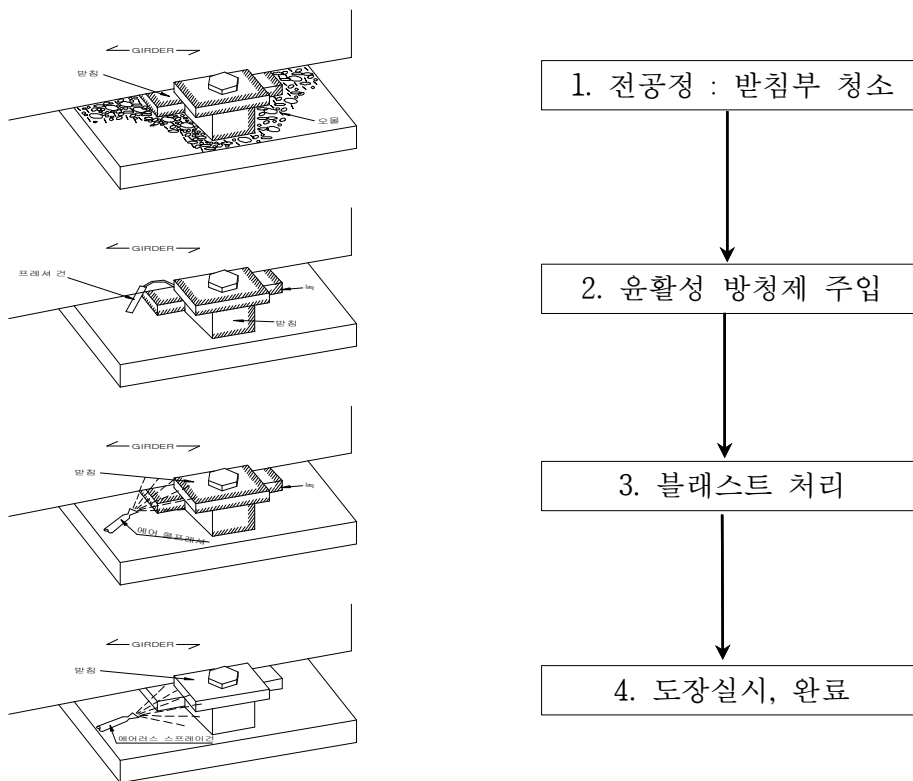
1) 개요

본 과업대상 구간인 2호선 고가구조물의 교량받침 표면부식/녹발생 손상이 발생한 주요 원인으로는 신축이음부 지수판 손상을 통한 우수의 유입이 교각 코핑부 상면과 받침표면을 오염시켜 발생한 손상으로써, 받침부식 심화되어 기능저하가 예상되는 개소에 대해서는 재도장을 실시하는 것이 바람직하다.

2) 시공상세 및 유의사항

- ① 받침장치 부식은 연마기와 에어 컴프레서를 사용하여 녹을 제거한 후 실시한다.
- ② 녹제거 시 녹이 완전히 제거될 수 있도록 해야한다.
- ③ 표면처리 후 같은 날 하지도장을 실시한다(결로 및 이물질 등의 영향방지).
- ④ 도장실시 시기는 표면처리 후 당일 실시하여야 한다.
- ⑤ 도료의 도포 회수는 충분히 건조한 후에 실시하고 대기온도 및 대기중의 온도가 5℃ 이상이어야 한다.

3) 시공 개요도



【그림 I -6.5】 교량받침 재도장 공법 개요도

사. 강재의 보수·보강방안

강교는 각종의 자연력 및 인위작용을 받아 시간경과와 함께 물리적, 화학적으로 변질·변형되거나 성능저하가 진행되어 손상의 형태로 나타난다.

1) Stop-Hole 공법(보수)

① 개요

피로균열 선단에 구멍(Stop-Hole)을 설치하여 선단부의 국부적인 응력집중을 해소하고, 균열의 진전을 일시적으로 방지하는 방법이다.

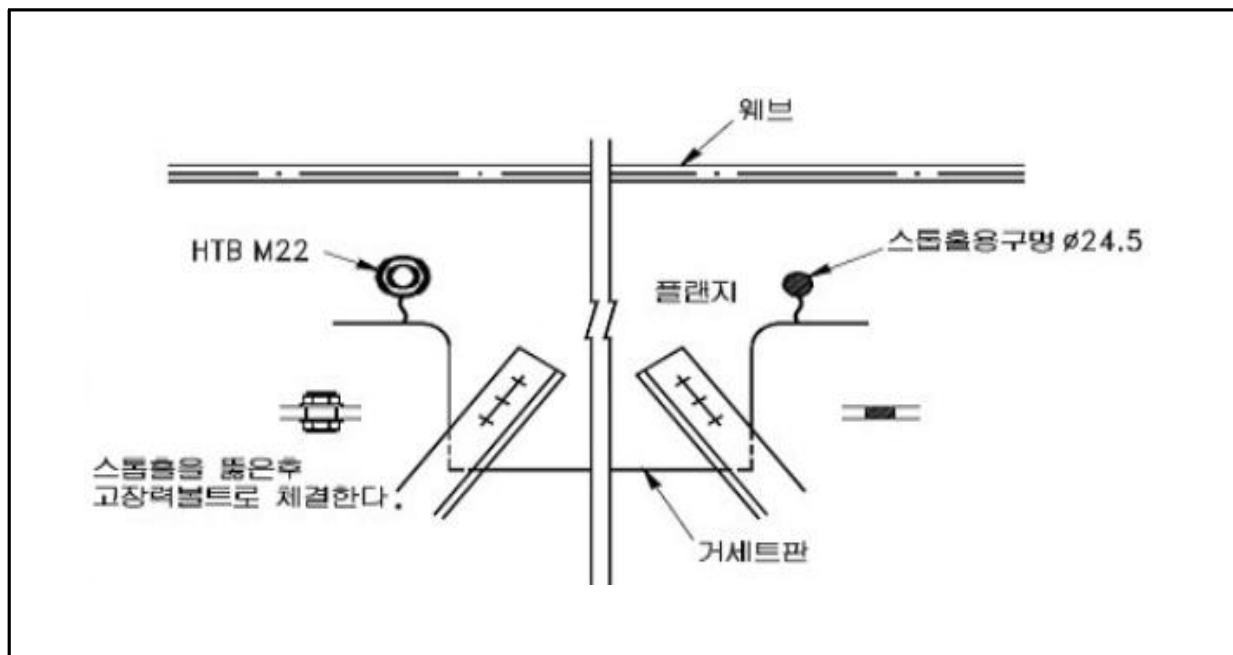
② 적용부위

반복하중이나 국부적인 고응력의 작용으로 생긴 피로균열의 선단에 적용하며, 보수·보강 등 본격적인 조치에 앞서 균열의 진전을 지연시키기 위해 이 공법을 적용한다.

③ 유의사항

- Stop-Hole을 설치하는 위치 강재비파괴 탐상법으로 균열의 선단을 확인하고, 선단을 중심으로 Stop-Hole을 뚫는다.
- Stop-Hole의 직경은 강재의 강도, 균열의 길이, 작용응력에 따라 다르나 $\phi 24.5$ 를 표준으로 하고 최저 $\phi 16$ 이상으로 한다.

④ 개요도



【그림 1-6.6】 Stop-Hole 공법 개요도

2) 교정공법(보수)

① 개요

변형된 부재를 상온에서 교정하면 상당한 소성변형이 발생되므로 교정 후(소성변형후)의 인성저하를 고려해서 가열교정공법을 적용하는 것이 일반적이다.

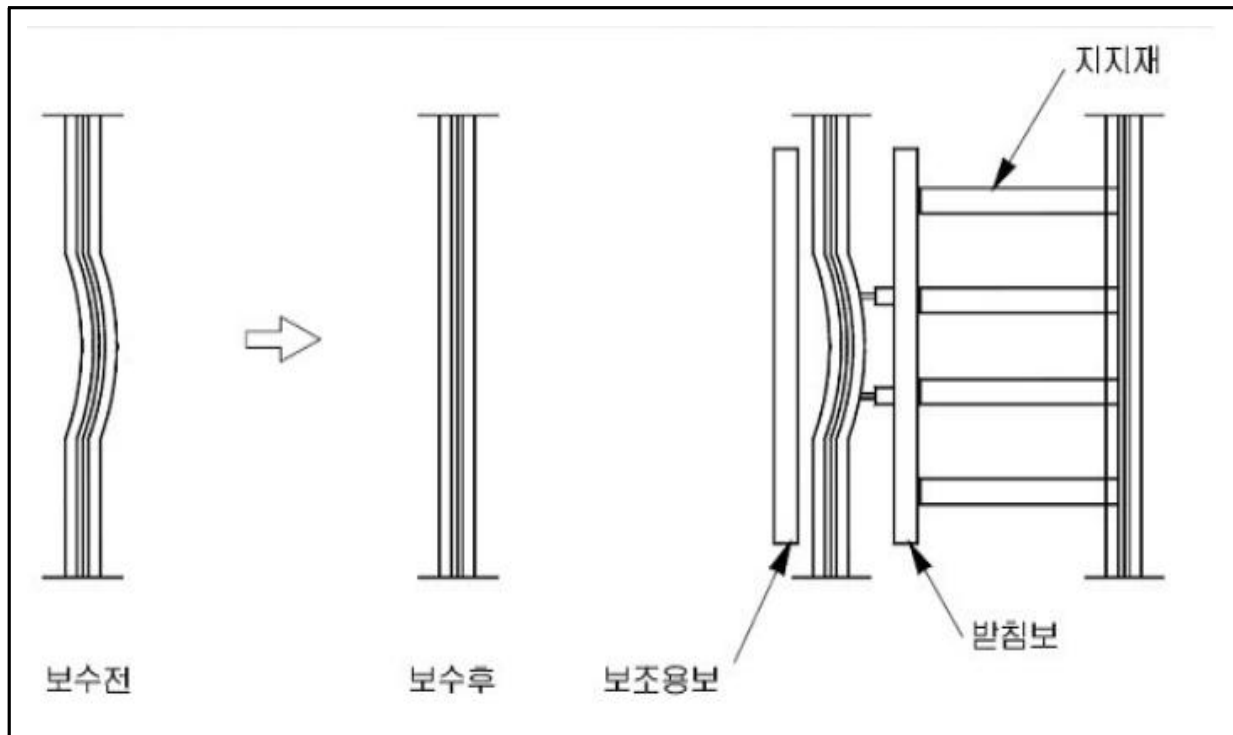
② 적용부위

이 공법은 구조물 지진, 화재 또는 외부 충격에 의해 부재에 국부적인 변형이 생겼을 때 적용한다.

③ 유의사항

- 변형이 큰 곳에서 작은 곳으로 서서히 교정하고, 가능한 타격에 의한 교정은 지양한다.
- 가열교정시 잔류 변형이 남으므로 시공계획 단계에서 허용변형량을 확인한다.
- 완전 복원이 어렵거나 교정결과가 바람직하지 못할 경우 보강판을 첨가하거나 부분적으로 절단 교체한다.

④ 개요도



【그림 I -6.7】 교정공법 개요도

아. 탄산화 보수공법

1) 탄산화 보수공법 선정

일반적으로 탄산화에 대한 보수기술로서는 마감재 등의 보호막에 의하여 탄산화 진행을 억제하려는 방법이 사용되고 있다.

이와 같은 방법으로 탄산화의 진행을 늦추어 철근의 부식 시점을 늦추는 것은 가능하나, 최근 대기 중의 이산화탄소 농도증가 경향 및 콘크리트의 배합 문제로 이전보다 탄산화의 진행속도가 빨라지고 있고, 이미 피복두께 부족에 의해 철근위치까지 탄산화가 진행되고 있는 경우도 많다. 따라서 보수공법의 선택시에는 구조물의 중요도, 형식, 환경조건 혹은 보수 후의 내용년수 등을 고려하고 공법이 그 성능을 충분하게 발휘할 수 있는가를 확인하여야 한다.

【표 I -6.23】 탄산화된 콘크리트의 보수방안

탄산화로 인한 보수필요시기		보수 방안
탄산화 깊이가 피복두께를 넘지 않은 경우	탄산화의 철근 도달기간 > 내구년한	보수 불필요
	탄산화의 철근 도달기간 < 내구년한	표면처리공법
철근까지 탄산화가 진행된 경우		탄산화 부위 제거후 철근에 방청재를 도포하고 탄산화를 억제하는 표면보호재료를 이용해 손상된 단면을 복원하는 보수공법 적용.

위의 표와 같이 구조물의 탄산화 진행속도가 빠르지 않아 충분한 내구성을 확보하였을 경우 보수를 수행하지 않으며, 진행속도가 예상속도보다 빨라 구조물의 수명 단축이 우려되는 경우 탄산화 속도, 주변 환경, 위치 등을 고려하여 보수·보강 공법을 적용한다. 특히, 탄산화깊이가 철근의 피복두께를 넘어선 일부구간에 대해서는 탄산화된 콘크리트를 제거한 후 철근에 방청재를 도포하는 보강공법을 적용하는 것이 바람직하다.

대책 및 보수 보강을 수행하는 경우 보수·보강의 기대효과가 명확하고 이를 위해 적용되는 공법 및 재료의 요구 성능이 명확히 결정되어야 한다. 탄산화로 인해 성능이 저하된 구조물에 대해 보수·보강을 실시할 경우 기대되는 효과는 다음과 같이 분류된다.

【표 I -6.24】 탄산화 보수 기대효과

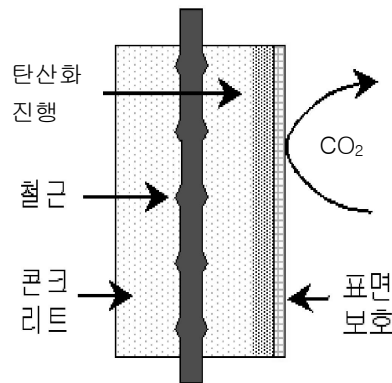
기대 효과	보수공법 예
탄산화의 진행 억제	· 표면처리, 균열주입
탄산화 깊이의 열화	· 단면회복(방청처리, 피복포함), 재알칼리화
철근부식 진행억제	· 표면처리, 전기방식, 단면수복, 재알칼리화, 방청처리
내하력 향상	· 동판·FRP 접착, 단면증설

2) 탄산화 표면처리공법(탄산화가 경미한 경우)

① 개 요

탄산화깊이가 피복두께를 넘지 않은 경우로서 철근까지의 탄산화 도달기간이 내구년한보다 작을 경우에는 콘크리트 표면으로부터 탄산화의 진행을 억제시키는 표면처리공법을 적용한다.

콘크리트 표면에 밀착되어 시공되는 마감재로서 기밀성, 수밀성을 가지는 것은 콘크리트의 탄산화를 억제할 뿐만 아니라 철근부식의 주원인이 되는 수분과 산소가 콘크리트 중으로 침투하는 것을 억제하기 때문에 콘크리트가 염분을 함유하는 경우의 대책으로서도 유효하다. 콘크리트 표면으로부터 침입하는 산소, 탄산가스, 수분, 염분 등을 방지할 목적으로 콘크리트 표면에 수지계의 도료를 바르거나 타일을 붙이거나 하는 것은 의미가 있다.



【그림 I -6.8】 탄산화 표면처리공법 (탄산화가 경미한 경우)

② 시공방법

표면도포방법을 분류하면 시트를 이용한 방법과 도막에 의한 방법으로 나누고 시트 방식 재료로서는 합성고무계, 염화비닐수지계, 고무 아스팔트계 등이 있고 도막 방식 재료로서는 합성고무계, 우레탄수지계, 에폭시수지계 등이 있다. 두 가지 방식 표면도포방법은 각각 다음과 같은 특징을 가진다.

시트를 이용한 방법은 적당한 자체의 신장능력이 있는 재료를 사용하면 콘크리트에 균열이 발생하더라도 방식층 자체의 균열을 막을 수 있다.

반면 구조물의 도막에 의한 방법도 장소를 선택하지 않고 큰 면적을 이음없이 한 번에 도포할 수 있는 이점이 있지만 온도와 습도에 의하여 시공성에 영향을 받을 뿐만 아니라 도막 성능도 다른 등의 결점이 있다. 이러한 수지재료에 대해서는 현재 개발 중인 것이 많으며 사용에 있어서는 내후성, 차수, 내알칼리성, 콘크리트와의 부착성, 균열 등에 대한 검토가 필요하다.

표면처리용 재료는 성분에 따라 무기질계와 유기질계로 분류할 수 있으며, 각각에 폴리머를 첨가한 복합형 재료도 있다.

- 함침재 : 규산나트륨
- 표면코팅 : 아크릴레이트, 스티렌아크릴레이트
- 모르터 표면피복 : 숯크리트, 폴리머 모르터

콘크리트의 탄산화 진행 억제를 위한 표면처리공법을 시공성, 경제성, 환경조건 등을 고려하여 다음 표와 같이 정리하였다.

【표 I -6.25】 탄산화 표면처리공법

공법 내용	사용 재료	개 요	장 점	단 점
아크릴수지 탄성보호 코팅제	수지계 재료	· 지방성 아크릴폴리머가 주성분인 탄력성의 보호 코팅제로 신장률, 복원력 및 자외선, 비 등에 대한 저항성이 우수하며 먼지 침착이 거의 없다.	· CO₂, Cl⁻, O₂, 물에 대한 방어력 우수 · 영하의 날씨에도 신장력과 복원력 유지 · 먼지 침착이 적음 · 수증기 투과성 · 자외선에 대한 저항성 우수	· 계면부식 발생 가능성 있음 · 흡수율이 크므로 습윤한 곳에서는 효과가 적다.
복합수지 코팅제	수지계 재료	· 콘크리트와 친화력 있는 알칼리성 도료로서 복합수지 코팅제이다. 세라믹과 수지의 상호 화학 반응 작용에 의해 구체 콘크리트와의 일체성 및 열신축성이 우수하다.	· 반영구적 접착성능 · 내염해성, 내알칼리성 우수 · 동결융해 저항성능 우수 · 작업성 우수 · 열신축성이 적음	· 핀홀, air pocket 발생 가능 · 주제와 경화제의 교반 불충분으로 불균일한 코팅 형성 가능
수용성 세라믹 코팅제	수지계 재료	· 무기질 규산실리카 제품으로 콘크리트 내부의 수분 및 잔존 물질들과 즉각적으로 반응하여 콜로이드 겔을 형성한다. 형성된 겔은 콘크리트 공극을 줄여 구체를 강화시키고 콘크리트의 불투수성을 증대시킨다.	· 콘크리트 내부 염화물제거 · 곰팡이 박테리아 발생방지 · 콘크리트 강도 증강 · 내부 철근부식 방지 · 수분침투, 가스방출 차단	· 핀홀, air pocket 발생 가능 · 경화전 누수 등으로 인한 피막 유실 우려 있음
침투성 폴리머 모르터	시멘트계 재료	· 시멘트 혼화용의 폴리머 디스퍼션을 혼입함으로서 불베어링 효과에 의해 시공시 유동성이 향상되며 시멘트 수화과정 중 조직중의 시멘트 수화물과 폴리머 필름과의 복합체 형성	· 조기강도 우수 · 프라이머 없이 접착성 우수 · 무수축성으로 균열발생 적음 · 콘크리트와 역학적거동 동일 · 내화학약품 저항성우수	· 에폭시계에 비해 접착성능 떨어짐

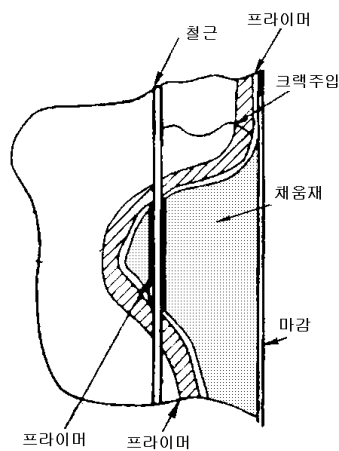
3) 탄산화 보수공법 (탄산화가 철근깊이까지 진행된 경우)

① 개 요

철근배근탐사 결과 피복두께가 국부적으로 설계피복두께 이하로 조사된 구간 및 탄산화 깊이가 피복두께를 넘어선 일부구간에 대해서는 탄산화된 콘크리트를 제거한 후 철근에 방청재를 도포하는 보강공법을 적용한다.

② 시공방법

탄산화 보수는 다음 그림과 같이 성능저하면 처리, 균열처리, 구체로의 함침처리, 프라이머 및 채움, 마감의 순서로 이루어진다.



【그림 1-6.9】 탄산화 보수 개념도

㉠ 성능저하면 처리

오래된 콘크리트의 표면은 오염되거나, 콘크리트의 용출과 탄산화에 의해 저항력이 약해지게 되는데 성능이 저하된 부분을 제거한다. 콘크리트의 들뜸이 있는 경우에는 들뜸을 제거하며 철근에 녹이 발생되고 있는 경우에는 철근을 그 안쪽까지 도려내어 녹을 완전히 제거한다. 녹을 제거한 철근은 코팅재에 의해 녹을 예방하는 처리를 실시한다.

㉡ 균열처리

균열에 대해서는 주입을 실시한다. 주입재료로는 고분자계와 시멘트계를 이용하고 있으나 고분자계는 미소한 균열까지 주입할 수 있고, 접착강도도 충분히 얻을 수 있는 반면, 열팽창률과 영계수가 콘크리트와 크게 다르다는 결점이 있다. 한편 시멘트계의 경우 물리적 성질은 콘크리트에 가깝지만 미소한 균열에 효과가 적고, 접착강도도 충분하지 않다는 결점이 있다. 현재 주된 주입재는 고분자계의 에폭시가 주류를 차지하고 있다.

주입은 균열부의 청소를 실시하고, 균열에 20~30cm 간격으로 드릴로 1~2cm 깊이의 구멍을 뚫어, 주입파이프를 접착한다. 균열을 폭 5cm 정도 붓입하고, 충분히 붓입이 경화될 때까지 양생한다. 파이프에서 주입재를 주입하고, 경화후 표면을 마무리한다.

㉔ 구체로의 함침처리

일반적으로 보수용 재료는 투수성이 낮은 것이 많고, 갑자기 오래된 구체상에 접촉하면 투수성이 접촉면에서 급격히 변화하기 때문에 박리되기 쉬운 단점을 가지고 있다. 한편 오래된 콘크리트는 콘크리트성분의 용출과 건조에 의해 미세한 공극이 발달하고, 투기·투수성이 크게되어 용액이 침투되기 쉬우므로 이 성질을 이용하여 탄산화된 콘크리트를 보수할 수 있다.

매우 미소한 입자로 형성된 침투성 프라이머 또는 균일한 액체인 규산알칼리류를 주입하게 되면 탄산화된 콘크리트의 pH회복에 도움이 된다. 그리고 콘크리트에 염분이 침투되어 있는 경우에는 알킬니트로에스테르 등을 함침시켜, 철근의 녹방지를 실시하는 것도 가능하다.

㉕ 프라이머, 채움

채움재와의 접착을 좋게 하기 위해 프라이머를 도포하고, 그 위에 채움재를 사용하여 채운다. 채움재는 여러 상품이 시판되고 있으나, 그 대다수는 폴리머계 시멘트이다. 채움재 위에 마감을 실시하여, 보수를 종료한다.

㉖ 마감

마감은 미관상 문제와 탄산가스와 물의 침입을 방지하고, 탄산화를 막는 목적으로 실시된다. 이를 위해서 적절한 표면도포제를 선정하고 도포작업시 오염, 균열, 등의 결함이 발생하지 않도록 관리하여야 한다.

6.4.4 공법 적용 시 고려사항

본 구조물은 고가구조물로써, 일반적인 구조물과는 달리 지하철의 운행이 정지되는 야간 또는 지하철 운행 중 주간 교통통제, 차량충돌의 위험성 등의 조건에서, 보수·보강이 이루어져야 하므로 많은 제약이 따르게 되므로 공법의 선정 및 시공시 다음사항을 고려하여 정밀시공을 실시하여야 한다.

【표 I -6.26】공법 적용 시 고려사항

항 목	고 려 사 항	비고
균열 보수	• 균열의 진행여부에 따라 시공방법을 달리 적용한다. • 균열주입에 사용되는 재료는 균열의 폭과 깊이에 따라 다르게 사용하여야 하며 시험시공을 실시하여 그 효과를 확인한다. • 주입간격은 벽체, 슬래브 하부, 바닥 등 보수위치에 따라 적절하게 배치한다. • 주입시공 시 적정온도를 유지한다. • 균열 주입구가 막히지 않도록 청결히 청소한다. • 주입재료는 품질을 확인하고 유효기간이 지난 재료는 사용하지 않는다.	
누수 보수	• 계절적 변동에 따른 누수량을 고려하여 공법을 선정한다. • 주입재료, 재료응결시간, 주입압, 주입간격, 주입량, 주입순서 등은 시험시공을 실시하여 최적의 방법을 선정한다. • 장기간의 방수 성능에 영향을 주는 요인인 건습방법횟수, 수압의 증가, 주입재의 초기건조수축, 주입재의 건조침출 등을 고려한다. • 매입유도 배수보다는 표면 유도배수공법을 적용한다.	
단면 복원	• 열화부위는 충분히 제거하여 건전한 콘크리트를 노출시킨다. • 제거 시 열화요인에 관련된 시험을 실시한다. • 철근의 녹제거시 철근의 전 주변에 대해서 실시한다. • 떨어진 형상은 박락을 방지하기 위해 될 수 있는 한 수직이상의 각도를 유지한다.	
기 타	• 전차선 구간의 작업으로 전기차단 이후 작업으로 감전재해를 예방한다. • 심야의 작업으로 작업능률 및 품질저하가 예상되므로 품질관련 교육 및 감독을 철저히 한다. • 일일작업 후에는 청소 및 정리정돈을 철저히 하여 열차운행에 지장을 주지 않도록 한다.	