



제 7 장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

7.2 보수 · 보강 공법

7.3 보수 · 보강 개략공사비

7.4 유지관리방안

제 7 장 보수 · 보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

현장조사를 통한 결함이나 손상에 대해서는 상태평가를 통해 보수의 필요 여부, 상태평가 및 안전성평가를 통한 보강 여부 등에 대한 분석을 통해 구조물의 내구성능 회복 또는 향상, 내하력 및 강성 등의 역학적인 성능 회복 혹은 향상시킬 필요가 있다. 따라서 보수·보강은 기 발생된 결함 및 손상의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수·보강 방법 및 수준을 결정하여야 한다.

7.1.1 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항

외관조사, 내구성조사 및 시험, 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.

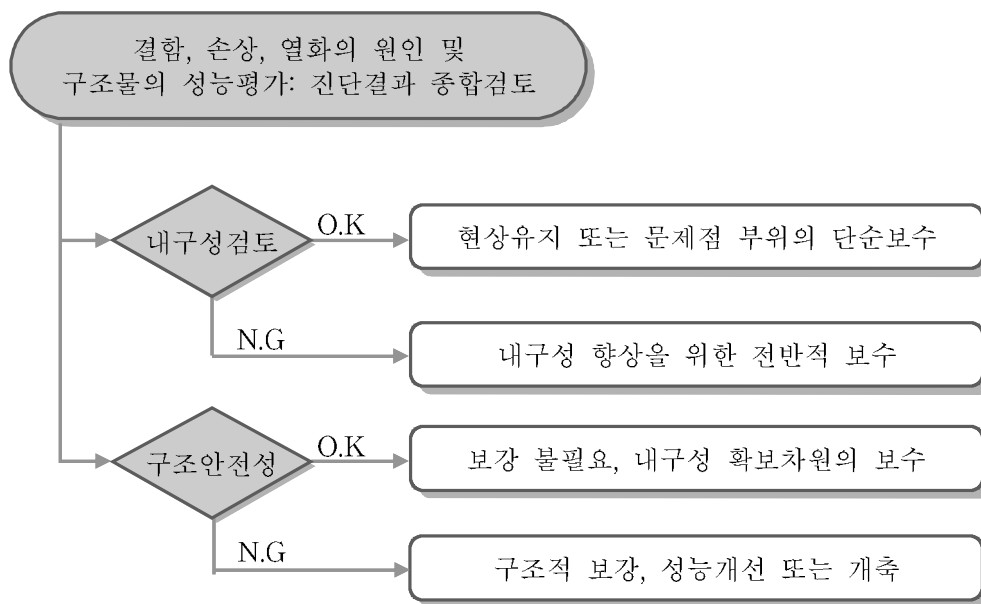
【표 7.1】 보수 · 보강 방안 수립에 따른 검토사항

검 토 항 목	검 토 내 용
보수 · 보강 필요성 판단	- 외관조사, 내구성조사 및 시험, 구조검토, 상태 및 안전성 평가 ⇒ 점검 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

7.1.2 보수 · 보강 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 결함 및 손상이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 각종 설계기준, 시방서, 지침(정밀안전진단 세부지침 등) 등을 참조한다.

보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 확보하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.



7.1.3 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 선정 시에는 구조물의 중요도, 형식, 기능, 환경조건 혹은 보수 후의 내용년수 등을 고려하고 공법이 그 성능을 충분하게 발휘할 수 있는지 확인하여야 한다.

(2) 보수·보강의 수준 결정

각종 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 결정한다.

- ① 현상유지
- ② 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- ③ 초기 수준이상으로 개선
- ④ 개축

7.1.4 보수재료의 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 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.

(3) 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.

(4) 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.

7.1.5 보수·보강 우선순위

(1) 보수·보강 우선순위 선정 기준

본 구조물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 시설물에서 발생한 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

- 보수보다는 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.
- 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

또한 단계별 평가에서 시설물에 대한 종합평가는 부재 및 시설물에 발생한 결함 및 손상의 심각성과 부재 및 시설물의 중요도가 반영되어 있으므로, 보수·보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가등급이 낮고, 중요도가 큰 부재 및 시설물 순서로 우선순위를 결정할 수 있다.

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

【표 7.2】 보수·보강 우선순위 선정 기준

구 분	순 위	내 용
단 기 대 책	1순위	• 보조부재에 발생한 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 ① 신축이음의 내구성확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 후타재 파손
중 기 대 책	2순위	• 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우 ① 교면포장 기능성 확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 미끄럼방지재 탈락, 노면경사 불량(A1 4차로구간) ② 거더의 기능성 회복 및 내구성확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 녹 발생, 도장박리, 배설물퇴적 - 내부출입문 재설치 ② 신축이음의 내구성확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 신축이음 덮개부식 • 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나 철근부식 가능성이 있는 손상 ① 방호벽의 철근부식 방지를 위한 성능회복 차원의 보수 - 철근노출, 박리, 박락 등의 단면손상 ③ 바닥판 하면의 철근부식 방지를 위한 성능회복 차원의 보수 - $Cw=0.3mm$이상 균열, 철근노출, 박리, 파손 등의 단면손상
장 기 대 책	3순위	• 기능발휘에는 지장이 없으나, 내구성 증진을 위해 연차보수가 필요한 경우 ① 교명주 기능성확보 차원의 보수 - 교명주 이격 ② 바닥판하면의 내구성 및 기능성 확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 균열, 백태, 망상균열 ③ 교대, 교각 기능성확보 차원의 보수 - 앞성토 보호블럭 파손, 실링재 노후

【표 7.2】 보수·보강 우선순위 선정 기준(계속)

구 분	순 위	내 용
장 기 대 책	3순위	④ 신축이음의 내구성확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 후타재 철근노출 ⑤ 배수시설 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - 배수구 길이부족
	4순위	• 발생한 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우 ① 교면포장의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - 아스콘 균열, 망상균열, 소성변형 ② 방호벽의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - $C_w=0.3\text{mm}$ 미만 균열, 굽힘 ③ 거더의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - 용접불량, 강재국부변형, 용접누락, 거더내부 실링재 마감불량 ④ 교대 및 교각의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - $C_w=0.3\text{mm}$ 미만 균열, 백태, 박리, 박락, 파손 들뜸, 재료분리, 망상균열 ⑤ 받침장치의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - 받침물탈균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만), 받침물탈 망상균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만) ⑥ 신축이음장치의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - 후타재 $C_w=0.3\text{mm}$ 미만 균열, 후타재 마모

(2) 주요 손상 보수·보강 우선순위

【표 7.3】 주요 손상 보수·보강 우선순위

주요 손상 조사결과		보수·보강 필요성 판단	보수·보강 수준	우선순위
교면포장	망상균열 및 라벨링	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	소성변형	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	아스콘 균열	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	포트홀, 파손, 긁힘	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
연석/난간	0.3mm미만 균열	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	0.3mm이상 균열	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	파손, 박락, 들뜸, 열화	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	철근노출	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	강재난간 변형 및 파손	• 유지관리	• 현상유지	3
	재료분리	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	텔리네이터 파손	• 유지관리	• 현상유지	3
바닥판 하 면	0.3mm미만 균열	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	2
	0.3mm이상 균열	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	균열부 백태	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	백태	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	철근노출	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	박락 및 파손	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	균열부 누수	• 유지관리	• 현상유지	3
거더 외부	부식 및 도장박리, 박락	• 유지관리	• 현상유지	3
	도장긁힘	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	2
	볼트부식	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
거더 내부	이물질퇴적	• 유지관리	• 현상유지	3
	부식	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	도장박리	• 유지관리	• 현상유지	3
	조명등 불량	• 유지관리	• 현상유지	3

【표 7.3】 주요 손상 보수·보강 우선순위 (계속)

주요 손상 조사결과		보수·보강 필요성 판단	보수·보강 수준	우선순위
교대/교각	0.3mm미만 균열	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	3
	0.3mm이상 균열	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	누수흔적	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	철근노출	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	망상균열	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	재료분리, 백태	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	블록 침하 및 파손	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	파손, 박리, 굽힘	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
받침장치	플레이트 부식	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	3
	볼트 부식	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	박락, 파손	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	0.3mm미만 균열	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	토사퇴적	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	재료분리	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
신축이음	후타재균열	• 사용성 확보를 위한 보수 필요	• 현상유지	3
	토사퇴적	• 유지관리	• 현상유지	3
	후타재 단차	• 유지관리	• 현상유지	3
	차수판 미설치	• 유지관리	• 현상유지	3
	차수판 길이부족	• 유지관리	• 현상유지	3
	후타재 들뜸 및 파손	• 사용성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	하부 볼트 이완	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	1
	후타재 재료분리	• 사용성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	하부 볼트 부식	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	1
	하부 베어링 이탈	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	1
배수시설	그레이팅 망실	• 유지관리	• 현상유지	3
	배수관 누수	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 기능회복	2

7.2 보수·보강 공법

7.2.1 균열보수공법

(1) 개요

금회 조사에서 구조물에 발생된 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. 내구성확보 측면에서 $C_w=0.3\text{mm}$ 이상 균열은 주입공법을 적용하여 보수를 실시하고 $C_w=0.3\text{mm}$ 미만 균열은 지속적인 관찰 후 균열의 폭 및 길이의 진행이 있을시 보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

(2) 균열보수공법 비교

【표 7.4】 균열보수공법 비교표

구분	건·습식 에폭시수지계	리폼 공법 (특허 0311054호)	균열누수보수공법 (신기술 507호)	고탄성 이액형 폴리우레탄 주입 공법(습식)	무색 에폭시수지계
개요도					
공법 개요	내부 균열까지 침투성이 큰 저점도 Epoxy수지를 가압 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 에폭시 주입공법임	비정질의 실리카를 이용한 콘크리트 구조체 강화 및 수성 아크릴, 에폭시, 폴리머를 이용한 방식보수, 보강 복합화 공법임	콘크리트 균열부위에 일액형 초미립 이소시아네이트 수지(에폭시+우레탄+아크릴+이소시아네이트)를 주입하여 기존 구조와 균열부를 복원하는 공법임	1차 차수용 발수제를 주입후 차수가된 다음에 1차 주입한 동일한 팩카를 통하여 고탄성 이액형 폴리우레탄 주입, 두 주입재가 반응하여 경화되면서 누수를 차단하는 공법임	1차 주입기의 압력에 의해 고압으로 주입되고 2차로 에폭시탱크의 잔류량이 보일의 법칙에 의해 저압으로 주입되므로 세밀한 균열의 보강액 주입이 가능한 공법임
특징	- 주입량 점검이 용이하고 균열 속 깊이까지 주입할 수 있음 - 건식, 습식, 수중 시공이 가능함 - 균열의 표면뿐만 아니라 내부균열 깊숙이 주입이 가능함 - 압력조절에 주의가 요망되며, 압력이 클 경우 균열이 확대되어 버릴 수 있음	- 시공성, 접착성 및 주입성이 우수함 - 균열부 콘크리트 내 철근방청 기능이 있음 - 미세균열에 대한 침투성 우수함 - 습윤부 및 수중부 시공 가능함 - 시공시 온도에 유이가 필요함	- 친수성 일액형 수지로 사용이 간편함 - 건조면, 습윤면, 유면 사용 가능함 - 자체압력 10kg/cm²로 균열 충전함 - 콘크리트와 물성이 거의 일치함 - 하자를 감소 및 시공성 우수함 - 수압 2.5kg/cm² 압력을 차단함 - 경화시간이 느림	- 수분없이 반응함 - 강도발현 200kg/cm² - 구조체가 Closed Cell화 되어 누수차단함 - 신축율 좋음(탄성적인 재료) - 무수축, 무변형, 무발포성 임 - 보수비가 비교적 고가임 - 장기 내구성이 떨어짐 - 균열폭이 큰 경우는 재균열의 발생소지가 있음	- 각각의 시공부위에 따라 슈퍼인젝터의 각도를 조절하면 완벽한 주입가능함 - 자체의 압력조절이 가능하여 상황에 따라 적당한 압력으로 주입 가능함 - 약품이 역류되지 않아 시공면이 오염되지 않음 - 시공이 매우 용이하며 시공비가 저렴함 - 사용년수 증가시 접착력이 떨어질 수 있음
시공 방법	(가) 표면처리 (나) V컷팅 (다) 격자천공 (라) 균열부 쉐링 (마) 저점도 에폭시주입 (바) 팩카제거→표면정리	(가) 콘크리트 표면처리/고압세척 (나) 주입팩카 설치 (다) 쉐링 (라) U&V-GL 주입 (마) 팩카제거 (바) 제거부위 단면복구	(가) 콘크리트 표면처리/고압세척 (나) 주입팩카 설치 (다) 쉐링 (라) MDI 수지주입 (마) 팩카제거 및 표면정리	(가) 표면처리 (나) 천공실시 (다) 팩카장착 (라) 1, 2차 주입재 주입 (마) 팩카제거 (바) 제거부위 단면복구	(가) 표면처리 (나) 에이건으로 먼지 제거 (다) 균열부 쉐링 (라) 고정재 부착 (마) 실린더 고정판에 부착 (바) 슈퍼인젝터를 실린더에 부착후 주입 (사) 고정대 제거후 마감

(3) 균열보수공법 선정 및 검사

① 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

균열 유형			적용공법	보수공법(재료)선정시 유의사항	비고
건식	균열폭	0.2mm 이하	유지관리	-	
습식	균열폭	0.2mm 이하	유지관리, 표면처리	-	

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.

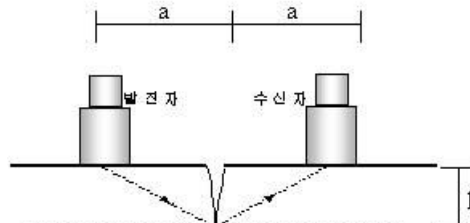
㉠ 작업전의 검사 항목

- 표면정리 및 균열 확인

㉡ 작업중의 검사 항목

- 주입량 체크 : 주입 보수 실시 전에 주입기에 있는 주입재의 양과 보수 완료 후 주입기 제거 전에 주입재의 양을 체크하여 주입 정도를 판단한다.

㉔ 작업 종료 후의 검사 항목

구 분	적 용 방 법
초음파시험	초음파법을 이용하여 T0-TC법으로 균열공극부의 주입여부를 확인한다. 이 방법은 균열이 보수 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 있을 때 접착재료의 침투 정도를 결정하기 위해서 사용된다. 충격음법에서 콘크리트 표면은 응력을 만들기 위해 작은 충격기로 기계적인 방법으로 충격을 준다. 응력과동이 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. 고려해야 할 사항으로는 구조물 유형(보, 슬래브, 벽체 등), 구조부재의 크기, 보수의 성격(구조적, 비구조적), 품질의 보증 정도 등이 있다.

(4) 시공개요도

① 주입공법

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

② 탄성 실링

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

(5) 균열 보수의 관리기준

① 균열 보수재료의 선정기준

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, 시멘트충전재, 팽창시멘트주입재 등)가 있다.

균열보수공법에는 일반적으로 표면처리공법, 주입공법, 충전공법, 기타의 공법이 있고, 공법에 따라 사용재료가 상이하게 된다. 균열보수에 사용되는 재료의 종류와 보수공법 사이의 관계는 【표 7.5】과 같다.

㉠ 균열 보수재료의 종류와 보수공법

【표 7.5】 균열보수재료의 종류와 보수공법

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

㉠ 균열 보수재료 특징

【표 7.6】 균열 보수재료의 특징

재료명	주요성분	특징 · 용도
에폭시수지계 균열주입재	에폭시수지	• 균열, 추종성 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 1mm~10mm
실런트계 충전재	우레탄수지	• 단일성분으로 작업성이 뛰어남 • 탄성계수가 작아 균열 추종성이 양호 • 구조물의 신축 줄눈부에 사용
폴리머 시멘트계 주입재	에폭시수지계 에밀전 미분말충전재 조강시멘트	• 균열 폭 5.0mm 이상에 적용 • 습윤면에 대하여 접착성이 우수 • 알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합

㉔ 무기계 균열 주입재의 품질기준

【표 7.7】 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)	긴조	{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

㉔ 수지계 주입재의 품질기준

【표 7.8】 에폭시수지계 균열 주입재 품질기준

구 분 항 목		일본 건설성 (콘크리트의 내구성향상기술개발) 한신고속도로 공단			JH시험연구소			일본수도 고속도로공단	일본콘크리트 공학협회(JCI) 균열지침	콘크리트 교량 가설 특수공법 설계 시공 유 지관리 지침 (건설교통부)	시험방법 (JIS,KS)
		1종	2종	3종	1종	2종	3종				
적용	종 류	1종 2종 3종			1종 2종 3종						
	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/mm ²) (kgf/cm ²)	표준	{60} 이상			{60} 이상						JIS A 6024 KS M 3015
	저온										
	습윤				{30} 이상						
	건습										
휨강도 (N/mm ²) (kgf/cm ²)								{400} 이상	{150} 이상	{400} 이상	JIS A 6024 KS M 3015
압축강도 (N/mm ²) (kgf/cm ²)								{700} 이상	{400} 이상	{600} 이상	JIS A 6911 (JIS A 6024) KS M 3015
인장강도 (N/mm ²) (kgf/cm ²)								{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 있 다고 확신할수 없음, C:진행중)						

【표 7.9】 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 7.10】 과 같고, 수지의 소요 점성도는 【표 7.11】 와 같으며, 시공 전에 검정시험(mock-up test)에 의해 품질과 시공성능이 확인되어야 한다.

【표 7.10】 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 7.11】 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

㉔ 표면처리재의 품질기준

【표 7.12】 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 ⁻² 이하 C : 10 ⁻³ 이하	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		

② 균열 보수의 품질관리

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 보수작업 반에게 전수한다.

㉡ 재료 품질관리

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

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> · 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 제조자 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.

7.2.2 표면처리 공법

(1) 개 요

콘크리트 구조물의 표면에 발생된 백태, 망상균열 등의 콘크리트 표면손상(열화)은 구조물의 미관을 저하시킬 뿐만 아니라 장기적으로 방치시 구조물의 내구성에도 영향을 미칠 수 있으므로 열화부를 제거 한 후 내구성 확보를 위한 보수를 시행하여야 한다.

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

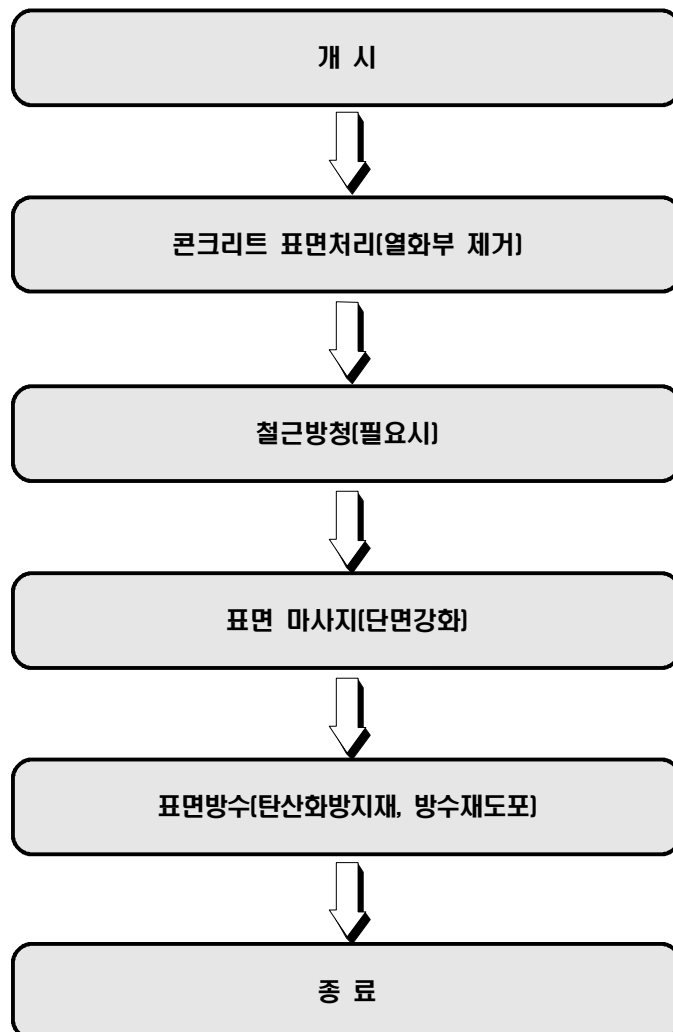
또한, 바닥판 하면에 발생된 폭 0.3mm미만의 균열에 대해서도 철근부식 등 내구성 저하가 우려되므로 표면처리 보수를 실시한다.

(2) 시공개요도

공법	표면처리공법
개 요	표면 열화 손상 위에 도막을 형성하여 내구성을 향상시키기 위해 균열부 또는 전면을 피복하는 공법
특 징	① 내충격성, 내마모성, 내약품성, 부착력, 통기성, 내화학적, 시공성, 유지보수성 등의 재료적 성질을 고려하여 현장여건에 맞는 재료를 선정할 수 있다. ② 시공이 간단하다. ③ 경제적이다.
시공도	(a) 정지균열 (b) 진행성균열
시공순서	①보수범위 확인 ②균열면 및 보수면 청소 ③프라이머 도포 ④에폭시수지 모르터 도포 ⑤표면마감 ※에폭시모르터 도포공법 경우

(3) 시공방법

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



【그림 7.1】 표면처리공법 시공순서도

(4) 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 발청억제재 + 급결시멘트(폴리머모르터)로 표면을 마사지 하며 단면을 복원한다.
- ⑥ 콘크리트 탄산화 방지, 방수를 위해 탄산화 방지 및 방수재를 2회 도포한다.
- ⑦ 작업장 주위를 깨끗하게 정리한다.

(5) 보수공법 비교

【표 7.13】 표면처리공법 비교

구 분	무기계 표면 도포재	EPOXY계 표면코팅	시멘트 페이스트
장점	· 표면 접착력이 강함 · 빠른 시간내 지수효과가 큼 · 경화 후 충격이나 내후성이 강함	· 시공이 간편 · 표면이 완전 건조상태에 있을 경우 보수효과가 큼	· 시공이 간편 · 공사비가 저렴
단점	· 5℃이하에서는 작업이 불가함	· 손상면에 습기 등 발생시 보수부 박리 발생	· 보강효과가 다른공법에 비하여 떨어짐 · 보수 후 재발가능성이 큼
시공 방법	· 백태, 누수흔적 부분을 치핑 · 고압 세척 · 코팅재 혼합 및 시공 · 마감 및 양생	· 백태, 누수흔적 부분을 치핑 · 표면을 고압세척 · 에폭시계 표면처리제를 도포 · 마감	· 백태, 누수흔적 부분을 치핑 · 표면을 고압세척 · 건조 후 시멘트 페이스트를 도포 · 마감

7.2.3 단면복구공법

(1) 개요

외관조사 결과, 피복두께 부족으로 인한 국부적인 철근노출, 박리, 박락 등이 발생된 상태로 향후 철근 부식에 따른 콘크리트 및 철근 단면손실 가능성이 있으므로, 내구성 확보를 위해 단면복구를 실시하여야 한다.

적용 공법은 경제성, 내구성, 유지관리 용이성 등을 고려하여 적절한 공법을 선정하여야 한다.

(2) 단면복구공법 보수범위 결정

① 바닥판하면

바닥판하면은 전반적으로 피복두께를 만족하고 있는 상태이므로, 국부적으로 발생된 박리, 파손에 대해서는 30mm의 단면복구가 적정하며, 국부적으로 발생된 캔틸레버 철근 피복두께 부족으로 인해 발생된 철근노출의 경우 철근방청후 30mm의 단면복구를 실시하여 내구성을 확보한다.

② 교대 및 교각

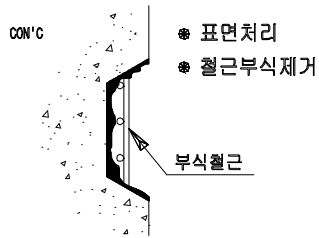
교대에 국부적으로 가외철근의 피복두께가 부족하여 발생된 손상에 대해서는 철근방청후 30mm의 단면복구를 실시한다.

③ 방호벽

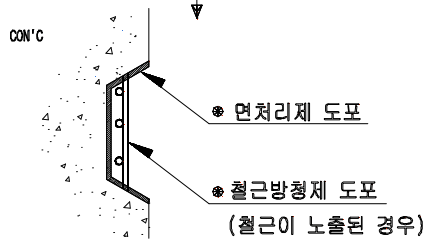
방호벽의 단면손상은 손상정도를 고려하여 보수부 재손상이 발생된 시점부 좌측 1개소는 철근까지 치핑 후 50mm의 단면복구가 적정하며, 나머지 2개소는 손상깊이가 얕아 30mm정도의 단면복구를 실시한다.

(3) 시공개요도

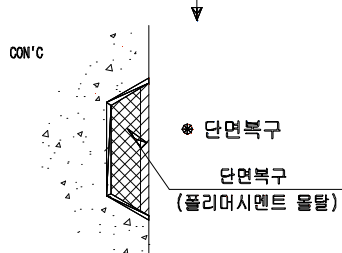
● STEP 1



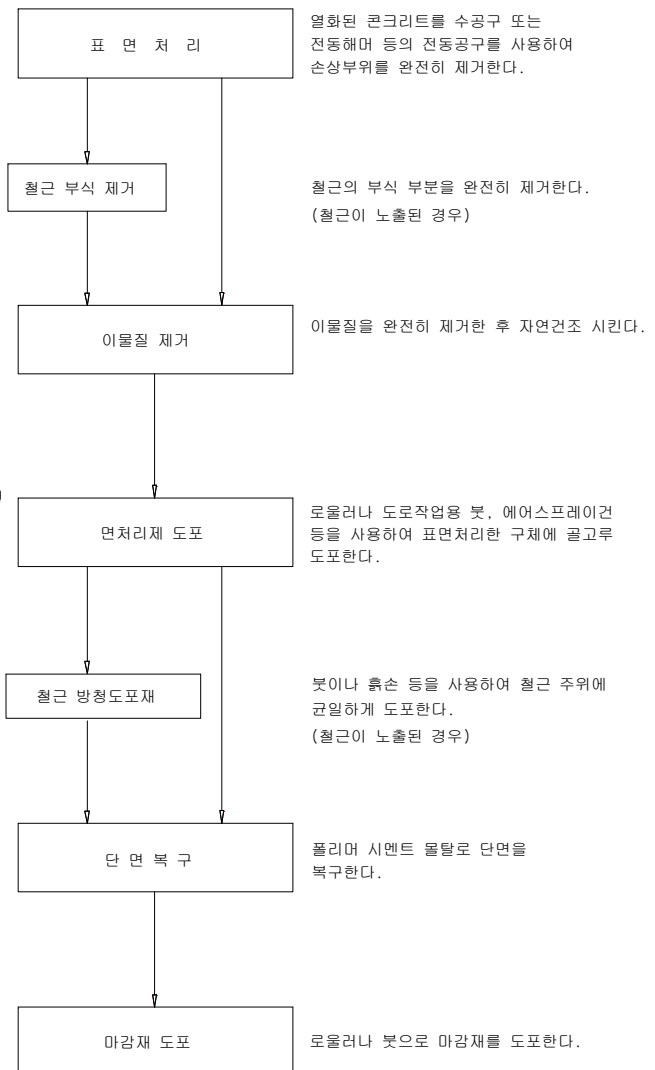
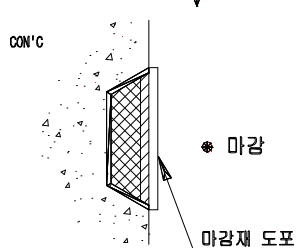
● STEP 2



● STEP 3



● STEP 4



(4) 공법 비교안

【표 7.14】단면복구공법 비교표

구 분		E.R.M 공법 (신기술 제 576호)	에코플래시 공법 (신기술 제 577호)	FCSM 공법 (신기술 제 522호)	COSREM 공법 (신기술 제 596호)
명 칭		친환경 모르타르와 급결제용 날개식 이중 분사장치 및 원추형 노즐로 구성된 스프 레이 장비를 이용한 콘크리트 구조물 급속 보수공법	접착보강편을 설치하고 미세분말 플라이애시 및 삼산화 규산칼슘 섬유가 혼입된 모르타르를 회전돌기형 믹싱샤프트건에 의해 건식분사하는 콘크리트 단면보수공법	PVA섬유복합모르타르와 전용믹서 및 이중추진방식의 스프레이건을 이용한 콘크리트구조물의 단면보수기술	경량 보수모르타르와 통기성 경량 복합 보강 판넬을 활용한 콘크리트 구조물의 보수보강 공법
개발자		(주)케어콘, 유림건설(주), (주)용마엔지니어링	리플래시기술(주)	원하중합건설(주)	매일중합건설(주), 효림이앤아이(주), (주)엠텍, (주)다음기술단
고시일자		2009년 4월 29일 (보호기간 : 5년)	2009년 4월 27일 (보호기간 : 5년)	2007년 2월 8일 (보호기간 : 8년)	2009년 12월 10일 (보호기간 : 5년)
업체명		(주)케어콘	리플래시기술(주)	원하중합건설(주)	(주)엠텍매일중합건설
개요도		1. 콘크리트 표면치핑 2. 고압물세척 3. 철근방청제 도포(RP) 4. 구체강화제 도포(CH) 5. 친환경 폴리머탈 붓칠(ERM450) 6. 표면코팅(SC)	1. 표면처리 2. 고압수 세정 3. ERH-PIN 설치 4. ERH-M 모르터 도포 5. ERH-WS 프라이م 도포 6. ERH-W 코트 도포	1. 콘크리트 표면처리/고압세척 2. 방청제 도포 3. 접착강화제 도포 4. 섬유복합 모르터 단면복구 5. 표면코팅제 도포	1. 콘크리트 치핑작업/고압수세정 2. 철근방청제 도포(COSREM-1R) 3. 경량보수모르타르 타설(COSREM-Lite) 4. 표면처리제 도포(COSREM-Coat)
시 공 도		① 치핑 → ② 고압물세척 → ③ 구체강화제 도포 → ④ 친환경 폴리머 모르타르 뿔칠 → ⑤ 표면코팅	①표면처리 → ②고압세척 → ③ERH-PIN 시공→ ④ ERH 모르타르 충전→ ⑤ERH 프라이م도포→⑥ERH 코트	①표면처리 → ②방청제도포 → ③접착강화제 도포→ ④ 섬유복합모르터 도포→ ⑤표면코팅	①콘크리트치핑→②고압세척→③철근방청제도포→④신구콘크리트접착제도포→⑤단면 보수재 타설→⑥표면처리제 도포
기술개요		슬래그, 실리카흙 및 건설폐기물인 순환골재를 활용하고, 타설 초기의 부착력을 확보하기 위해서 알카리프리 급결제를 사용하며, 초기강도의 감소현상을 저감시키기 위해서 알카리 무기염계를 이용한 친환경 모르타르를 사용하는 공법임. 또한, 압축공기가 유입되는 내부의 흠을 부채꼴의 나선형태로 특화한 원추형 노즐로 구성함으로써 일정한 압력으로 모르타르의 타설이 가능한 급속보수공법	보수단면에 삽입편과 사각의 메쉬형 접착보강구조물이 결합된 접착보강편을 설치한후, 미세분말 플라이애시 및 삼산화규산칼슘 섬유가 혼입된 모르타르를 타설하여 보수 콘크리트의 균열이나 들뜸을 억제하는 공법으로, 건식 압송장치로 모르타르 재료를 이송하고 노즐에서 압축공기와 물이 공급되는 회전돌기형 믹싱샤프트건으로 분사함으로써 이송거리를 증대시켜 재료분리 현상을 저감시킨 공법	고인성 PVA섬유의 3차원적 가교작용에 의해 몰탈에 균열저항성과 연성이 향상된 섬유복합몰탈을 이용한 콘크리트 구조물의 보수공법으로 섬유복합모르타르는 양생초기의 소성수축, 자기수축에 인성을 발휘하여 균열을 저감시키며, 건조수축과 기타 하중에 의한 균열 발생시에도 섬유의 가교작용으로 균열을 저감시키는 공법	페라이트계 경량골재, 나일론 보강 단섬유, 첨가제 등으로 구성된 경량 보수모르타르(COSREM-Lite)를 사용하여 기존 보수 모르타르 대비 단위 중량을 경량화하였으며, 통기성 구조를 지닌 경량 복합 보강 판넬 및 통기성 접착제를 사용함으로써 부착성능을 향상시키는 장기 내구성능 및 공용성의 확보가 가능한 콘크리트 구조물의 보수보강 공법
장 점		• 무기계 재료로 기존구체와의 일체화 • 급결제(필요시) 및 알칼리 무기염계 사용으로 초기부착 강도 확보 • 스프레이시 리바운드가 적다 • 산업부산물 사용으로 친환경적 • 내구성능 우수 • 1회 최대 300mm 시공으로 작업시간 단축(요구시)	• 화학적 부식에 저항성 및 탄산화 저항성 우수 • 내약품성 및 내화화성이 우수하며, 인체에 무해함 • 천연재료의 사용으로 기존 콘크리트와 물리적 성질이 유사하여 시공 후 재순상 발생가능 적음 • 물리적 접착 보강편을 통한 장기부착강도 확보 • 무기코트재료에 의한 표면피복(음용수 부위적합) • 리튬실리케이트를 이용한 내구성 회복 효과	• 내구연한 : 10년 이상 • PVA 섬유의 3차원 가교작용으로 균열억제 • 우수한 휨 강성과 연성으로 보강성능 발휘 • 건조수축 및 진동에 의한 균열에 강력한 저항성 • 구체와 역학적 거동이 동일하여 박리·박락 없음 • 내구성 5배 이상 우수, 구조물 Life Cycle을 연장 • 탄산화저항성, 내화화성, 내화성이 우수	• 경량 보수모르타르 사용으로 리바운드량 감소 • 통기성 접착제로 인해 초·장기 부착성능증진 • 경량복합 보강 판넬사용으로 거동일체성 • 균열 저항성 우수 • 장비 사용성 우수
실 적	활용 실적*	• 활용실적 : ₩577,643,000 (13건) - 가포교 보수공사 - 경남 창원시 외 12건	• 활용실적 : ₩2,106,024,000 (25건) - 교량 및 터널등 보수, 교량보수공사 - 서울지방조달청 양주시 외 24건	• 활용실적 : ₩24,285,279,000 (82건) - 지방도387호선 가양교등 7개교 보수공사 - 경기도도로사업소 외 81건	• 활용실적 : ₩81,625,000 (1건) - 교량유지보수(충등교) - 충청북도청
	자체 실적**	• 자체실적 : ₩7,289,110,146 (44건) • 하천구간 교량 보수공사건 (23건) - 동암4수로교 단면보수보강(한국농어촌공사 서산·태안지사) - 청원 내수교의 7개교 보수공사(충청북도도로관리사업소) - 회원천변 교량(8개소) 보수공사(경상남도 마산시) 등	• 자체실적 : ₩8,106,524,000 (66건) • 하천구간 교량 보수공사건 (13건) - 한강교량 일상유지 보수공사(동호대교 긴급보수) (서울시) - 영동대교의 2개소 보수보강공사(동부도로교통사업소) - 창원시 성산구 창원지천 5호교의 2개소 보수공사(경남 창원시 성산구) 등	• 자체실적 : ₩18,052,443,000 (64건) 2008년이후 • 하천구간 교량 보수공사건 (14건) - 잠실호수교의 1개소 보수공사(서울시 동부도로사업소) - 운하교 보수공사(김해시청) - 술곡교의 3개교 보수공사(경남도로관리사업소) 등	• 자체실적 : ₩6,306,578,000 (35건) • 하천구간 교량 보수공사건 (5건) - 호남고속철도 제1-1공구 오송 1교 보강공사(한국철도시설공단) - 성산대교 보수보강공사 (서울시) - 동호대교 보수보강 공사(서울시) 등
경 제 성		단면복구 (t=30mm) 190,972원/㎡ 철근방청 (t=30mm) 213,394원/㎡	단면복구 (t=30mm) 195,781원/㎡ 철근방청 (t=30mm) 221,991원/㎡	단면복구 (t=30mm) 207,464원/㎡ 철근방청 (t=30mm) 215,949원/㎡	단면복구 (t=30mm) 200,706원/㎡ 철근방청 (t=30mm) 218,206원/㎡
검 토 안		신기술보호기간이 2014년으로 종료되며, 산업폐기물에 친환경 경적 소재를 사용하며, 초기부착강도가 우수하고 전반적으로 하천횡단 교량에 대한 실적이 많은 공법으로 본 교량 구조물에 적합할 것으로 판단됨	건식압송장치로 이송거리가 길어 교량상부에서 모르타르 비빔 후 교량하부로 모르타르를 압송이 가능하여 분진발생이 나, 낙하로 인한 환경적 문제를 최소화할 수 있는 공법이며, 한강상 교량에 대한 보수실적도 있는 공법으로 본 교량 구조물에 적합할 것으로 판단됨	신기술보호기간이 충분히 남아 있는 상태로 휨강성 및 연성이 뛰어난 공법이며, 하천횡단 교량에 대한 실적이 비교적 많은 공법으로 본 교량 구조물에 적합할 것으로 판단됨	신기술보호기간이 2014년으로 종료되며, 2010년 이후의 실적 35건 중 하천상 교량에 대한 실적은 5건으로 확인되었으며, 한강상 교량에 대한 보수실적도 있는 공법이며, 전반적으로 교량의 보수재료 리바운드율이 낮은 공법으로 본 교량 구조물 공사에 적합할 것으로 판단됨

*활용실적 부분은 “한국건설신기술협회”, “한국건설교통기술평가원”에 등재된 건수에 대해 기입하였으며, 각 공법사별로 실적 등재시기와 관리시기에 따른 차이가 있음.

**자체실적 부분은 현재, 각 공법별 시공사에서 진행중이거나 공사완료된 공사건을 포함하였음.

7.2.4 도장보수

(1) 개 요

거더 도장에 대한 보수·보강이력을 검토한 결과, 준공('97년)이후 재도장 보수는 없는 것으로 확인 되었다.

시공당시 적용된 도장공법은 중방식 도장으로 하도(무기징크계도료 75 μ 1회), 중도(후막형에폭시도료 100 μ 1회), 상도(폴리우레탄계도료 40 μ 2회)로 시공되었으므로, 이를 참조하여 재도장 보수를 실시해야 할 것이다.

(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 재도장시에 도 3종에 의한 표면처리를 하는 것이 바람직하나 환경오염에 대한 철저한 준비가 가능하다면 1종이 바람직하다고 판단된다.

표면처리 후 검사자는 다음의 사항에 대하여 검사하여야 한다.

- 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 품질관리는 도막면의 상태, 은폐력, 작업성, 도료의 사용량 등에 따라 행하지만, 도장계에 따라서는 도장두께가 두껍게 되면 도막이 갈라질 염려가 있다.

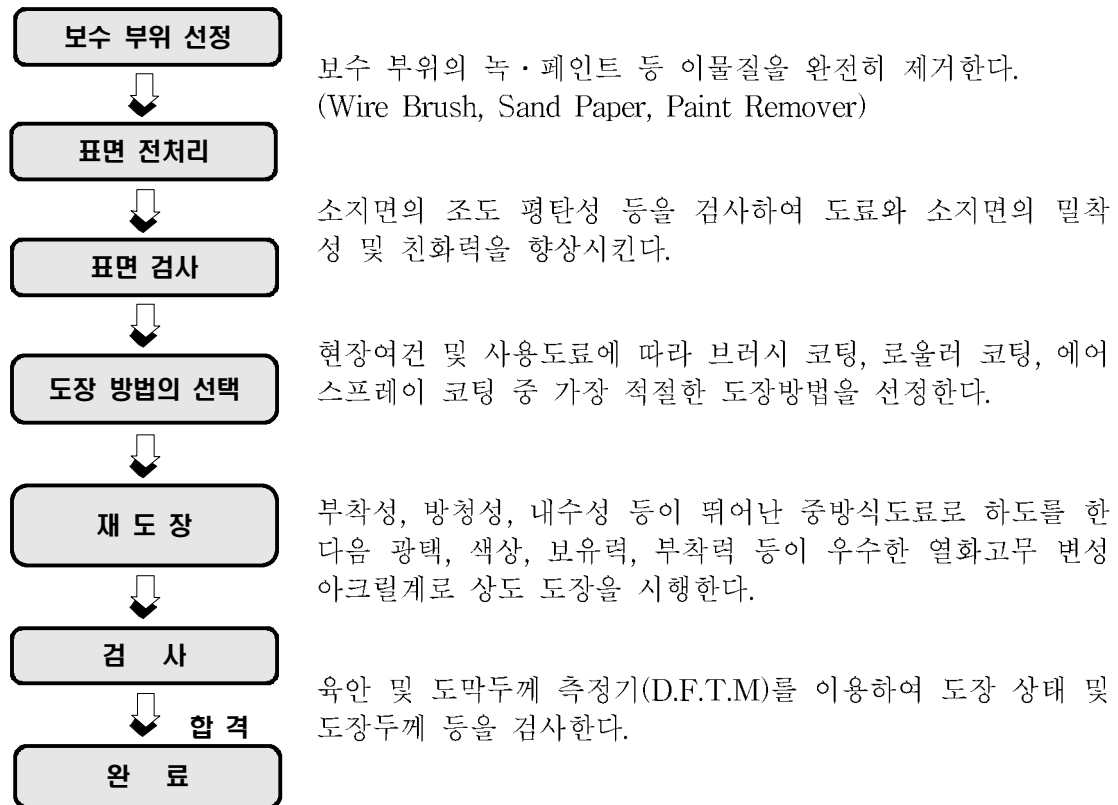
재도장 작업시 다음과 같은 기상조건에 유의하면서 실시하여야 한다.

- 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 계속적인 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.

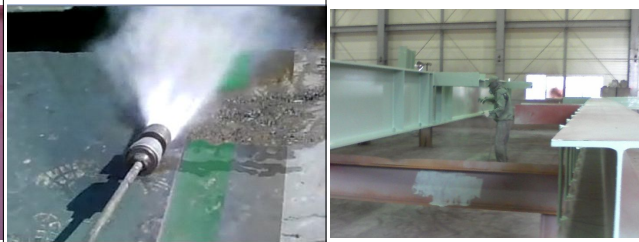
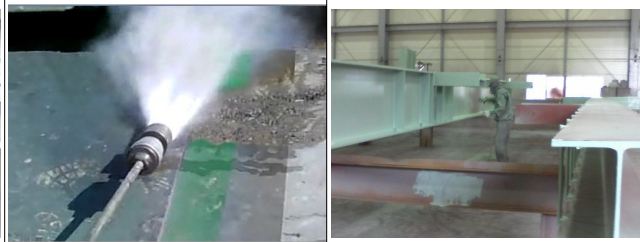
(5) 시공방법



(6) 공법비교안

① 강교 재도장 바탕처리

【표 7.15】 강교 재도장 바탕처리 공법 비교안

구 분	최근 시공방법		종래 시공방법				
	ECS (고주파) + 약품처리		샌드블라스팅 (Sand Blasting)		스틸블라스팅 (Steel Blasting)		Power tool (연마지)
개 요	고주파를 사용하여 기존도막을 제거하는 친환경 바탕처리 시공방법		모래와 콤프레샤를 사용하여 기존도막을 제거하는 바탕처리 시공방법		스틸과 콤프레샤를 사용하여 기존도막을 제거하는 바탕처리 시공방법		연마지와 핸드그라인더를 사용하여 기존도막을 제거하는 바탕처리 시공방법
개요도							
장 점	· 현장 재도장용으로 적합 (고주파를 사용) · 비산먼지 및 소음발생을 최소화한 친환경 방법 · 기존도장의 완벽한 제거가 가능 LCC(Life Cycle Cost)향상 · 제거된 도장재의 잔재 수거가 용이함 (제거된 잔재의 형태가 수거하기 용이한 비닐모양으로 발생함-상수원 등 수질 관리가 필요한 공간에서 작업이 용이함) · 분진막 설치면적 최소화 할 수 있음		· 신설 공장도장용으로 적합(밀폐공간 확보 필수) · 환경적 제약을 받지 않은 장소에서 적용이 타당함 · 강재면의 불규칙한 면을 조성, 페인트 접착력이 우수 · 기존도장 제거 후 바탕면 추가연마 불필요 · 연결 볼트 등 돌출면 별도의 바탕처리 불필요		· 신설 공장도장용으로 적합(밀폐공간 확보 필수) · 환경적 제약을 받지 않은 장소에서 적용이 타당함 · 강재면의 불규칙한 면을 조성, 페인트 접착력이 우수 · 기존도장 제거 후 바탕면 추가연마 불필요 · 연결 볼트 등 돌출면 별도의 바탕처리 불필요		· 부분도장에 적합 · 공기가 많이 소요되는 관계로 소규모 공사에 적합 · 작업도구나 장비마련이 용이
단 점	· 도막두께가 두꺼울 경우 2~3회의 반복작업 필요 · 볼트이음부 등에 대해서는 약품처리로 제거해야함 · 도장이 두꺼운 경우, 추가 비용 발생		· 잔재가 분말형태로 발생하여 비산먼지 및 소음발생 과다 (방진막으로 해결 어려움) · 도장 잔재와 샌드가 혼합되어 분리수거가 곤란하며 폐기물이 과다발생 · 추가시설 설치필요, 분진막 및 집진시설 등		· 잔재가 분말형태로 발생하여 비산먼지 및 소음발생 과다 (방진막으로 해결 어려움) · 도장 잔재와 스틸볼이 혼합되어 분리수거가 곤란하며 폐기물이 과다발생 · 추가시설 설치필요, 분진막 및 집진시설 등 · 스틸 사용으로 바탕면에 손상을 줄 수 있음		· 잔재가 분말형태로 발생하여 비산먼지 및 소음발생 과다 (방진막으로 해결 어려움) · 제거된 도장재의 수거가 어려움 · 추가시설 설치필요, 분진막 및 집진시설 등 · 기능공의 수련도에 의한 품질좌우가 매우 심함(파 임현상) · 공기가 많이 소요됨
시공방법	고주파 기기 셋팅→ 고주파 유도가열→ 기존도장 제거→ 바탕면다듬→ 잔재수거→ 도장		콤프레샤 기기 셋팅→ 에어와 샌드로 기존 도장면 Blasting→ 잔재수거→ 도장		콤프레샤 기기 셋팅→ 에어와 스틸볼로 기존 도장면 Blasting→ 잔재수거→ 도장		그라인더 기기 셋팅→ 연마지와 그라인더로 기존도장 제거→ 잔재수거→ 도장
경제성	직공비	29,955원/㎡ (B급 기준)	30,300원/㎡ (B급 기준)	20,200원/㎡ (C급 기준)	30,300원/㎡ (B급 기준)	20,200원/㎡ (C급 기준)	30,300원/㎡ (B급 기준)
	제경비 포함	45,445원/㎡ (B급 기준)	53,800원/㎡ (B급 기준)	35,800원/㎡ (C급 기준)	53,800원/㎡ (B급 기준)	35,800원/㎡ (C급 기준)	53,800원/㎡ (B급 기준)
	비계 및 분진막 추가	-	비계 및 분진막 10% 추가설치 - 비계 3만원의10%= 3,000원 - 분진막:5천원의10%= 500원 = 3,500 의 150% = 5,250원		비계 및 분진막 10% 추가설치 - 비계 3만원의10%= 3,000원 - 분진막:5천원의10%= 500원 = 3,500 의 150% = 5,250원		비계 및 분진막 10% 추가설치 - 비계 3만원의10%= 3,000원 - 분진막:5천원의10%= 500원 = 3,500 의 150% = 5,250원
	집진시설 추가	-	집진시설 50% 추가설치 (2개소→4개소) - 2개소× 150만원/개소= 300만원의 150% = 450만원 = 450만원 ÷ (16.8/폭× 50/경간= 약840㎡) = 5,357원		집진시설 50% 추가설치 (2개소→4개소) - 2개소× 150만원/개소= 300만원의 150% = 450만원 = 450만원 ÷ (16.8/폭× 50/경간= 약840㎡) = 5,357원		집진시설 50% 추가설치 (2개소→4개소) - 2개소× 150만원/개소= 300만원의 150% = 450만원 = 450만원 ÷ (16.8/폭× 50/경간= 약840㎡) = 5,357원
	소 계	45,445원/㎡	64,407원/㎡	46,407원/㎡	64,407원/㎡	46,407원/㎡	64,407원/㎡
검토의견	바탕면 도장재 제거는 비산먼지, 소음발생, 잔재수거, 상수원 수질오염방지 등 환경적 문제가 없는 방법으로 시공하는 것이 타당하다고 판단됨						

※ 경제성 검토 : VAT 포함, 본 제비율은 조달청 기준 『50억 미만공사』를 기준으로 함

※ 보수도장 (품셈요약) : A급 상태 매우불량 (재도장의 박락이 극히 심하고 요철로 부식이 심한 도막 및 강철 기타 부착물을 완전히 청탁하여 철판의 전면이 노출될 정도

B급 상태 불량 (재래도장의 박락이 심하고 부분적으로 부식되어 대부분의 도막 및 기타 부착물의 완전 제거를 요하는 정도

C급 상태 보통 (재래도장이 분출되어 있는 녹을 제거하고 기타는 와이어 브러쉬로 청소할 정도)

7.3 보수 · 보강 개략공사비

세종대교에 발생한 손상에 대하여 유지관리 및 보수 · 보강 대책을 정리하였다.

【표 7.16】 유지관리 대상 및 수량

구 분	손 상 현 황	단 위	손상물량	우선순위	비 고
교면포장	망상균열 및 라벨링	m ²	341.1	2	
	소성변형	m ²	163.8	2	
	아스콘 균열	m	33	2	
	포트홀, 파손, 긁힘	m ²	1.1	2	
연석/난간	0.3mm미만 균열	m	732.0	2	
	0.3mm이상 균열	m	56.1	1	
	파손, 박락, 들뜸, 열화	m ²	214.66	1	
	철근노출	m ²	0.35	1	
	강재난간 변형 및 파손	m	74.5	3	
	재료분리	m ²	8.81	2	
	텔리네이터 파손	개소	8	3	
바닥판 하 면	0.3mm미만 균열	m	260.7	2	
	0.3mm이상 균열	m	213.1	1	
	균열부 백태	m ²	0.27	2	
	백태	m ²	40.86	2	
	철근노출	m ²	0.45	1	
	박락 및 파손	m ²	0.24	1	
	균열부 누수	m ²	2.09	3	
거더 외부	부식 및 도장박리, 박락	m ²	10.8	3	
	도장긁힘	m ²	2.79	2	
	볼트부식	개소	212	2	
거더 내부	이물질퇴적	m ²	5.5	3	
	부식	m ²	5.84	2	
	도장박리	m ²	23.58	3	
	조명등 불량	EA	35	3	

【표 7.16】 유지관리 대상 및 수량 (계속)

구 분	손 상 현 황	단 위	손상물량	우선순위	비고
교대/교각	0.3mm미만 균열	m	128.5	3	
	0.3mm이상 균열	m	6.1	1	
	누수흔적	m ²	147.85	2	
	철근노출	m ²	1.02	1	
	망상균열	m ²	354.25	2	
	재료분리, 백태	m ²	23.53	2	
	블록 침하 및 파손	m ²	8	2	
	파손, 박리, 굽힘	m ²	2.19	1	
받침장치	플레이트 부식	EA	49	3	
	볼트 부식	EA	1	2	
	박락, 파손	m ²	3.37	2	
	0.3mm미만 균열	m	1.7	2	
	토사퇴적	m ²	2.0	2	
	재료분리	m ²	0.75	2	
신축이음	후타재 균열	m	80.8	3	
	토사퇴적	m	197.0	3	
	후타재 단차	m	0.1	3	
	차수판 미설치	개소	1	3	
	차수판 길이부족	개소	8	3	
	후타재 들뜸 및 파손	m ²	5.34	2	
	하부 볼트 이완	개소	2	1	
	후타재 재료분리	m ²	1.62	2	
	하부 볼트 부식	개소	85	1	
	하부 베어링 이탈	개소	8	1	
배수시설	그레이팅 망실	개소	83	3	
	배수관 누수	개소	3	2	

【표 7.17】 1순위 개략공사비 산정

구분	손상내용	단위	손상 수량	보수 물량	보수공법	단가 (천 원)	개략공사비 (천 원)
연석/난간	0.3mm이상균열	m	56.1	70.1	주입보수	47	3,296
바닥판하면	0.3mm이상균열	m	213.1	266.4	주입보수	47	12,520
	철근노출	m ²	0.5	0.6	단면보수(t=20)	212	119
	박락 및 파손	m ²	0.2	0.3	단면보수(t=20)	212	64
교대/교각	0.3mm이상균열	m	6.1	7.6	주입보수	47	358
	철근노출	m ²	1.0	1.3	단면보수(t=20)	212	270
	파손, 박리, 굽힘	m ²	2.2	2.7	단면보수(t=20)	212	580
신축이음	하부 볼트 이완	개소	2.0	2.5	신축이음 교체	식	937,250
	하부 볼트 부식, 본체 부식	개소	85.0	85.0			
	하부 베어링 이탈	개소	8.0	8.0			
순공사비			17,207				
부대공 (순공사비 10% 이상)			1,720				
제경비 (순공사비 50% 이상)			8,603				
총공사비 (순공사비+부대공+제경비)			964,780				

*주) 보수물량은 손상물량의 할증 25%적용 = 위험할증15%+유해할증10%

【표 7.18】 2순위 개략공사비 산정

구분	손상내용	단위	손상 수량	보수 물량	보수공법	단가 (천원)	개략공사비 (천원)
교면포장	망상균열 및 라벨링	m ²	341.1	106.6	아스콘실링	60	6,396
	소성변형	m ²	163.8	204.8	아스콘팻칭	60	12,285
	아스콘 균열	m	33.0	41.3	아스콘실링	60	2,475
	포트홀, 파손, 긁힘	m ²	1.1	1.4	아스콘팻칭	60	83
연석/난간	0.3mm미만 균열	m	732.0	228.8	표면처리	32	7,320
	파손, 박락, 들뜸, 열화	m ²	214.7	268.3	단면보수(t=20)	212	56,885
	철근노출	m ²	0.4	0.4	단면보수(t=20)	212	93
	재료분리	m ²	8.8	11.0	표면처리	32	352
바닥판하면	0.3mm미만 균열	m	260.7	81.5	표면처리	32	2,607
	균열부 백태	m ²	0.3	0.3	습식균열보수	67	23
	백태	m ²	40.9	51.1	표면처리	32	1,634
거더	도장 긁힘	m ²	2.8	3.5	재도장	77	269
	볼트부식	개소	212.0	212.0	재도장	77	16,324
	부식	m ²	5.8	7.3	재도장	77	562
교대/교각	누수흔적	m ²	147.9	184.8	표면처리	32	5,914
	망상균열	m ²	354.3	442.8	표면처리	32	14,170
	재료분리, 백태	m ²	23.5	29.4	표면처리	32	941
	블록 침하 및 파손	m ²	8.0	10.0	정비	식	7,000
받침장치	볼트 부식	EA	1.0	1.0	재도장	77	77
	박락, 파손	m ²	3.4	4.2	단면보수(t=20)	212	893
	0.3mm미만 균열	m	1.7	0.5	표면처리	32	17
	토사퇴적	m ²	2.0	2.5	정비	10	25
	재료분리	m ²	0.8	0.9	표면처리	32	30
	플레이트 부식	EA	49.0	49.0	재도장	77	3,773
신축이음	후타재 들뜸, 파손	m ²	5.3	6.7	단면보수(t=20)	212	1,415
	후타재 재료분리	m ²	1.6	2.0	표면처리	32	65
배수시설	배수관 누수	개소	3.0	3.0	정비	10	30
순공사비			141,865				
부대공 (순공사비 10% 이상)			14,186				
제경비 (순공사비 50% 이상)			70,933				
총공사비 (순공사비+부대공+제경비)			226,984				

*주) 보수물량은 손상물량의 할증 25%적용 = 위험할증15%+유해할증10%

- 균열(표면처리) = 손상물량 × 1.25 × 0.25

【표 7.19】 3순위 개략공사비 산정

구분	손상내용	단위	손상 수량	보수 수량	보수공법	단가 (천원)	개략공사비 (천원)
연석/난간	난간 변형, 파손	m	74.5	93.1	주의관찰	-	-
	텔레네이터 파손	개소	8.0	8.0	주의관찰	-	-
바닥판하면	균열부 누수	m ²	2.1	2.6	습식균열보수	67	175
거더	부식 도장박리	m ²	10.8	13.5	재도장	77	1,040
	이물질퇴적	m ²	5.5	6.9	청소	10	69
	도장박리	m ²	23.6	29.5	재도장	77	2,270
	조명등 불량	EA	35.0	35.0	정비	10	350
교대/교각	0.3mm미만균열	m	128.5	40.2	표면처리	32	1,285
신축이음	후타재 균열	m	80.8	101.0	주의관찰	-	-
	토사퇴적	m	197.0	246.3	주의관찰	-	-
	후타재 단차	m	0.1	0.1	주의관찰	-	-
	차수판 미설치	개소	1.0	1.0	주의관찰	-	-
	차수판 길이부족	개소	8.0	8.0	주의관찰	-	-
배수시설	그레이팅 망실	개소	83.0	83.0	주의관찰	-	-
순공사비			5,189				
부대공 (순공사비 10% 이상)			518				
제경비 (순공사비 50% 이상)			2,595				
총공사비 (순공사비+부대공+제경비)			8,302				

*주) 보수수량은 손상수량의 할증 25%적용 = 위험할증15%+유해할증10%

【표 7.20】 개략공사비 합계

◆ 개략공사비 합계

구 분	순공사비 (천원)	부대공 (천원)	제경비 (천원)	총공사비 (천원)
1순위	17,207	1,720	8,603	964,780
2순위	141,865	14,186	70,933	226,984
3순위	5,189	518	2,595	8,302
합 계	-	-	-	1,200,066

*주) 1순위 총공사비는 신축이음교체(식)을 포함.

7.4 유지관리방안

시설물의 유지관리란 공용기간 동안 시설물과 그에 따른 부대시설의 목적 및 기능을 보존하고, 이용자의 편익과 안전을 도모하기 위하여 정기적으로 시설물의 상태를 조사하고 발생한 손상에 대해 조치를 취하는 일련의 행위를 의미한다.

본 과업에서는 세종대교의 현 상태를 파악하고 손상 및 결함을 조기에 발견하여 적절한 조치를 취하고, 정밀안전진단 결과를 토대로 구조물에 대한 향후 유지관리방안을 제시하여 구조물의 기능과 안전을 지속적으로 유지할 수 있도록 하고자 한다.

7.4.1 유지관리 업무 및 흐름

유지관리를 효율적으로 하기 위해서는 아래의 항목 및 유지관리 흐름도에 따라서 업무를 수행하는 것이 바람직하다.

(1) 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 관련자료를 열거하면 다음과 같다.

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

(2) 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.

(3) 점검 및 진단

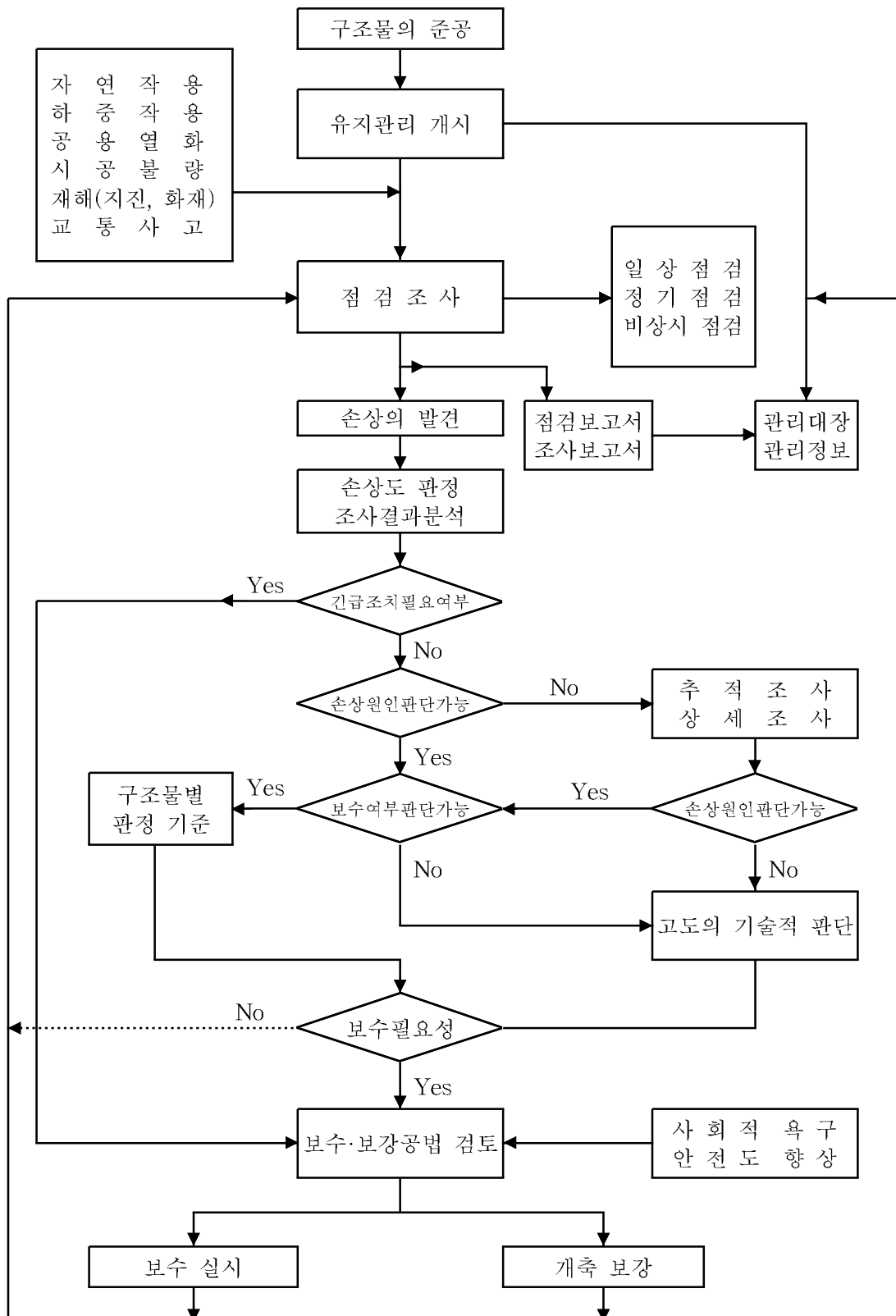
점검은 구조물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견함으로서 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위하여 점검이 필요하다.

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.

(4) 보수 및 보강

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 7.2】 유지관리 흐름도

7.4.2 점검주기 및 주요조사항목

본 시설물의 공용기간 중에는 다음의 점검주기마다 주요조사항목에 대한 지속적인 점검을 실시하여 시설물의 안전성과 내구성을 유지하여야 할 것으로 판단된다.

【표 7.21】 점검주기 및 주요조사항목

점검 종류	점검 주기	주 요 조 사 항 목	비고
정기점검	시설물의 준공일 또는 사용승인일로부터 반기에 1회이상 실시	· 박리, 균열, 박락, 사용하중, 누수 등에 관하여 전회 점검시와의 변형, 변위 발달상태 · 전회 진단 및 점검시 주요부재 손상에 대해 주의관찰로 제시된 손상(균열, 누수, 부식, 볼트 체결불량 등)	
정밀점검	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, 철근피복, 철근부식, 탄산화 등)	
긴급점검	필요시	· 손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수작업의 규모, 주요보조부재의 내하력, 사용제한 여부 등	
정밀안전 진단	A등급 : 6년에 1회 이상 B·C등급 : 5년에 1회 이상 D·E등급 : 4년에 1회 이상	· 구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 정기점검 상태로 부더의 변화 확인 · 구조해석 및 안정성 평가	

7.4.3 점검장비 운용

점검에 사용하는 점검장비는 일상적 휴대장비, 접근장비, 비파괴 점검장비로 구분되며, 각 점검장비에 대한 상세한 사용법은 해당 장비의 사용설명서 등 관련문헌을 참조하여 장비특성 및 시험법을 숙지하여야 한다. 점검 단계별 사용장비는 다음과 같다.

(1) 정기점검

일상적 휴대장비, 간단한 접근장비

(2) 초기점검

일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 간단한 비파괴 점검장비, 재하시험장비

(3) 정밀점검

일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 간단한 비파괴 점검장비

(4) 긴급점검

정밀점검과 동일한 수준으로 점검목적에 따라 선별, 시험장비에 의한 현장측정

(5) 정밀안전진단

일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 비파괴 점검장비, 정·동적 재하시험장비

【표 7.22】 점검장비 종류

구 분			점 검 장 비
휴대장비			망원경, 확대경, 손전등, 카메라, 필기도구(흑판, 분필, 매직펜) 줄자, 균열경, 교통규제 기구 등
접근장비			사다리, 점검차(굴절차), 점검보트, 수중카메라
시험 장비	콘크리트 손상 탐사 장비	콘크리트 강도측정	슈미트해머, 테스트 엔빌, 초음파탐사기, 코아 채취기
		콘크리트 균열 및 결함탐사	초음파탐사기, 균열경
		철근탐지	RC-Radar
		콘크리트열화도 탐사	탄산화시험
		염화물함유량 시험	재료시편에 대한 염화물함유량시험
	강재 손상 탐사 장비	표면균열탐지	자기입자탐사기, 초음파탐사기
		내부결함탐지	초음파탐사기
		용접부 결함	초음파탐사기
		피로균열탐사	자기입자탐사기, 초음파탐사기
		두께검사	초음파탐사기, 방사선 탐사기

7.4.4 정기점검 계획 및 주요점검 사항

- (1) 점 검 대 상 : 도보 및 점검로를 이용한 접근이 가능한 구간
- (2) 점검 책임자 : “건설기술관리법”에 따른 토목·건축 또는 안전관리(건설안전) 직무분야의 건설기술자중 초급기술자 이상
- (3) 점 검 시 기 : 년 2회 한기(1.10~1.30) 및 혹서기(7.20~8.10)기간은 신축이음 유간측정 실시
- (4) 점 검 수 준 : 도보에 의한 점검, 간단한 점검장비 지참
비교적 근접점검 (거더 및 바닥판 제외)
- (5) 구조부재별 점검표
- (6) 구조부재별 점검표

【표 7.23】 정기점검 구조부재별 점검표

구조부재	점 검 부 위		점 검 항 목
방호벽	▷철근 콘크리트		• 균열, 박리, 철근노출, 파손
신축이음	▷본체		• 누수, 오염, 유간 부족 및 과다 • 이상진동, 본체유동 및 파손
	▷후타재		• 균열, 파손, 전·후의 단차
배수시설	▷배수구	- Grating - 유입구	• 파손, 누락, 누수, 체수, 오염, 막힘
	▷배수관		• 파손, 배수관 길이 부족, 유출구 위치 부적절
교량받침	▷강재받침		• 부식, 변형, 균열, 파손 • 가동받침의 여유량부족 및 가동 장애요소 • 받침과 거더의 밀착상태, 앵커볼트 파손
	▷받침대		• 균열, 파손

【표 7.23】 정기점검 구조부재별 점검표 (계속)

구조부재	점 검 부 위	점 검 항 목
강박스거더 (Steel Box Girder)	▷공통	• 변형, 균열, 파손 • 표면(도장)상태 오염, 부식 • 박스내부 출입구 개폐 • 박스내부 바닥 물고임 및 부식
	▷연결부	• 볼트 이완, 파손, 이상음
바닥판	▷바닥판	• 균열, 박리, 철근노출, 파손, 백태, 오염, 재료분리
교대	▷공통	• 균열, 박리, 백태, 파손, 철근노출
	▷두부(Coping)	• 두부 물고임, 두부와 홍벽 경계부 균열 • 거더와 홍벽 신축유간 부족
	▷구체	• 구체와 날개벽 분리
	▷날개벽(옹벽 포함)	• 날개벽 이동, 전도
교각 및 기초	▷공통	• 균열, 박리, 철근노출, 파손
	▷두부	• 두부 물고임, 받침 하부 균열 및 파손
	▷구체	• 이동 또는 기울음

(7) 정기점검시 주요점검 및 착안사항

금회 점검 시 조사된 주요 손상은 보수가 필요한 상태이며, 향후 동일 손상이 재발생할 수 있으므로 다음 표에 명시된 위치 및 손상에 유의하며, 본 교량의 점검을 실시하여야 할 것이다.

또한 금회 진단시 주요부재에 발생한 손상 중 그 정도가 경미하여 주의관찰로 제시된 손상(용접불량 및 누락, 수평보강재 누락 등)에 대해서는 정기점검시 세심한 조사를 통해 손상의 진행성이 있는지의 여부를 확인해야 될 것이다.

【표 7.24】 정기점검시 주요 점검사항

구분		점검사항	비고
배수시설		▪ 배수구 막힘	
교면포장		▪ 아스콘 균열, 망상균열	
방호벽		▪ 균열(Cw=0.3mm미만) ▪ 균열(Cw=0.3mm이상) ▪ 열화	
신축이음장치		▪ 후타재균열(Cw=0.3mm미만) ▪ 누수	
교량받침		▪ 균열(Cw=0.3mm미만) ▪ 플레이트 부식	
거더	내부	▪ 강재 도장손상	
	외부	▪ 강재 도장손상	
교대, 교각		▪ 균열(Cw=0.3mm이상) ▪ 백태 ▪ 박리, 파손, 들뜸 ▪ 망상균열	

① 박스 내부 점검

St.Box구간의 거더 내부 접근방법은 A1, A2(도보)에 있는 출입구를 이용하여 내부 출입이 가능한 상태이며, 내부 출입 공간이 협소하여 출입시 주의가 필요하다.

거더 내부는 노숙자 거주, 유해가스, 부상 등 예기치 않은 안전사고가 발생할 우려가 있으므로 안전사고 시 빠른 대처를 위하여 2인 이상이 1조가 되어 점검하며, 강재 취약부에 대하여 중점 점검한다.

② 점검시기별 중점조사 사항

우리나라는 4계절이 뚜렷하여 계절별 온도차와 강우, 강설 등 매우 다른 양상이 전개되므로 해빙기, 우기, 동절기 등 시기별 취약부재에 대하여 사전점검을 통한 위험요소를 제거하는 수준의 점검이 필요하며, 각 시기별 주요점검사항을 표로 정리하였다.

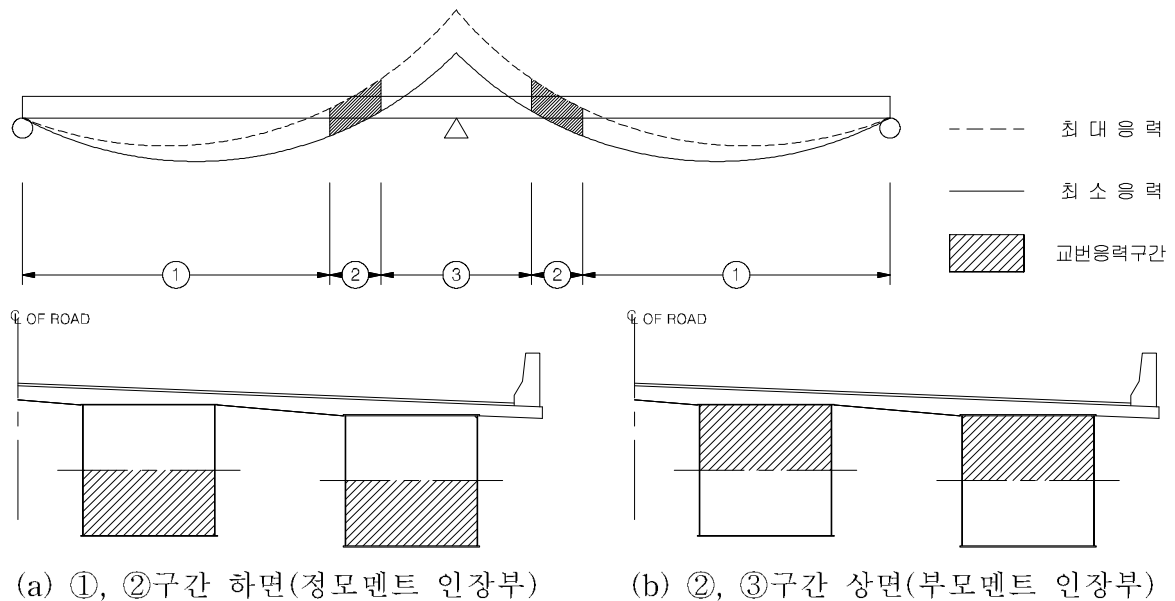
【표 7.25】 시기별 주요 점검사항

구분	점검사항	점검장비
해빙기	▪ 교대 앞성토 사면 지반침하여부 조사(앞성토 보호블럭 침하, 이완 용기 등) ▪ 옹벽사면 등 낙하물 제거(사면의 지반이 녹음으로 인하여 낙석우려가 있는 잡석, 콘크리트 덩어리 등 제거) ▪ 콘크리트 방호벽 등 동결융해에 의한 콘크리트 박리, 박락 여부조사 ▪ 교면포장 포트 홀, 요철 등 발생여부 조사와 동절기에 사용한 염화칼슘, 모래등 이물질 제거 및 청소	▪ 점검망치 ▪ 줄자 ▪ 사진기 ▪ 매모장
우기(하절기)	▪ 신축이음 및 받침장치 유간조사(동절기 조사결과와비교하여 가동여부 분석) ▪ 배수시설 조사(배수구 막힘, 이완, 탈락), 물고임 발생여부 조사 ▪ 지면과 접하는 배수구 주변 낙수에 의한 패임발생여부 및 설치상태조사, 앞성토 보호블럭 우수에 의한 손상여부 조사 ▪ 신축이음부 누수여부 조사 ▪ 교면포장 아스콘균열, 망상균열 등 조사(우기에 균열 틈으로 수분이 유입되어 포트 홀의 주요원인임) ▪ 하천구간 교각기초 세굴여부조사 ▪ 유수장애시설조사	▪ 점검망치 ▪ 줄자 ▪ 사진기 ▪ 매모장 ▪ 탐침봉
동절기	▪ 신축이음 및 받침장치 유간조사(하절기 조사결과와비교하여 가동여부 분석) ▪ 신축이음부 누수여부 조사 ▪ 교면포장 아스콘균열, 망상균열 등 조사(균열 틈으로 수분이 유입되어 포트 홀의 주요원인이며, 염화칼슘 포설로 바닥판 염화물 함유량 증가원인임) ▪ 고드름이나 얼음덩어리 등 낙하물 제거	▪ 점검망치 ▪ 줄자 ▪ 사진기 ▪ 매모장

7.4.5 강교(Steel Box Girder) 점검사항

(1) 주요 점검사항

본 교량의 강상형 형식은 하중경로에 여유가 없는 구조로서 붕괴유발부재에 해당되므로 특히 휨인장응력이 발생하는 용접상세부의 균열발생여부에 대하여 정밀한 점검이 필요하다.



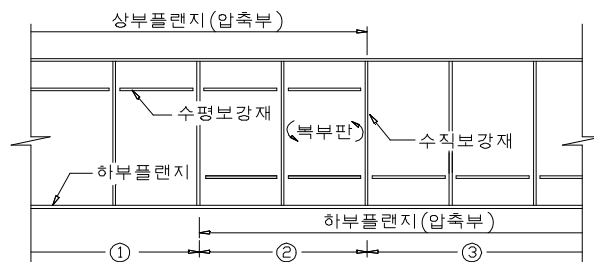
- 휨응력 발생부위(①구간 하면, ②구간 상·하면, ③구간 상면)

- 전체적인 종단선형의 급변부 등 조사
- 인장부의 하부플랜지 및 보강재 용접부위의 균열 및 손상
- 박스내부의 물고임에 의한 부식 및 단면손실
- 연속교의 경우 교각부의 상부플랜지 균열
- 비틀림으로 인한 격벽부의 손상점검

- 전단응력 발생부위(③구간 받침부 및 단부)

- 받침부 거더의 복부판 점검
- 거더의 끝부분 및 격벽과의 연결부
- 과하중으로 인한 복부판 좌굴변형

- 브레이싱 용접부 및 볼트연결부(①구간 하면, ②구간 상·하면, ③구간 상면)
 - 복부판과 브레이싱의 용접부 균열 및 변형
 - 하부플랜지 종방향 리브의 맞대기 용접부 균열
 - 복부판과 플랜지를 용접한 부위와 서로 교차되는 용접부
 - 볼트이음(splice)부 볼트이완
- 인장부와 압축부의 구별

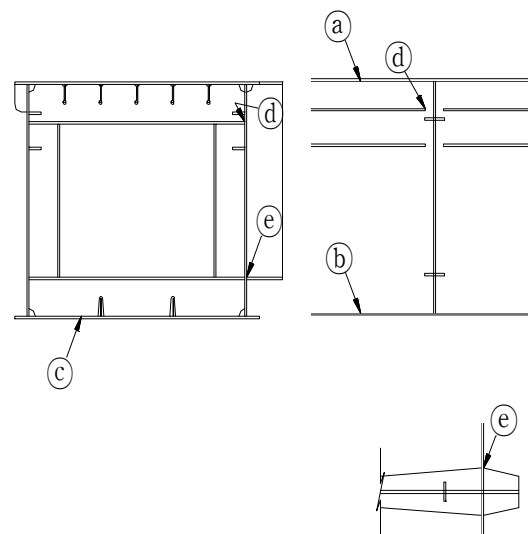


박스내부 점검시 연속교의 경우 어느 부분까지 점검했는지 혹은 인장부위가 어느 부분인지 헷갈릴 때, 복부에 붙어있는 수평보강재의 위치가 위에 있는지 혹은 아래위에 동시에 있는지, 아래에만 있는지를 확인하여 자신의 위치를 알 수 있다. 왜냐하면 보강재는 좌굴방지용으로 압축측에 설치하기 때문이다. 예를 들어 ①구역은 수평보강재가 위에 있으므로 상부플랜지는 압축, 하부플랜지는 인장구역으로 정모멘트 구간임을 알 수 있다.

① 피로취약부 주요점검부위

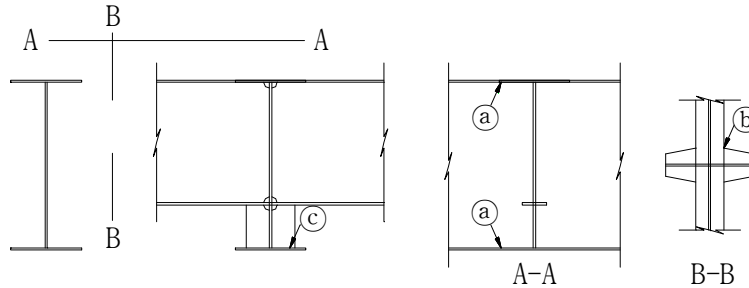
· 거더

- ①, ② 플랜지와 복부의 용접이음부
- ③ 격벽과 인장측 플랜지의 용접이음부
- ④ 수평보강재 용접끝부분
- ⑤ 가로보 연결 거셋판 용접끝부분



· 가로보

- ㉠ 플랜지와 복부의 용접이음부
- ㉡ 세로보 연결용 거셋판 용접끝부분
- ㉢ 수직보강재 용접끝부분



· 기타

- ㉠ 거더의 맞대기이음부
- ㉡ 전단연결재가 용접되어 있는 거더의 상부플랜지
- ㉢ 거더의 받침부 보강재 용접끝부분
- ㉣ 볼트이음부(splice)

② 피로취약부 중점점검부위

· 면외변형 발생부

- 가로보나 격벽이 연결된 복부판
- 격벽 연결 끝부위(상부플랜지와 복부판 필렛 용접부) 및 격벽이 연결된 복부판
- 가로보를 연결하고 있는 복부판에 용접된 수평 브레이싱 거셋판
- 가로보와 캔틸레버 브라켓(cantilever bracket)의 거더 연결부
- 용접손상부를 용접으로 보수한 부분

(용접손상부 또는 부재를 덧대어 보수한 부분은 용접열에 의한 잔류응력의 존재, 새로운 구속조건 등에 의해 피로균열과 같은 손상이 재차 발생할 우려가 높음)

· 상세도중 응력범주(A~F)가 낮은 부위

- 특히 응력범주 D급 이하 부위는 주의깊은 점검필요

(2) 피로강도등급(응력범주) 적용기준

반복응력을 받는 부재와 용접부는 재료의 극한응력보다 아주 낮은 응력을 받는 경우에도 균열이 발생하기 쉬우며 이러한 균열을 “피로균열”이라 하며, 피로균열이 발생하기 쉬운 정도는 반복되는 활하중 응력의 크기, 용접형태 등에 따라 다르다. 철도설계기준(철도교편)에서는 피로균열이 발생하기 쉬운 정도에 따라 구조상세 범주를 A~F(B', E')의 8가지로 구분하고 있다. 즉 상세 범주에서 A보다는 C가 C보다는 E인 경우가 피로균열이 발생하기 쉬운 구조이며 특히 D~E'까지의 범주에 해당하는 부분은 허용피로응력이 상대적으로 낮으므로 점검시 주의를 기울여야 한다.

허용피로 응력범위는 응력의 방향, 용접상세부의 형태에 따라 다르지만 일반적으로 피로균열은 용접의 상태가 조잡하거나 부재가 많이 첨가되어 있는 부위일수록 발생하기 쉬우므로 관통용접부, 복부의 보강재가 많이 부착된 부분 등을 피로취약부로 취급하여 상세한 점검을 실시하는 것이 바람직하다.

- 허용 피로응력 범위(붕괴유발부재인 경우, 200만회 미만)

상 세 범 주	A	B	B'	C	D	E	E' ⁱⁱ⁾	F
허용응력범위, * $f_{Rfat}(MPa)$	168	112	77	70 84 ⁱ⁾	56	42	28	49

* 응력범위는 최대응력과 최소응력의 대수차를 의미함

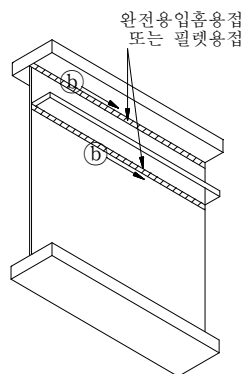
* L>30m 이상, 응력반복횟수 200만회 미만 (철도설계기준 2.3.2 참조)

* i) 복부판과 플랜지에의 수직보강재 용접부

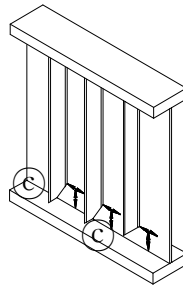
ii) 두께가 20mm 이상인 플랜지를 갖는 붕괴유발부재에는 국부보강용 용접덮개판을 사용해서는 안된다.

① 복부판과 플랜지의 필렛용접부(응력범주:B)

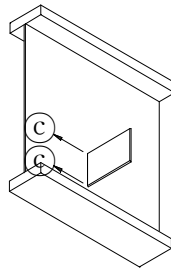
복부판과 수평보강재의 필렛용접부(응력범주:B)



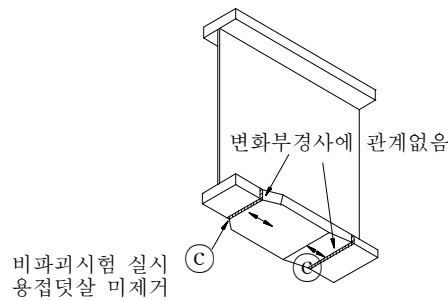
② 수직보강재의 용접단부 (응력범주: C)



③ 복부판에 부착된 수직거šet판의 용접단부 (응력범주: C)



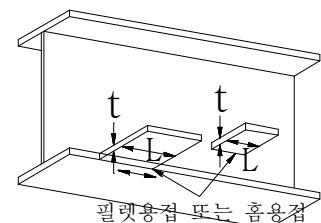
④ 맞대기 이음부, 용접덧살을 제거하지 않은 경우 (응력범주: C)



⑤ 필렛용접, 홈용접된 부착물

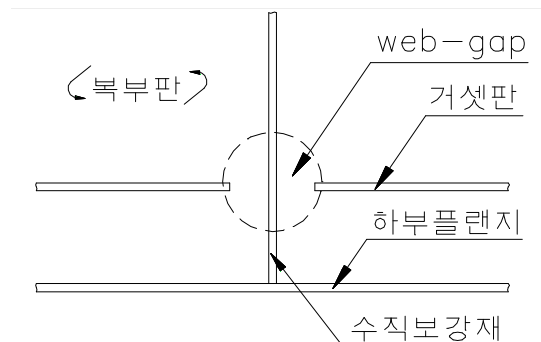
※변화부반경, R을 갖는 경우는 이음길이와 관계없이 R에 의해 응력범주가 결정됨

응력방향 용접길이 L(mm)	부착물두께 t(mm)	응력범주
$L \leq 50$	-	C
$50 < L \leq 100$ (단, $12t$ 이하)	-	D
$L > 12t$ 또는 $L > 100$	$t < 25$	E
	$t \geq 25$	E'



(3) 점검방법

- ① 전체적으로 선형이 급격하게 변화된 부분이 있는지 확인하며, 특히 처짐의 과다발생 여부에 대해 점검할 것
- ② 정모멘트 부위는 하면을, 부모멘트 부위는 상면의 용접부를 기준으로 하여 피로균열의 발생유무를 점검할 것
- ③ 강교는 균열이 발생하여도 도장으로 인해 육안점검을 통한 균열의 관찰이 어려우므로 도장의 들뜸, 부풀음, 산화물, 분말가루 및 이상음 발생 등의 징후에 유의하여 점검하고 도장 색깔이 변했거나 특히 블리딩(Bleeding)이 발생한 경우 균열 발생을 의심할 것
- ④ 균열은 경우에 따라 도장 표면에서 얇은 녹흔적으로 나타나므로 주변 도장을 조심스럽게 제거한 후 확대경을 사용하여 면밀하게 점검하고 특히 균열이 미세할 경우 불결하게 문질러 지워지지 않도록 하여야 하며 점검 후에도 균열상황을 재검토하기 위하여 균열부위는 청결하게 유지하여야 함
- ⑤ 정밀한 조사가 필요하면 와이어 브러시(wire brush), 그라인딩(grinding), 샌드 블라스팅(sand blasting) 등으로 페인트를 제거하고 조사해야 함
- ⑥ 복부판에 수평 거셋판이 용접된 부분(web-gap)은 피로등급이 낮은 부분으로서 정밀한 조사가 필요하며 균열발생 및 범위가 육안으로 확인되지 않은 경우에 염료침투검사도 병행하여 점검할 것



- ⑦ 스칼럽(scallop) 부분 등 육안으로 점검이 어려운 부분은 점검용 거울을 사용하여 점검할 것
- ⑧ 피로균열은 주로 주부재 보다는 보강재나 2차부재의 거셋판 등에서 발생하므로 어느 부위에 어떤 형태의 피로균열이 많이 발생하는지 미리 파악해 두는 것도 중요함
- ⑨ 볼트체결부의 점검은 망치로 타격하는 방법을 사용하며 망치사용 방법은 좌측 검지를 너트에 대고 우측손에 망치를 들고 너트를 타격하여 진동이 발생하면 덜 조여진 상태로 판단함
- ⑩ 배수구 주변, 신축이음부 하면의 외측거더 등은 부식에 취약한 부위이므로 도막탈락 및 단면손실 등의 부식 상황을 점검할 것
- ⑪ 균열은 밝은 날 낮 추운 날씨에 더 잘보이며 대부분의 교량은 좌우 대칭이므로 균열이 발생한 곳과 동일한 조건의 다른 부위에도 균열발생여부를 주의하여 살펴볼 것
- ⑫ 동일한 형식이 계속 반복되는 경우가 많아 따분하고 지루하지만 끝까지 처음의 자세를 흐트러지지 않는 점검자세 유지가 중요함
- ⑬ 박스내부 점검시 내부전등이 설치된 경우라도 상세한 점검을 위하여 손전등을 준비하여야 하며 이때 예비 배터리를 휴대할 것

7.4.6 주요 유지관리사항

(1) 신축이음 중점 점검사항

세종대교의 신축이음의 하부 베어링 이탈 및 볼트 부식, 누수에 대한 손상은 손상의 재발생을 지속적으로 확인하여야 한다.

구분	손상 물량 (개소)	유지관리방안
하부 베어링 이탈	8	진전 여부 확인
하부 볼트 부식	85	

※ 각 손상의 상세위치는 외관조사망도에 수록

금회 점검에서는 상기에 표기된 신축이음 하부 베어링 이탈, 볼트 부식, 누수에 대해 외관조사망도를 작성하여 부록에 수록하였으며, 향후 이를 토대로 정기점검 및 정밀점검 시 손상의 진행 여부를 확인해야 할 것으로 판단된다.



【그림 7.3】 신축이음 손상현황

(2) 바닥판하면 중점 점검사항

외관조사시 손상부위에 주의관찰 할 수 있도록 점검년도 및 손상현황을 분필으로 표기 하였으며, 균열 현황은 다음과 같다.

구분	손상 물량 (m)	유지관리방안
0.3mm미만 균열	260.7	진전 여부 확인
0.3mm이상 균열	213.1	

※ 각 손상의 상세위치는 외관조사망도에 수록

금회 점검에서는 상기에 표기된 바닥판하면 균열에 대해 외관조사망도를 작성하여 부록에 수록하였으며, 향후 이를 토대로 정기점검 및 정밀점검시 손상의 진행 여부를 확인해야 할 것으로 판단된다.



【그림 7.4】 바닥판하면 손상현황