

제8장 보수·보강 및 유지관리방안

8.1 개 요

8.2 보수·보강 방법

8.3 손상현황 및 보수공법

8.4 유지관리방안

제8장 보수·보강 및 유지관리방안

8.1 개 요

본 과업대상 교량인 연인교는 경기도 여주시 상동~천송동에 위치하여 남한강을 횡단하는 지방도 345호선상의 「여주대교」와 나란한 보도교로서, 구조형식은 Steel Plate 및 RC BOX Girder로 총연장 500.0m(20+6@40+12@20=500.0m), 교폭 9.4m, 설계하중 DB(DL)-18로 설계되어 1964년에 준공된 교량이다.

준공 후 도로교(구 여주교, 보·차도 공용)로 사용되었으나 인접한 「여주대교(자동차 전용교량)」가 1996년 09월 준공·개통됨에 따라 「보도교」로 용도가 변경되어 현재까지 사용 중이다.

외관조사와 더불어 재료시험 및 측정, 현장재하시험, 안전성검토를 수행한 결과, 주부재의 재료적 건전성 및 설계하중(DB-18) 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었고 일부에서 시공초기 및 공용 중 발생 가능한 손상들이 조사되었으며, 주요 내용은 다음과 같다.

- ▷ 교량상면 열화 및 골재노출, 균열 등
- ▷ 배수시설 막힘, 난간 파손 및 철근노출 등
- ▷ 바닥판하면 균열, 재료분리, 망상균열, 균열·백태, 파손 및 철근노출, 박리, 박락 등
- ▷ RC BOX Girder 균열, 재료분리, 균열·백태, 박리, 박락 등
- ▷ 「강판보강부」 들뜸, 도장박리, 점부식 등
- ▷ 강재 거더 및 2차 부재 도장박리 및 부식, 리벳폴림 및 탈락, 전반적 점부식 등
- ▷ 교대 및 교각 균열, 균열·백태, 박리, 파손, 백태, 재료분리, 열화·침식 및 골재노출, 기초부 덧댐판부식, 호안블록 침하 및 유실 등
- ▷ 신축이음 부식, 일부 파손, 유간 토사퇴적 등
- ▷ 교량받침 볼트 부식, 롤러덮개 파손 등

본 장에서는 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고, 그 결과를 토대로 교량의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강방안 및 시설물의 효율적인 유지관리방안을 제안하고자 한다.

【표 8.1】 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항

검토순서	검 토 내 용
기존 자료분석	○ 기존 점검 및 진단자료, 설계도서 등 분석
보수·보강 이력 검토	○ 사용기간 중 시설물의 보수·보강 이력 검토
보수·보강의 범위 선정	○ 손상규모에 따른 보수여부 결정 ○ 시설물의 사용연한을 고려한 보수·보강 범위 산정
보수·보강 공법의 선정	○ 시설물의 기능과 형식, 주변 환경 등을 고려한 공법 선정 ○ 공사의 시공성 및 경제성을 고려한 공법 결정
보수 재료의 선정	○ 기존 재료와 물성이 같은 보수재 선택 ○ 시설물의 종류 및 환경조건, 사용연한을 고려한 보수재 선택
보수 시기의 결정	○ 구조적인 안전성 및 내구성, 사용성, 결함 및 열화의 중요도에 따른 우선순위 부여

시설물에 대한 보수·보강은 제 기능을 유지하고 있으면서 부분적으로 발생된 결함 및 손상 등 시설물의 기능 저하 원인을 제거하고, 보편적으로 그 성능을 원만히 유지하기 위해 실시하는 것이다. 이러한 보수·보강의 기본방향은 장기적으로 설계 내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있으며, 1) 결함 및 손상에 대한 내하력 확보차원의 보수·보강방안, 2) 콘크리트 및 철근에 대한 내구성 확보차원의 보수, 3) 외관상태의 결함에 대한 보수 또는 시설물 유지관리차원의 보수에 대한 방법을 제시하는데 있다.

【표 8.2】 보수·보강 우선순위 결정 기준

구 분	순 위	기 준 내 용
단 기	1순위	○ 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 “대통령이 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 중성화에 따른 내력손실 ○ 주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우
중 기	2순위	○ 보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 ○ 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나 철근부식 가능성이 있는 손상
장 기	3순위	○ 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성 및 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우 ○ 발생된 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우

주). 우선순위 제외 대상 : 유지관리 및 주의관찰 대상

상기 【표 8.2】은 교량에 발생된 주요 결함(Defect) 및 손상(Damage) 중에서 보수·보강 대상 부위에 대하여는 가능한 한 조속한 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나 동시에 전체 손상에 대한 보수·보강을 실시하는 것은 비경제적이므로, 경제적이고 효율적인 보수·보강을 위해 조사된 결함 및 손상이 시설물의 안전성에 미치는 영향 정도를 고려하여 손상별로 구분하고 보수·보강 우선순위를 부여한 것이다.

8.2 보수·보강 방법

8.2.1 일반적인 보수·보강의 종류

【표 8.3】 일반적인 보수·보강 종류

손상부위	공 법 명	적 용 개 요	비 고
교면포장	아스팔트 표면처리공법	부분적 결함 다수 발생시	
	아스팔트 팻칭공법	작은 면적 손상	
	아스팔트 절삭공법	요철 대책	
	절삭 후 덧씌우기공법	균열, 소성변형 대책	
	아스팔트 오버레이공법	파손상태 심한 경우	
	시멘트콘크리트 표면처리공법	국부적 균열 등	
	시멘트콘크리트 팻칭공법	작은 면적 손상	
	시멘트콘크리트 오버레이공법	균열, 파손 대책	
배수시설	배수시설의 보수	부분 보수	
	배수시설의 교체	교체	
난 간	난간의 보수	부분 보수	
	난간의 보강	부분 보강	
	난간의 교체	교체	
바닥판 균열, 백태	수지주입공법	균열 보수	
	F.R.P 접착공법	내하력 증대	
	철근방청공법	철근부식 방지	
	교량방수공법	누수 방지	
	강판접착공법	내하력 증대	
	세로보 증설공법	내하력 증대	
	상판증후공법	내하력 증대	
	R.C상판의 재시공 공법	일부 또는 전체 재시공	

【표 8.3】 일반적인 보수·보강 종류(계속)

손상부위	공 법 명	적 용 개 요	비 고
거 더	에폭시계수지 주입공법	균열 보수	
	퍼티(Putty) 공법	콘크리트 표면박리, 열화 등	
	강판접착공법	인장축 활하중에 대한 내하력 증가	
	빔 or 기둥 증설	지간을 줄여 내하력 증가	
	콘크리트 or 강재를 이용한 단면증설	기존단면과 합성시켜 내하력 증가	
	Out-cable	PC강선을 이용한 응력 감소 및 균열을 축소시키는 동시에, 내하력 증대	
	중형증설 및 횡형보강공법	교량의 진동이 심한 경우나 거더 자체의 보강이 곤란한 경우 보강효과	
신축이음	신축장치의 비배수화공법	누수방지	
	유간이상의 보수공법	유간확보	
	신축장치의 청소	토사, 이물질 제거	
	앵커볼트, 앵커재의 재체결	앵커볼트의 느슨함으로 인한 소음제거	
	교체 보수공법	교체	
	Joint단부의 보강공사	균열, 파손, 탈락에 대한 보강	
교량받침	교량받침 보수공법	보수	
	받침모르타르의 보수공법	받침부 균열 보수	
	받침콘크리트의 보강 및 확폭 공법	받침부 보강	
	교량받침의 교체	교체	
교대 및 교각	그라우트주입공법	균열 대책	
	모르타르충전공법	단면 보수	
	R.C 보강공법	균열 대책	
	프리스트레스 도입공법	내하력 증대	
	강판보강공법	내하력 증대	
	아라미드 or 탄소섬유보강공법	내하력 증대	
	토류벽 및 콘크리트충전공법	세굴 대책	
	블록보강공법	세굴 대책	
	지반개량공법	지반의 침식 대책	
	방식보강공법	부식 대책	
	폴리머피복공법	말뚝의 손상 보수	
	기초보강 및 말뚝설공법	기초침식 및 말뚝손상 대책	

8.2.2 주요 결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법

가. 표면보수공법(폭 0.3mm미만 균열 및 표면열화 보수)

콘크리트의 염해 및 알칼리골재반응, 화학작용, 동결융해작용을 완화 또는 정지시키기 위해서 콘크리트 표면에 표면코팅을 실시한다. 콘크리트 표면코팅의 역사는 대단히 짧기 때문에 재료의 내구성 및 유지방법 등이 충분히 밝혀져 있지 않은 점이 많으나, 표면코팅 방법을 대체할 수 있는 방법이 아직 없기 때문에 앞으로도 표면코팅의 사용은 증가할 것이다.

콘크리트 표면코팅에 요구되는 기능으로는 다음과 같은 사항이 있다.

▷ 콘크리트의 충분한 접착력(예, 기포콘크리트 인장강도 이상)을 갖는 것

▷ 콘크리트 균열의 추종성이 좋은 것

▷ 목적으로 하는 환경작용의 정지 또는 완화성능이 있는 것

(습기, 염소이온, 산소, 탄산가스 등에 대해서)

▷ 내후성이 좋은 것

1) 사용재료

① 폴리머수지

주재료인 아크릴계의 고분자 정밀화학 수지를 규사(골재)와 혼합함으로써 콘크리트 및 금속류 등에 접착력이 강해지고 내약품성이 우수하며 종래 Mortar의 결함인 충격과 수축에 의한 균열이 방지되며 특히, 아크릴계 수지가 갖고 있는 강인한 방수막은 콘크리트의 공극을 막아준다. 또한 점도가 낮아 골재와의 혼합성이 용이하므로 작업능률을 향상시킬 수 있다.

② Silica Sand

점토분이 없으며 완전 건조되고, 정확한 입도를 나타내는 규사는 수지와의 접착성 및 강도를 높여 준다.

③ Resin Mortar

【표 8.4】 Resin Mortar

항 목	시 험 값	시 험 방 법
압 축 강 도	50~80MPa(500~800 kgf/cm ²)	KS L5201
휨 강 도	10~25MPa(100~250 kgf/cm ²)	KS L 5201
압축 탄성계수	0.14×10.5MPa(1.35×10 ⁵ kgf/cm ²)	신장계이지

【표 8.4】 Resin Mortar(계속)

항 목	시 험 값	시 험 방 법
접 착 강 도	강재 : 8MPa(80 kgf/cm ²)	KS M 3734
	콘크리트 : 콘크리트 파괴	압 축 전 단
열 전 도 율	0.9 Kcal / m. h.℃	비정상열선법
흡 수 율	0.3 무게 %	—
열팽창 계수	$2.25 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$	다이얼게이지
경화 수축율	0.1% 이하	—
비 중	2.08	—

③ Resin Concrete

【표 8.5】 Resin Concrete

항 목	시 험 값	시 험 방 법
압 축 강 도	50~100MPa(500 ~ 1000 kgf/cm ²)	JIS - 1183
휨 강 도	10~25MPa(100 ~ 250 kgf/cm ²)	JIS - A 1184
탄 성 계 수	$0.25 \times 10.5\text{MPa}(2.5 \times 105 \text{ kg/cm}^2)$	신장게이지
내 마 모 성	3.9mm	스파이크 타이어 주행식 회전
		마모시험기 10만회
접 착 강 도	5.88MPa(58.8 kgf/cm ²)	둥근강봉 인장시험
열팽창 계수	$1.30 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$	마이크로미터로 실측(-20~20℃)
열 전 도 율	0.5 Kcal / m. h.℃	비정상열선법
흡 수 율	0.3%	상온24시간 (침전 후 중량변화)
경화 수축율	0.1% 이하	—
비 중	2.35	—

2) 시공순서

① 콘크리트면 청소

- i. 장비는 동력식 철술 및 그라인더 등을 사용한다.
- ii. 장비를 이용하여 콘크리트 표면을 약 1mm정도 정교하게 갈아낸다.

- iii. 연마 시 콘크리트 피복에 손상이 생기지 않도록 연마하여야 하며, 연마로 인하여 구조상 문제가 발생할 정도로 깊게 갈아서는 안 된다.
- vi. 콘크리트 먼 청소 시 주변에 박리, 박락 및 열화된 부분은 치핑을 하고 콘크리트 접착제를 바른 후 무수축물탈로 채운다.
- v. 연마 시 분진이 발생하여 주변 환경을 더럽히지 않도록 스프레이 등을 이용하여 적당량의 물을 뿌려준다.
- vi. 표면에 수분을 함유하고 있으면 부착성이 불량하므로 반드시 건조시킨다.

② Primer 도포

모체 침식방지 및 접착의 원활함을 위해 먼저 표면에 주재료인 아크릴계 수지에 경화제를 중량비에 맞추어 첨가경화제가 주재료에 완전히 용해되도록 3~4분간 잘 저은 후, 시공 면에 붓 또는 페인트로러로 골고루 도포한다. 1차 도포가 완료되고 10~20분 후 표면 흡수가 심해 Primer액이 부족한 부분에는 추가로 도포하여 모체에 수지가 침식되지 않도록 하여야 한다.(1회 도포량 : 0.3~0.5 kg/cm², 주제 : 경화제 = 95 : 5)

③ Mortar 및 Concrete 시공

- i. Primer 도포가 완료되면 Primer가 경화되는 동안 준비된 골재를 계량하여 Resin Mortar 및 Concrete를 준비한다.
- ii. Primer 도포 완료 후 20~30분 지난 후에 몰탈 바르기를 해야 한다.
- iii. 소량의 혼합에는 몰탈 비빔용기(대야)를 사용해도 무방하다.
- iv. 먼저 골재를 용기에 투입, 혼합 한 후 계속해서 수지액(투입 2~3분전에 경화제를 넣어 충분히 혼합)을 투입하여 충분히 혼합한다.
- v. 시공 시 기온 및 경화제의 첨가량에 의하여 경화 가사 시간이 변함으로 완전히 혼합하여 즉시 계속해서 바름 작업을 해야 한다.
- vi. 지정된 배합 비율로 비벼진 몰탈을 쇠흙손을 이용해 소정의 두께로 타설하여 상부를 수지액이 부상하도록 다져주면서 미장을 하되 너무 강력히 눌러 미장하지 말도록 해야 하며, 미장 방향을 일정하게 해야 한다. 특히 아크릴계 수지는 점도가 낮아 작업성이 좋은 반면 가사 시간이 짧아 신속하게 블록 단위로 미장해 나가야 한다. 작업은 배합 후 20~30분 이내에 완료해야 하며 부정기 방향의 미장 작업은 평탄성 및 균열 발생의 원인이 된다.

1장
2장
3장
4장
5장
6장
7장
8장
9장

④ 마감조정 (Top Coating)

특히, 내약품성이 요구되는 경우(염화칼슘 살포 등)에는 Resin Mortar가 양생된 후 아크릴계 수지에 경화제를 용해시켜 Mortar 표면에 도포한다.(도포량은 0.3 kgf/cm²)

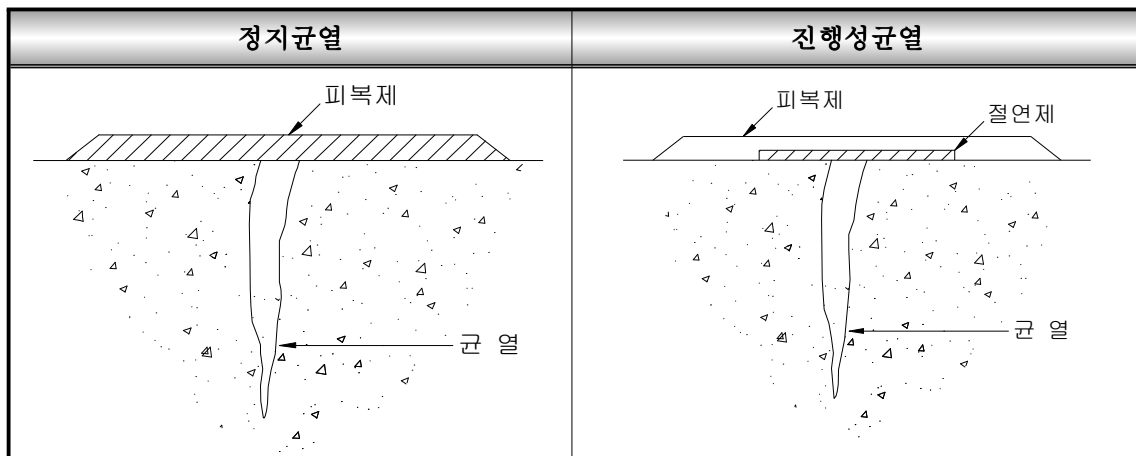
3) 특기사항

① Primer 도포 시 하지의 불량부위나 좀 더 높은 강도 및 접착성을 주기 위해서 Silica Sand #6호를 Resin 중량비 40%정도 추가 배합 할 수 있다.

② 마감조정 시는 Non-Slip을 주기위해 Silica Sand #6호를 적당량(Resin이 경화되기 전) 살포한다.

③ Resin Concrete는 Resin Mortar와 시공법은 동일하나 교반기가 없을 경우에는 일반 Concrete 인력비빔 식으로 하되 바닥에는 반드시 철판을 깔아 Resin의 흘러내림을 방지하기 위해 2~3회에 걸쳐 혼합 골재에 충분히 혼합 되도록 해야 한다.

4) 표면처리공법 개요도



【그림 8.1】 표면처리공법 개요도

나. 주입공법(폭 0.3mm이상 균열 보수)

1) 개 요

수지재의 탄성계수는 콘크리트에 비해 일반적으로 상당히 적으므로 수지를 주입한 빔에서 바닥판의 직접적인 내력증강을 기대하기는 어려우나 콘크리트의 균열부분을 수지로 채움으로써 바닥판의 수밀성을 크게 하고 콘크리트 및 철근의 열화를 방지하는 효과가 있다.

수지에 의한 균열보수와 병행하여 보강작업을 실시하면 한층 효과적이며, 균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수대책을 선정하여야 한다. 또한 균열 폭과 깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도 및 점도, 양생속도를 갖는 수지재료를 사용하여야 한다.

2) 수지주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

【표 8.6】 수지주입공법의 종류

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

3) 압입식 수지주입공법 적용

이 공법은 균열 위에 주입수지가 들어있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압, 자동식 기계 등으로 수지를 주입하는 방식이며, 압입방식은 【표 8.7】 과 같다.

이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시간에 맞는 작업시간 및 균열 폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열 폭에 알맞은 수지의 점성도는 【표 8.8】 과 같으며 일반적인 주입 파이프의 간격은 【표 8.9】 와 같다.

【표 8.7】 압입방식의 종류

압입 방식	용기의 형태
○ 압축용기에서의 압축공기로 주입	○ 플라스틱의 실린더
○ 압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	○ 플라스틱제의 압력탱크
○ 압축실린더에 의한 유입으로 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

【표 8.8】 균열 폭에 알맞은 수지의 점도

형 상		점도(20° C, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200	0.1mm 전후
	고점도	1,500±500	0.2mm 전후
Gel 상태		6,000±1,000	0.5~5.0mm 전후

【표 8.9】 균열 폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

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

【표 8.10】 에폭시계 수지의 규격

시험항목	시험방법	시험조건	단 위	실링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20° C 7일간		1.7±0.2	1.2±0.2
사용가능시간	온도상승법	20° C	분	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	"	CPS	—	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20° C 7일간	kgf/mm ²	5.0이상	5.0이상
휨강도	"	"	"	3.5이상	4.0이상
인장강도	"	"	"	2.0이상	2.0이상

【표 8.10】 에폭시계 수지의 규격(계속)

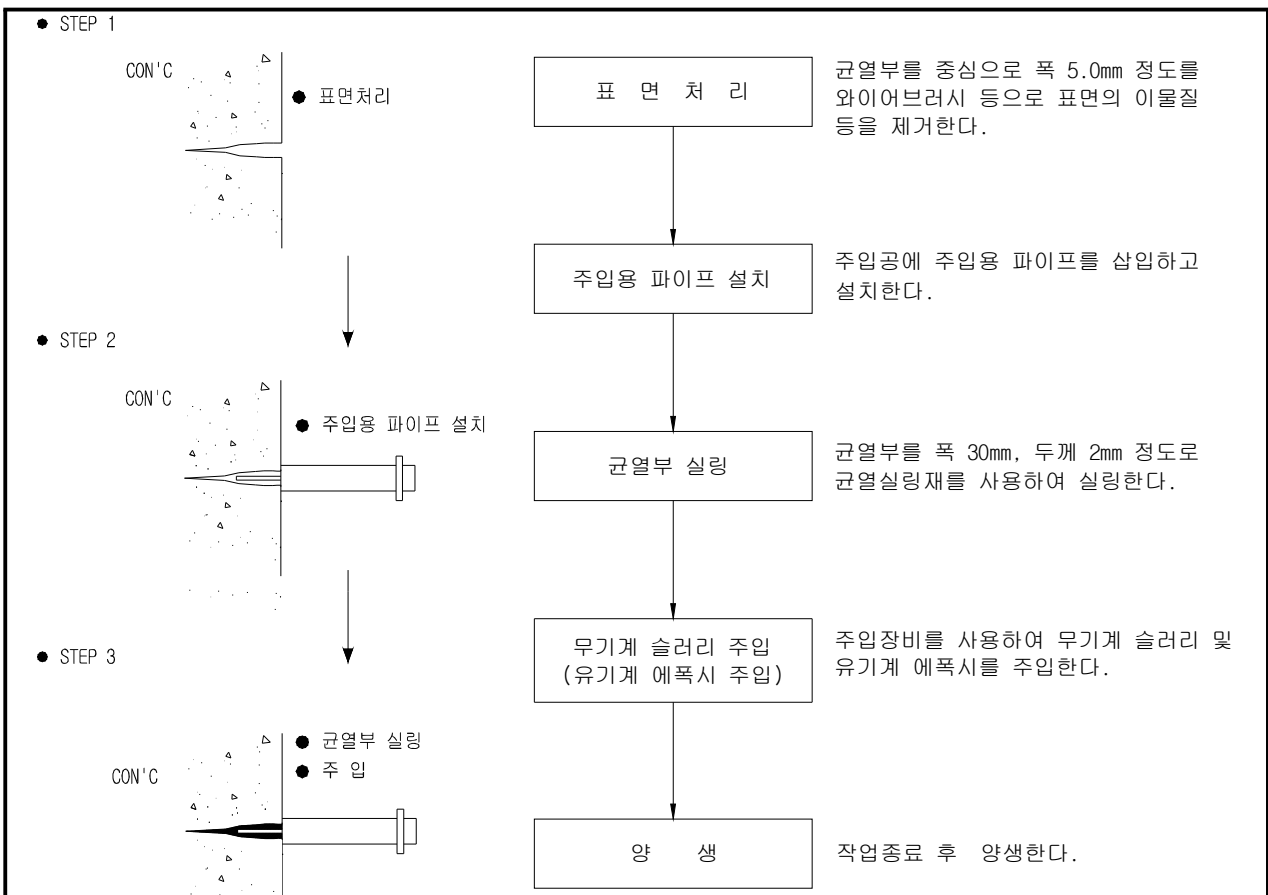
시험항목	시험방법	시험조건	단 위	실링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
압축탄성계수	ASTM D 695	"	"	0.1~0.6	0.1~0.6
인장전단강도	KS M 3722	"		100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	"	kgf·mm/mm ²	0.15이상	0.3이상
경 도	ASTM D 2240	"	쇼아 D	80이상	80이상

주). 『콘크리트 교량의 보수·보강관련 신기술 및 표준품셈 공법편람(국토교통부, 2002.4)』 참조.

4) 압입식 수지주입공법 특징 및 시공방법

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.

또한 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않으며 주입압력은 0.04kgf/mm² 이하로 규정되어 있으나 실제로는 0.01kgf/mm² 전후가 사용되고, 시공방법은 다음 【그림 8.2】와 같다.



【그림 8.2】 수지주입보수 시공방법

5) 시공 시 주의사항

- ① 대기온도는 10~30℃, 콘크리트 균열표면의 온도는 10℃를 표준으로 시공 가능하며, 우천 시는 중지한다.
- ② 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.
- ③ 실링 및 표면마감 면은 주입 압에 견디도록 충분히 양생한다.
- ④ 주입압력이 너무 크면 균열이 확대되어 버린다.(평균 주입압 수동식 0.4MPa, 페달식 1.5MPa, 진동식 2.0MPa, 자동식 0.4MPa)
- ⑤ 에폭시계 수지는 항상 냉암소에 밀봉 보관하여야 하며, 제조 후 6개월 이상 경과한 것은 다시 시험하여 품질의 변화여부를 확인한다.
- ⑥ 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 실링재와 함께 그 라인더로 갈아 평탄하게 표면처리 한다.

6) 주입공법의 특징

- ① 내하력 복원의 안전성을 기대할 수 있다.
- ② 내구성저하 방지 및 누수방지를 기대할 수 있다.
- ③ 경화 후의 에폭시수지는 화학적 성질이 안정하여 내후성이 좋다.
- ④ 미관의 유지가 용이하며 경제적이다.

7) 균열 주입보수공법 비교

【표 8.11】 균열 주입보수공법 비교표

공법 내용		균열보수(균열 폭0.3mm 이상)			
		1안	2안	3안	4안
공 법		VOC삭감형 수성에폭시주입공법 (리폼시스템)	SBR계 폴리머시멘트 슬러리주입공법 (쌍용)	마이크로 시멘트 슬러리주입공법	일반 유성에폭시 주입공법
내 용		유기계	유·무기계	무기계	유기계
재료적 유사성		○ 유기계재료지만 열 팽창계수 및 탄성계 수가 콘크리트와 유 사함	○ 유·무기계 재료로서 온도에 따른 열팽창 계수 및 탄성계수가 콘크리트와 유사함	○ 초미립무기계재료로 서 열팽창계수 및 탄성계수가 콘크리 트와 유사함	○ 유기계재료로서 열팽 창계수 및 탄성계수 등 물성·특성이 콘크리 트와 상이함
수축성		○ 유기계 재료이지만 휘발성화합물 등을 섞지 않으므로 경화 에 따른 수축성 없음	○ SBR계혼화제로 모 르터를 구성하므로 수축성 없음	○ 물과 혼합한 모르터 로 다소 수축성 있 음	○ 유기계재료로서 휘 발성혼화제 등을 혼 합하므로 경화에 따 른 수축 다소발생
침투성		균열 폭 0.02mm까지 가능			
부착강도		35kg/cm ²	20kg/cm ²	10kg/cm ²	25kg/cm ²
특 징	장 점	○ 시공성 및 접착성, 주입성 우수 ○ 균열부 콘크리트 내 철근 방청기능 있음 ○ 미세균열에의 침투 성이 우수 ○ 습윤부 및 수중부 시 공가능 ○ 시공실적 다수	○ 내약품성 우수 ○ 균열부 콘크리트 내 철근 방청기능 있음	○ 내중성화 기능 ○ 물성·특성이 콘크리 트와 유사	○ 콘크리트 시설물의 균 열보수에 범용 적으로 적용 ○ 미세균열에의 침투 성이 양호 ○ 공사비 저렴 ○ 시공실적 다수
	단 점	○ 시공 시 온도에 유의	○ 공정이 복잡하여 시 공전문가 필요 ○ 장기부착성이 다소 떨 어짐	○ 시공실적 적음 ○ 장기부착성 떨어짐	○ 콘크리트 탄산화유발 ○ 장기부착성 기대곤란
검토 의견		○ 시공실적이 많고 콘 크리트 친화성 및 주 입성, 장기 내구성우 수	○ 시멘트 계통의 주입 재료로서 부착강도가 작고 미세균열깊이까 지의 침투성이 다소 떨어짐	○ 시멘트 계통의 주입 재료로서 부착강도가 작고 미세균열깊이까 지의 침투성이 다소 떨어짐	○ 일반적인 보수공법이 나 유성에폭시의 장기 내구성저하 및 콘크리 트 탄산화 유발로 보 수효과 기대곤란

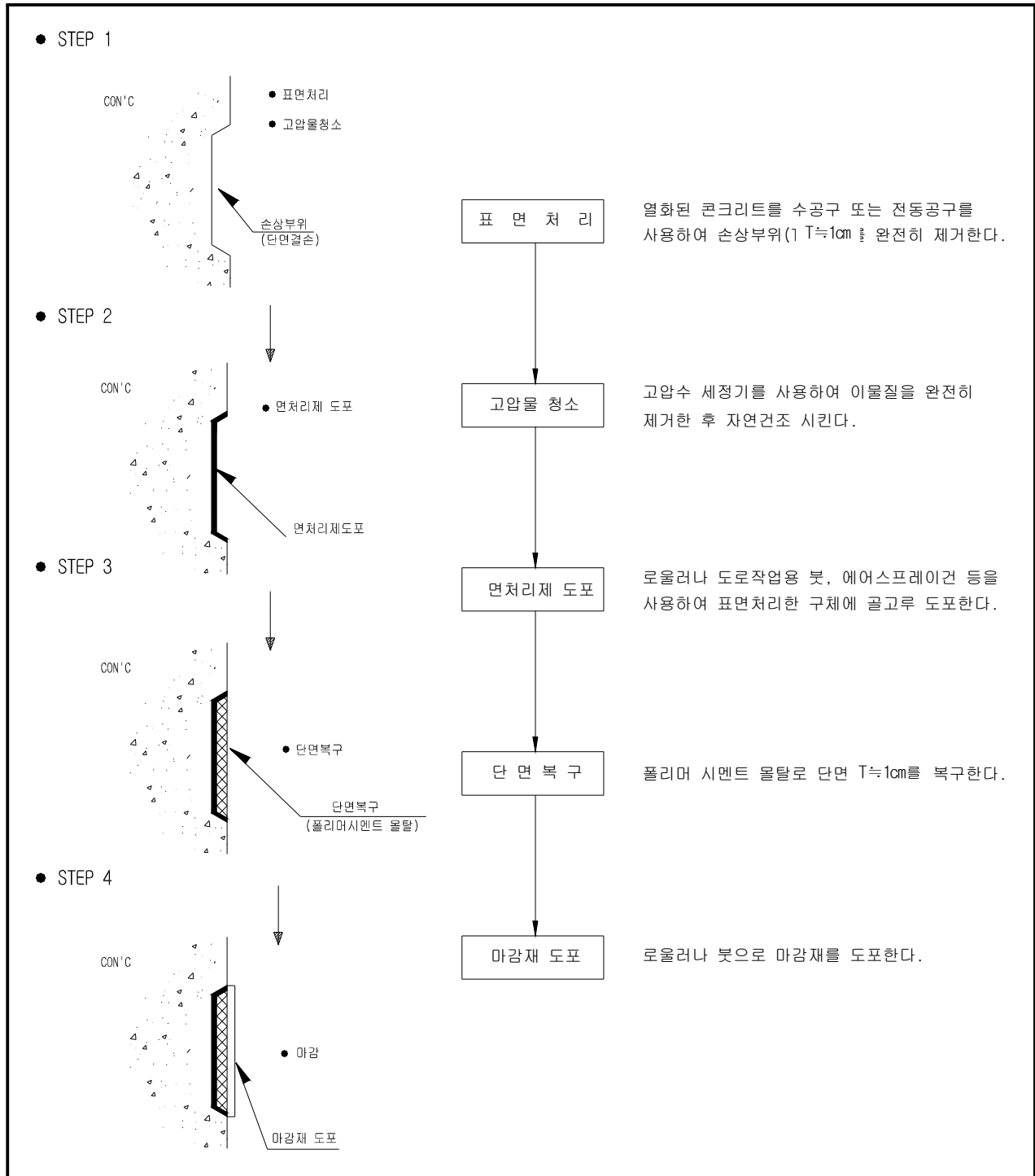
1장
2장
3장
4장
5장
6장
7장
8장
9장

다. 단면보수공법

1) 단면보수공법 (I) / (t=10.0mm)

① 철근노출을 동반하지 않은 재료분리, 표면박리 등의 손상부에 적용하는 공법으로, 보수 단면두께는 10.0mm이다.

② 시공방법

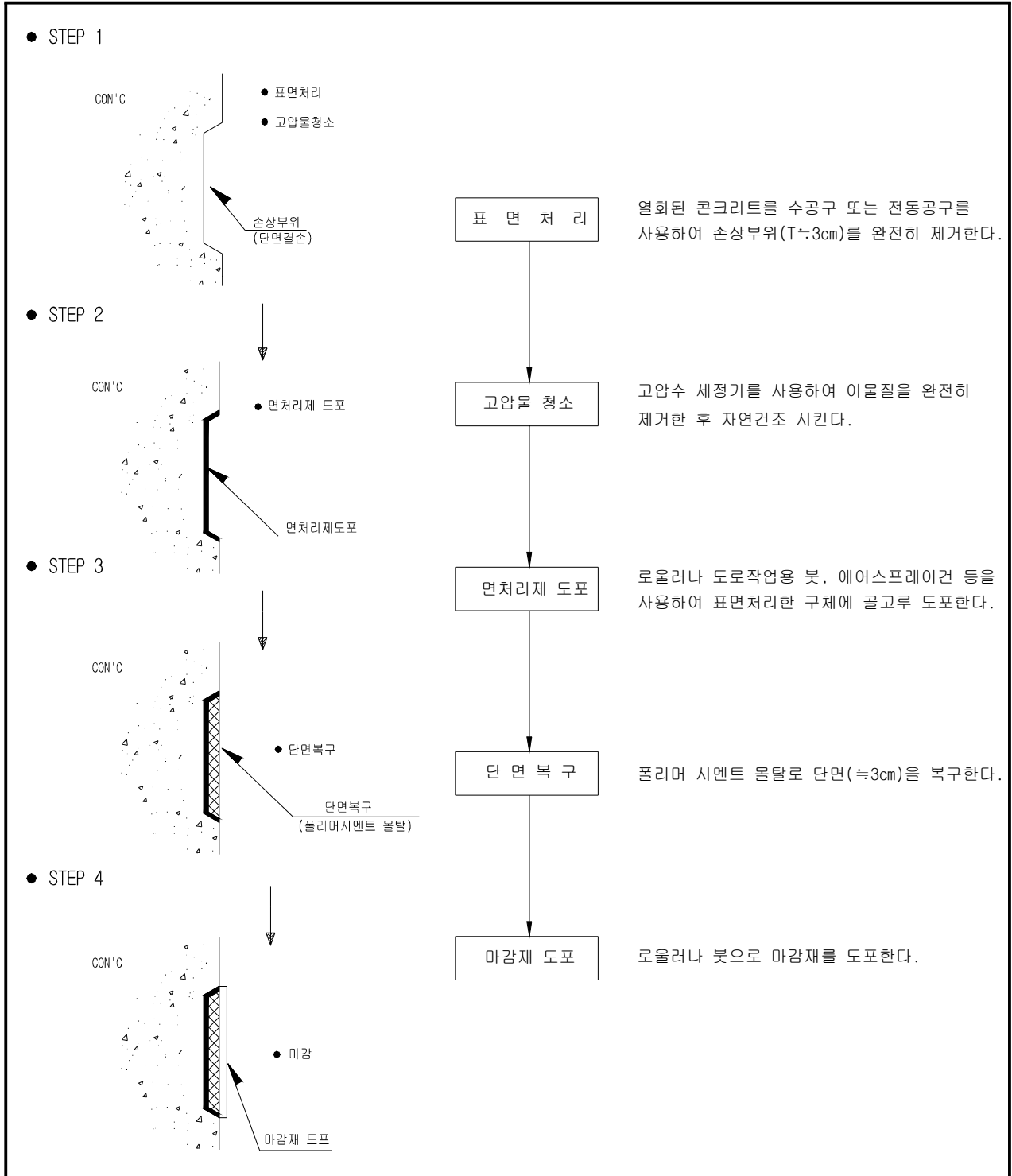


【그림 8.3】 단면보수공법(I) 시공방법

2) 단면보수공법(Ⅱ) / (t=30.0mm)

① 철근노출을 동반하지 않은 파손, 박리, 박락, 들뜸, 공동 등의 손상부에 적용하는 공법으로 보수 단면두께는 30.0mm이다

② 시공방법

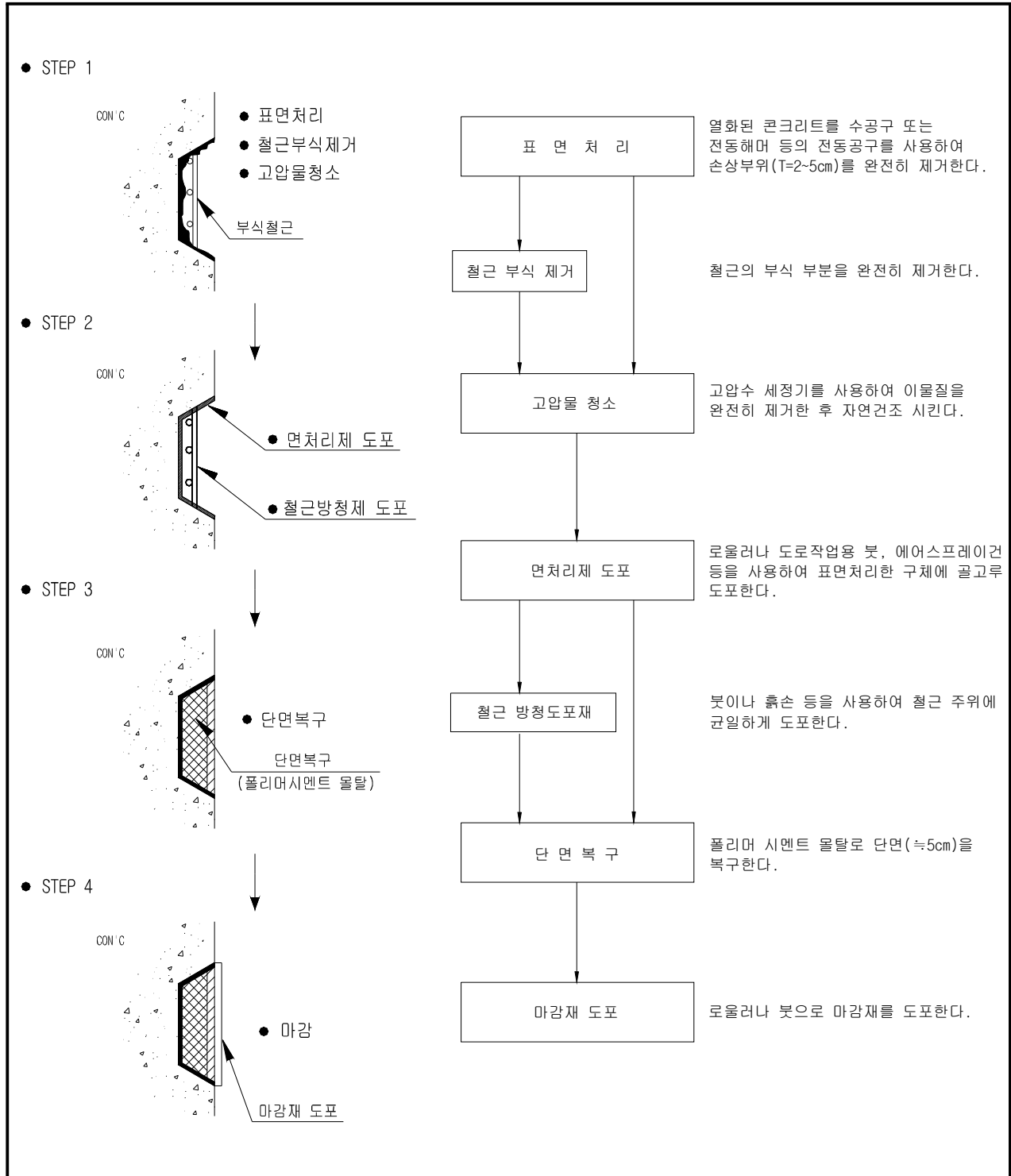


【그림 8.4】 단면보수공법(Ⅱ) 시공방법

3) 단면보수공법(Ⅲ) / (방청, t=30.0mm)

① 철근노출이 동반된 재료분리, 들뜸, 공동, 박락 등의 손상부와 피복부족에 따른 철근 노출에 적용하는 공법이다.

② 시공방법



【그림 8.5】 단면보수공법(Ⅲ) 시공방법

4) 단면보수공법 비교

【표 8.12】 단면보수공법 비교표

공법 내용	1안	2안
	폴리머시멘트 모르터 공법	에폭시수지 모르터 공법
개요도		
공법개요	콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 콘크리트 보호재를 도포한 후 철근을 방청하고 무기계인 폴리머 시멘트 모르터로 단면을 복구한 후 무기계 마감재로 마감하는 공법	콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 접착제를 도포한 후 철근을 방청하고 유기계인 에폭시수지 모르터로 단면을 복구한 후 유기계 마감재로 마감하는 공법
시공방법	치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 콘크리트 보호재(침투성) 도포 → 철근 방청제 도포 → 폴리머시멘트 모르터로 단면복구 → 마감재(무기계)도포	치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 프라이머(접착제) 도포 → 에폭시수지 모르터로 단면복구 → 마감재(유기계) 도포
특징	- 철근의 방청효과가 우수하고 재부식 확률이 없음 - 철근노출부 보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 - 폴리머시멘트의 사용으로 콘크리트 탄산화 방지 효과가 우수함 - 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 - 일반적으로 한 번의 시공두께가 얇기 때문에 목표두께가 두꺼울 경우 공정이 증가함 - 보통 형식의 것은 경화시간의 늦고 공기가 길어짐	- 인장, 휨강도가 콘크리트보다 우수함 - 재료 자체의 접착성 및 내마모성이 우수함 - 재료비가 폴리머시멘트에 비해 저가임 - 경화시간이 빠름 - 방청효과가 확실하지 않음 - 유기계 재료로서 통기성이 없으므로 재부식 발생 우려 - 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움

1장
2장
3장
4장
5장
6장
7장
8장
9장

【표 8.13】 콘크리트 보수 재료의 물리적 성능

항 목	에폭시수지 그라우트, 모르터 및 콘크리트	폴리에스테르수지 그라우트, 모르터 및 콘크리트	시멘트계 그라우트, 모르터 및 콘크리트	폴리머시멘트계 그라우트, 모르터 및 콘크리트
압축강도(kg/cm ²)	561 ~ 1,122	561 ~ 1,122	204 ~ 714	102 ~ 816
압축탄성계수 (×105cm ² kg/cm ²)	0.05 ~ 2	0.2 ~ 1	2 ~ 3	0.1 ~ 3
휨강도(kg/cm ²)	255 ~ 510	255 ~ 306	20 ~ 51	61 ~ 153
인장강도(kg/cm ²)	92 ~ 204	82 ~ 173	15 ~ 36	20 ~ 82
파괴 시 신장률(%)	0 ~ 15	0 ~ 2	0	0 ~ 5
열팽창계수 (×106cm ² /℃)	25 ~ 30	25 ~ 35	7 ~ 12	8 ~ 20
흡수율, 25℃에서 7일간(%)	0 ~ 1	0.2 ~ 0.5	5 ~ 15	0.1 ~ 0.5
하중 하에서의 최대사용온도(℃)	40 ~ 80	50 ~ 80	30℃이상 (배합설계에 의함)	100 ~ 300
강도발현까지의 시간(20℃)	6 ~ 48시간	2 ~ 6시간	1 ~ 4시간	1 ~ 7시간

5) 시공 시 유의사항

① 운영 중인 시설물에서는 단면보수 작업 그 자체나 작업대의 설치 및 플랜트 설비에 제약을 받는 일이 많기 때문에 작업시간, 작업운반차, 반입로 등의 시공조건을 충분히 검토하여 계획을 세울 필요가 있다.

② 단면보수 수량은 실시설계를 기초로 하여 구할 수 있지만 일반적으로 사전에 구한 보수 수량은 실제 시공 시에 비해 낮을 때가 많으므로 시공 상의 단면보수 수량은 약간의 여유를 감안해 둘 필요가 있다.

③ 시공 완료 후 각 사용 재료의 사용량, 잔량을 확인하고 계획량과 실 단면보수 수량을 비교하여야 한다.

④ 시공 시 각 사용 재료의 특성을 충분히 숙지함과 동시에 시공조건, 작업환경에 충분히 주의하여 안전을 확보하여야 한다.

⑤ 단면보수공법 내에 코팅공법이 포함되어 있는 경우 방식코팅이 반영되어 있지 않은 부분은 코팅공정을 실시할 수 있으나, 별도의 방식코팅이 보수·보강에 반영되어 있는 부분은 코팅공정을 제외하여야 한다.

⑥ 캔틸레버 단면보수 시에는 기존 노치와 동일한 V형 홈을 시공하여 교면수 유입에 따른 차수기능을 유지토록 한다.

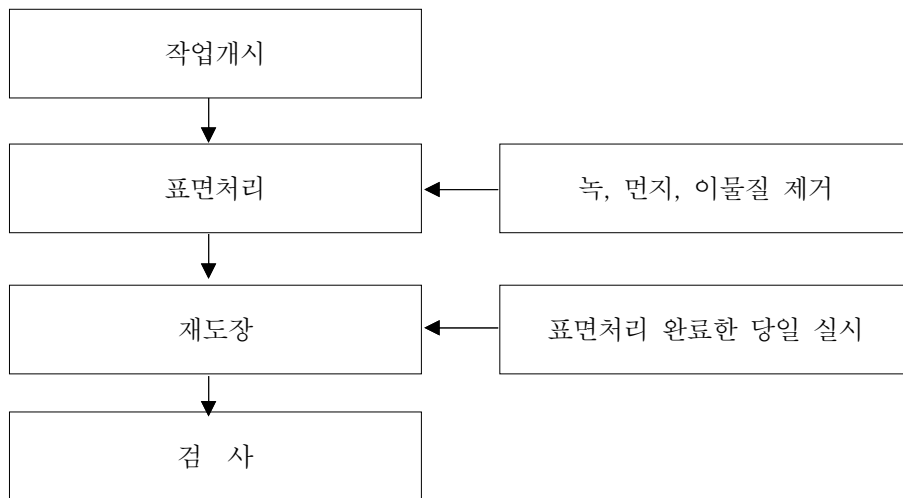
라. 도장보수(표면처리 포함)

1) 개 요

도장보수공법은 도장 박리 및 부식 등에 의한 결함이 발생한 부재에 대해서 녹에 의한 부식이 더 이상 진행하지 않도록 녹 및 이물질을 제거한 후 중방식 도장을 실시하는 공법이다.

본 연인교에 대한 외관조사 결과에 따라 강재 거더 및 2차 부재에 대해서, 장기적인 내구성 확보를 위해 실시하는 표면처리를 포함한 도장보수이다.

2) 시공방법



【그림 8.6】 도장보수공법 시공 순서도

3) 시공상세 및 유의사항

- ① 동력공구 및 수공구(와이어브러쉬, 샌드페이퍼)로 표면처리 한다.
- ② 구 도장계에 대한 확인 및 확실한 표면처리를 실시한다.
- ③ 표면처리 후 분무기 또는 붓을 이용하여 재도장 실시한다.
- ④ 표면처리 후 같은 날 하지도장을 실시한다.(결로 및 이물질 등의 영향)
- ⑤ 도료의 칠 증복은 충분히 건조한 후에 실시하고, 대기온도 및 칠 표면의 온도가 5℃ 이상이어야 한다.
- ⑥ 표면처리 후 당일 도장을 수행하지 못한 부분은 다시 표면처리 후 도장한다.
- ⑦ 폐쇄된 개소에서의 작업 시에는 통풍 및 조명 등의 환경여건과 안전작업에 대한 대책을 수립한 후에 실시한다.

4) 도장보수공법 비교

【표 8.14】 도장보수공법 비교표

공 법	염화고무계도료 (일반중방식)	에폭시계 도료	세라믹계 도료	중방식 금속혼합물피막
시공 순서	- 표면처리 - 무기질징크 하도 - 염화고무도료 (중, 상도)	- 표면처리 - 수용성 무기징크 (1, 2, 3차 도포)	- 세라믹코팅 바탕만들기 - 무기 아연말게 - 무기 세라믹계 - 우레탄 세라믹	- 표면처리 1차 피막(하도) 2차 피막(중도) 3차 피막(상도)
장 점	- 일반적인 시공성 - 국내 적용 실적이 많음 - 건조가 빠름.	- 내약품성 - 강인한 도막, 미관성 우수 - 희생양극방식기능	- 내약품성 - 강인한 도막, 미관성 우수 - 내구성 우수	- 내열성, 내후성, 방청력, 부착력, 신율 우수 - 내마모성 우수 - 강인한 도막, 미관성 - 내약품성, 내충격성 - 희생양극방식 기능 - 내염성, 내구성 - Re-Coating이 용이 - 음용수 기준에도 적합한 친환경적 소재
단 점	- 내약품성이 나쁨 - 내구성이 짧음 - 초기접착력은 우수하나, 장기 접착력 저하(계면탈락) - 저온 시 증점(점도상승, 유동성 감소) 및 겔화 현상 발생	- 공사비 고가 - 수축팽창에 대한 유연성 부족 - 자외선에 약해 변색을 일으키며, 재료의 변형 유발 - 고온에서 황변 현상 있음 - 초기접착력은 우수하나, 장기 접착력 저하(계면탈락)	- 공사비 고가 - 수축팽창에 대한 유연성(신율)부족 - 다른 재질이므로 층간 분리현상이 나타날 수 있음	- 일반적 도료에 비해 비교적 고가 - 작업 시 접착제와 금속혼합물이 잘 혼합되도록 전동 믹서기를 이용하여 혼합하여야 함 - 작업 전 시공교육 필요
내구성	○ 3 ~ 4년	○ 5년	○ 10년	○ 20년

마. RC BOX Girder구간 조류방지시설 설치방안

1) 조류서식 현황 및 대책

본 연인교의 RC BOX Girder 구간(S8~S19) 거더 내부에는 조류가 다수 서식하고 있는 것으로 조사되었으며, 서식조류의 배설물은 산성도가 강하여 재료열화를 촉진시키게 되므로 조류서식 방지대책이 필요하다.



【그림 8.7】 조류서식 현황 및 조류방지망 설치도

2) 조류방지망 설치 내용

상기 【그림 8.7】에서 보는바와 같이, 『상수원보호구역』인 남한강의 강상교량임을 감안해 설치 및 유지관리 시 오염물질 배출이 없는 「조류방지망」이 바람직 할 것으로 판단되고, 격벽 내부에 클립형 고정 핀을 설치 후 「조류방지망」을 고정 핀에 거치하여 유지관리 시의 효율성을 도모하여야 하며, 설치 개소는 거더 단부측 격벽(경간별 2개소)으로 현장조사 시 관찰된 서식조류의 크기를 감안할 때 「조류방지망」 격자망의 크기는 3cm×3cm(B×H) 정도가 적당하다.

바. RC BOX Girder구간 내부 진입용 점검로 설치방안

본 연인교의 P1 배면(A2측)과 P7 전면(A1측) 코핑부에 RC BOX Girder 내부 진입에 필요한 점검로가 설치되어 있지 않아 현재 유지관리 시 위험한 상태이므로, 【그림 8.8】 (c)에서 보는바와 같이 점검로를 설치하여 시설물 유지관리 시 안전성을 확보하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.



【그림 8.8】 교각 점검로 설치 예시도

사. 교대(A1) 접속부 유도배수로(측구수로관) 설치방안

본 연인교의 교대(A1) 전면 유수지와 맞닿아 시공된 「호안블록」 일부가 【표 8.15】에서 보는바와 같이 국부적으로 침하 및 유실된 것으로 조사되었다.

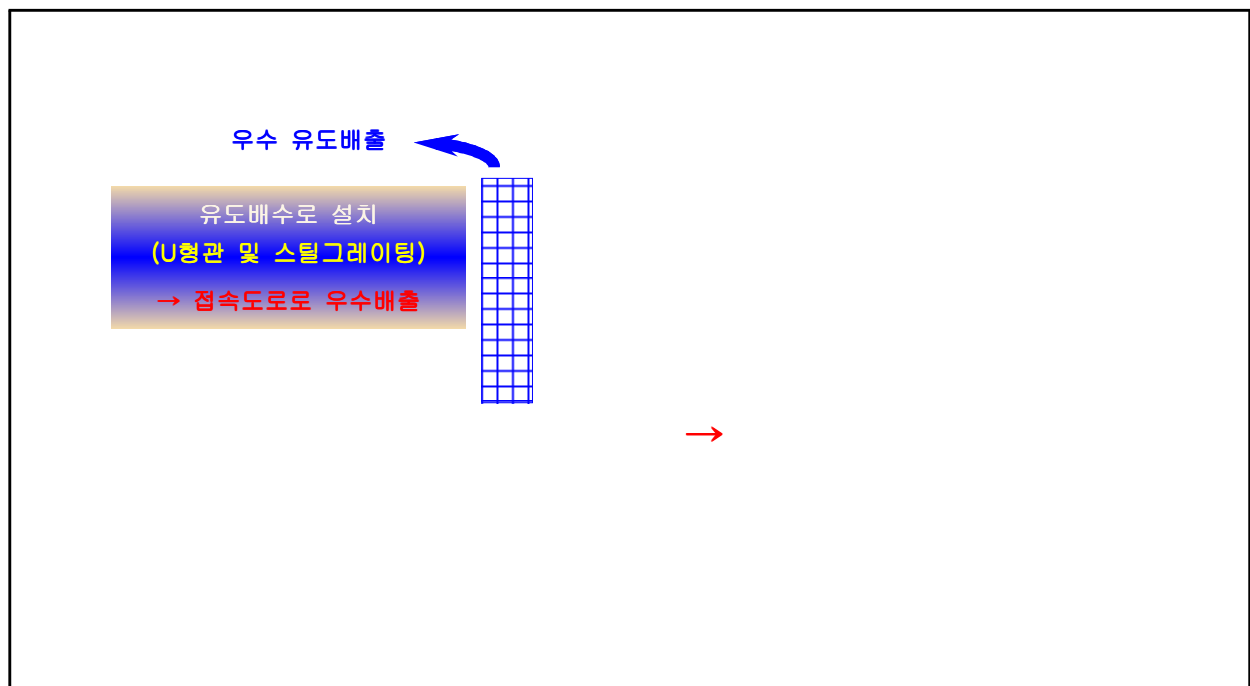
이는 강우 시 교량 상부로부터 유입된 우수가 A1 좌측면을 통해 「호안블록」 쪽으로 흘러 배출됨에 따라 배면 채움재의 침식·유실을 초래하였고 「호안블록」이 국부적으로 함몰·유실된 것으로 조사되어, 이에 대한 근본적인 대책방안으로 「측구수로관」 설치를 제안한다.

【표 8.15】 교대(A1) 전면 호안블록 유실현황

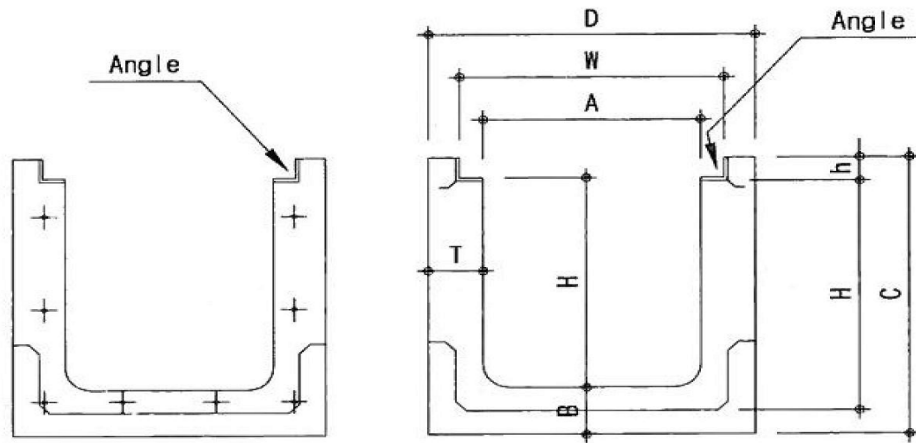


교대(A1) 배면 세굴 및 전면 호안블록공 침하 및 유실 현황

1장
2장
3장
4장
5장
6장
7장
8장
9장

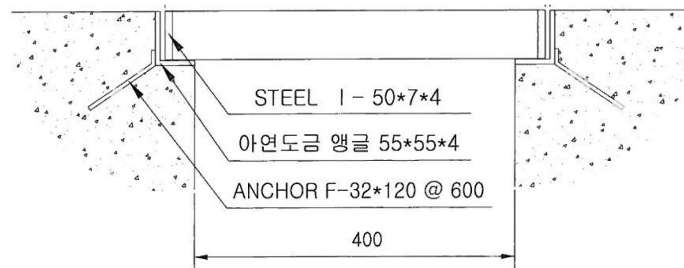
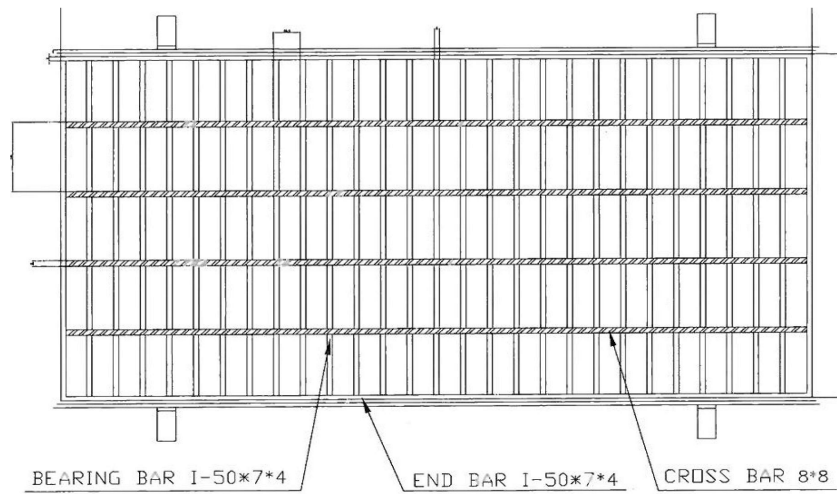


【그림 8.9】 교대 A1 상면 접속부 유도배수로 설치도



호칭규격	A	B	C	D	H	h	T	W	중량(kg)
300B	300	150	500	600	300	50	150	410	880
400B	400	150	600	700	400	50	150	510	1,100

(측구수로관 제원표)



(스틸그레이팅 현황 및 설치 단면도)

【그림 8.10】 측구수로관 및 스틸그레이팅 제원 및 설치도

아. 보수·보강 후 성능평가 방법

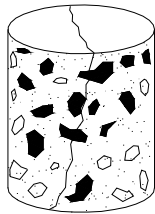
보수·보강을 실시한 후 아래에서 제시하고 있는 방법으로 보수 및 보강부의 성능평가를 실시하여 공사가 적합하게 이루어져 있는가를 검사하는 것이 바람직하다.

보수·보강공사 후 평가는 구조상 문제가 되지 않는 부분에서 작은 지름의 코어를 채취하여 그 효과의 확인을 행하는 것이 좋으며, 시설물 보수에 의한 방수효과를 비파괴 적으로 확인하는 방법으로는 「가스압입 누수진단기」나, 방식효과에 대해서는 전기화학적인 방법인 「분극저항측정법」 등이 제안되고 있다.

1) 코어채취에 의한 평가방법

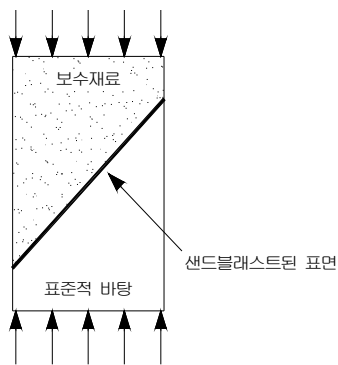
① 콘크리트 코어시료 강도는 『KS F 2422』에 의해 평가한다.

② 육안에 의한 주입효과 평가

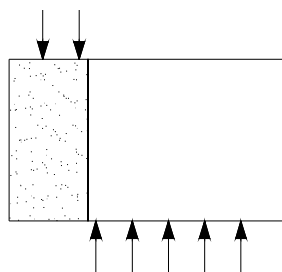


- 주입효과를 위해 채취된 콘크리트 코어
 - 외국의 연구결과에 의하면 균열 깊이의 80% 주입만으로도 거의 완전한 주입효과를 나타낼 수 있다고 보고되고 있어, 최소한 균열깊이의 80% 이상 주입이 권장됨

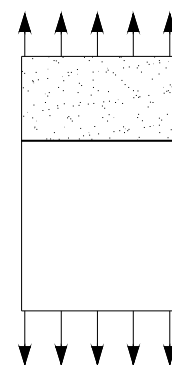
③ 실내시험에 의한 평가



(a) 경사전단시험



(b) 직접전단시험



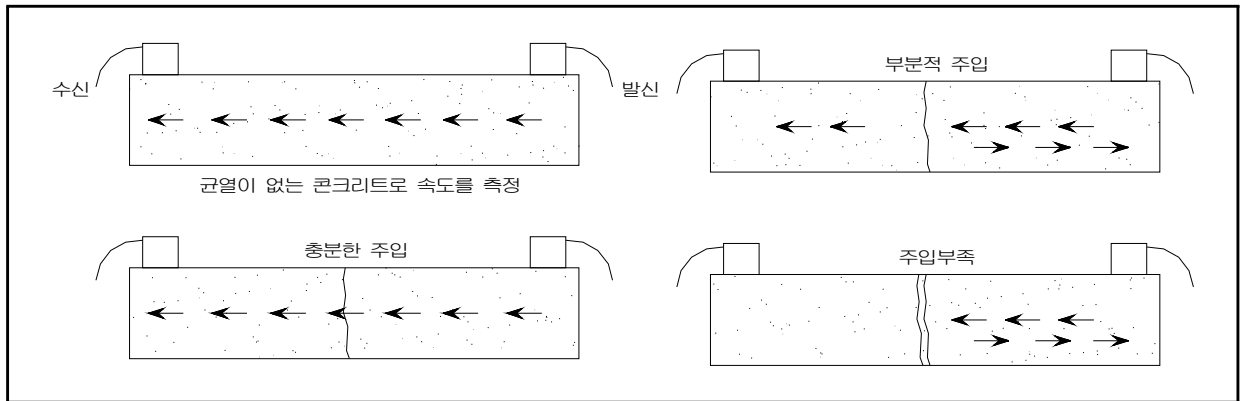
(c) 일축인장시험

- 경사전단시험 : 경제적이고 쉬움(부착강도 = 파괴하중/부착면적)
 - 관련 시험법(ASTM C 881~884, ASTM C 1042, 1059)
- 직접전단시험 : 시험실과 현장 어느 곳의 공시체도 측정가능
 - 관련 시험법(BNL 직접전단, IOWA 직접전단)
- 일축인장시험 : 현장의 콘크리트와 덧씌우기의 부착강도를 측정하는 시험방법
 - 관련 시험법(ACI 503R, NIST 연구 NISTIR 4648)

2) 비파괴 기법

① 초음파신호 속도(UPV)시험

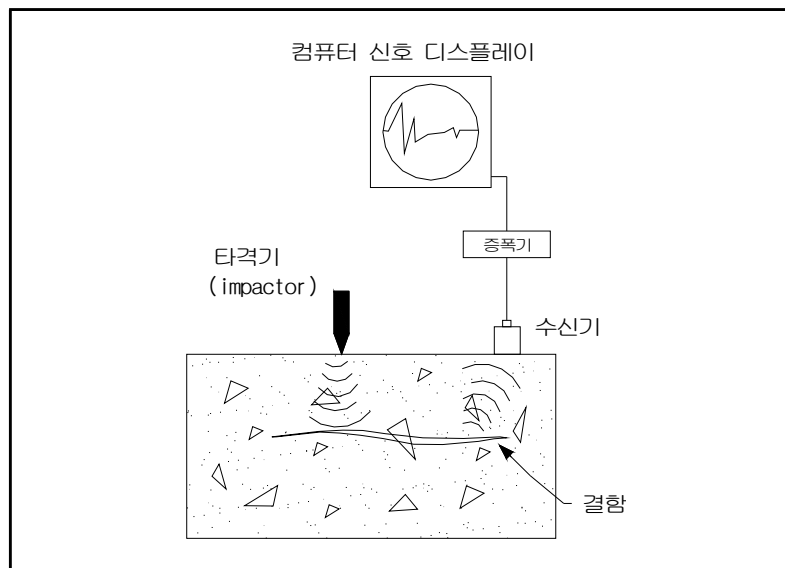
- i. 균열이 없는 콘크리트 단면에 초기화 (calibration)를 행한다.
- ii. 송·수신 장치는 일정간격으로 고정한다.
- iii. 주입이 완료된 콘크리트와 균열이 없는 콘크리트는 같은 전파속도를 갖는다.
- iv. 주입이 되지 않은 균열 부위는 작은 초음파 전파속도를 보인다.



【그림 8.11】 초음파신호 속도(UPV)시험 예시도

② 충격음법 (Impact echo method)

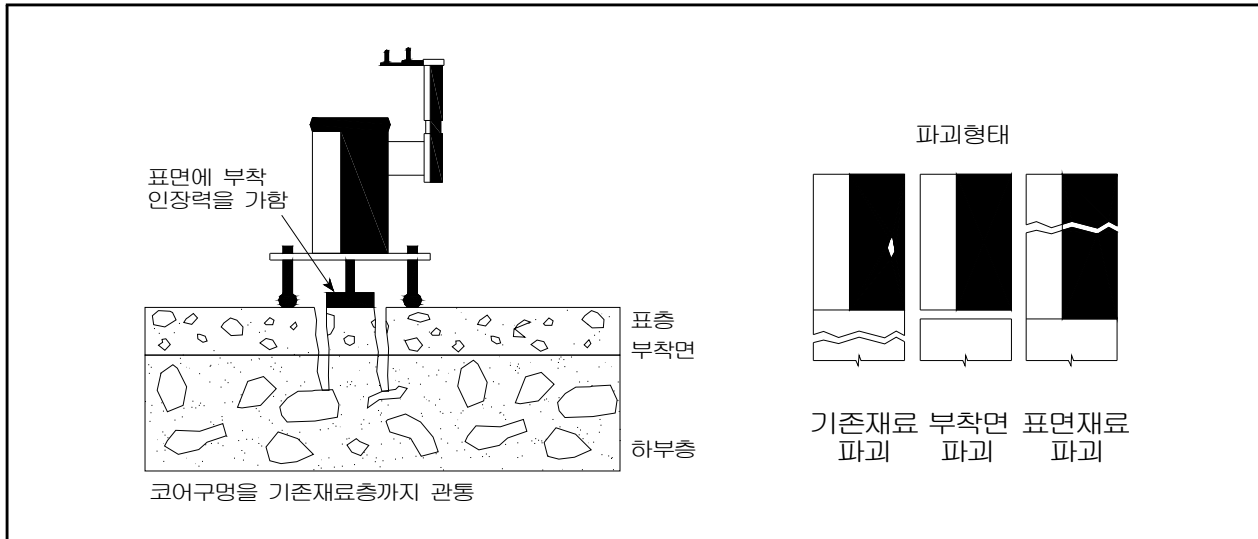
본 방법은 콘크리트 표면에 응력을 만들기 위해 아래 【그림 8.12】와 같이 작은 충격기를 이용해 기계적인 방법으로 충격을 준다. 보수효과는 보수전과 후의 측정값 차이와 건전한 면에서 측정된 값의 비교를 통하여 확인할 수 있다.



【그림 8.12】 충격음법 (Impact echo method)의 개요도

③ 현장 부착강도시험

덧씌우기나 표면접착제의 부착강도는 인발시험(Pull-off Test)과 같은 현장시험으로 판정할 수 있다. 코어를 기존재료에 부착되어 있는 상태로 둔 채, 인장기구를 코어에 연결하여 파괴될 때까지의 하중을 구하는 방법으로, 보수한 부분을 바로 평가하여 보수공사를 조정할 수 있는 장점이 있다.



【그림 8.13】 현장 부착강도시험 개요도

1장
2장
3장
4장
5장
6장
7장
8장
9장

8.3 손상현황 및 보수공법

8.3.1 손상별 보수공법

【표 8.16】 손상현황 및 보수공법표

구 분	손 상 내 용			단위	손 상 규 모		보수 물량	보 수 공 법	비 고
					개소	물량			
교량상면	포장균열			m	6	10.4	10.4	주입보수	3순위
	열화, 골재노출			m ²	19	1,270.0	—	주의관찰	—
	토사퇴적 및 채수			m ²	10	82.3	82.3	청 소	3순위
	기 타 지 장 물	균열	cw=0.3mm미만	m	80	127.7	127.7	지장물 관리주체와 보수내용에 대한 세부협의 필요	—
			cw=0.3mm이상	m					
		망상균열		m ²	3	19.3	19.3		
		관로 국부적 파손		m ²	8	3.3	3.3		
		기타 손상		개소	23	23	23		
배수시설	배수구 막힘			개소	200	200	200	청 소	3순위
	한전관로 유도배수공 막힘			개소	100	100	100	청 소	3순위
난간 및 연석	균열	cw=0.3mm미만	m	3	0.8	—	주의관찰	—	
		cw=0.3mm이상	m	1	0.4	—	주의관찰	—	
	파손 및 철근노출			m ²	156	11.3	11.3	철근방청+단면보수	3순위
바닥판 하면 & RC BOX 거더	균열	cw=0.3mm미만	m/m ²	372	426.3	106.6	표면보수	3순위	
		cw=0.3mm이상	m	11	12.9	12.9	주입보수	2순위	
	균열부백태			m/m ²	25	37.9	9.5	표면보수	3순위
	파손, 철근노출			m ²	66	4.0	4.0	철근방청+단면보수	2순위
	박리, 박락, 파손			m ²	13	0.6	0.6	단면보수	3순위
	백 태			m ²	17	5.5	5.5	표면보수	3순위
	재료분리			m ²	14	2.1	2.1	단면보수	3순위
	망상균열			m ²	4	5.6	5.6	표면보수	3순위
	강 판 보강부	들뜸		m ²	15	40.5	—	주의관찰	—
		도장박리		m ²	91	1,274.0			
		점부식		m ²					
	거푸집미제거			m ²	7	26.0	26.0	거푸집 제거	3순위
	토사잡물 퇴적			m ²	27	1,216.3	1,216.3	청 소	3순위
강재거더 (2차부재 포함)	도장박리 및 부식			m ²	41	43.1	3,579.1	재도장	2순위
	표면부식, 점부식			m ²	28	3,404.2			
	리벳풀림, 탈락			개소	24	24	24	볼트 체결	2순위
	강재 변형			m	2	2.7	—	주의관찰	—

【표 8.16】 손상현황 및 보수공법표(계속)

구 분	손 상 내 용		단위	손 상 규 모		보수 물량	보 수 공 법	비 고
				개소	물량			
교대 및 교각	균열	cw=0.3mm미만	m/m ²	61	46.9	11.7	표면보수	3순위
		cw=0.3mm이상	m	15	14.1	14.1	주입보수	3순위
	균열부백태		m/m ²	9	7.8	2.0	표면보수	3순위
	철근노출		m ²	21	0.5	0.5	철근방청+단면보수	3순위
	박리, 파손(녹물)		m ²	85	28.9	28.9	단면보수	3순위
	콘크리트 열화		m ²	1	5.2	5.2	단면보수	3순위
	백태, 망상균열		m ²	58	46.6	46.6	표면보수	3순위
	침식 및 골재노출		m ²	119	260.8	260.8	단면보수	3순위
	재료분리, 표면박리		m ²	40	109.0	109.0	단면보수	3순위
	마감불량		m ²	4	3.2	3.2	표면보수	3순위
	보강판 도장박리, 부식		m ²	3	15.6	15.6	재도장	3순위
	누수흔적, 오염		m ²	2	7.7	—	주의관찰	—
	이물질 삼입		m ²	10	0.1	0.1	단면보수	3순위
	호안블록 침하, 유실		m ²	4	6.3	6.3	뒤채움+블록재시공	2순위
	이물질퇴적		m ²	10	27.9	27.9	청 소	3순위
	덧댐판부식(기초부)		m ²	12	77.0	—	주의관찰	—
	보수부	들뜸, 탈락	m ²	17	6.1	—	주의관찰	—
		재균열	m	3	4.3	—	주의관찰	—
신축이음	본체 파손		m ²	3	4.2	—	주의관찰	—
	본체 부식		m ²	4	7.2	—	주의관찰	—
	유간 토사퇴적		m ²	10	9.4	9.40	청 소	3순위
	누 수		m ²	8	6.0	—	주의관찰	—
교량받침	앵커볼트 풀림		개소	6	6	—	주의관찰	—
	덮개볼트 부식		개소	3	3	3	교체 재시공	3순위
	받침Plate 부식		개소	54	54	—	주의관찰	—
	받침Plate 변형		m ²	2	0.4	—	주의관찰	—
	윤활제 고착		개소	18	18	—	주의관찰	—
	받침물탈들뜸		개소	6	6	—	주의관찰	—

1장
2장
3장
4장
5장
6장
7장
8장
9장

주) 1. 선상 손상은 손상물량에 단위 폭 0.25m를 곱하여 보수물량(단위:m²)을 산출한 것임.
2. 보수물량의 할증은 없으며, 소수점 2자리에서 반올림 함.

8.3.2 보수공사에 따른 개략공사비 산출

【표 8.17】 보수공사에 따른 개략공사비 산출표(단위 : 천원)

구 분	손 상 내 용		보 수 공 법	단위	보수물량	단가	공 사 비	비 고
교량상면	포장균열		주입보수	m	10.4	140	1,456	3순위
	토사퇴적 및 체수		청 소	m²	82.3	25	2,057	3순위
배수시설	배수구 막힘		청 소	개소	200	5	1,000	3순위
	한전관로 유도배수공 막힘		청 소	개소	100	5	500	3순위
난 간	파손 및 철근노출		철근방청+단면보수	m²	11.3	250	2,825	3순위
바닥판 하면 & RC BOX 거더	균열	cw=0.3mm미만	표면보수	m²	106.6	55	5,863	3순위
		cw=0.3mm이상	주입보수	m	12.9	140	1,806	2순위
	균열부백태		표면보수	m²	9.5	55	522	3순위
	파손, 철근노출		철근방청+단면보수	m²	4.0	250	1,000	2순위
	박리, 박락, 파손		단면보수	m²	0.6	230	138	3순위
	백 태		표면보수	m²	5.5	55	302	3순위
	재료분리		단면보수	m²	2.1	230	483	3순위
	망상균열		표면보수	m²	5.6	55	308	3순위
	거푸집미제거		거푸집 제거	m²	26.0	25	650	3순위
	토사잡물 퇴적		청 소	m²	1,216.3	25	30,407	3순위
강재거더 (2차부재 포함)	도장박리 및 부식		재도장	m²	3,579.1	40	143,164	2순위
	표면부식, 점부식							
	리벳폴림, 탈락		볼트 체결	개소	24	30	720	2순위
교대 및 교각	균열	cw=0.3mm미만	표면보수	m²	11.7	55	643	3순위
		cw=0.3mm이상	주입보수	m	14.1	140	1,974	3순위
	균열부백태		표면보수	m²	2.0	55	110	3순위
	철근노출		철근방청+단면보수	m²	0.5	250	125	3순위
	박리, 파손(녹물)		단면보수	m²	28.9	230	6,647	3순위
	콘크리트 열화		단면보수	m²	5.2	230	1,196	3순위
	백태, 망상균열		표면보수	m²	46.6	55	2,563	3순위
	침식 및 골재노출		단면보수	m²	260.8	230	59,984	3순위
	재료분리, 표면박리		단면보수	m²	109.0	230	25,070	3순위
	마감불량		표면보수	m²	3.2	55	176	3순위
	보강판 도장박리, 부식		재도장	m²	15.6	40	624	3순위

【표 8.17】 보수공사에 따른 개략공사비 산출표(단위 : 천원)(계속)

구 분	손 상 내 용	보 수 공 법	단 위	보수물량	단 가	공 사 비	비 고
교대 및 교각	이물질 삽입	단면보수	m ²	0.1	230	23	3순위
	호안블록 침하, 유실	뒤채움+블록재시공	m ²	6.3	150	945	3순위
		상부 측구수로관 설치	식	1	635	635	2순위
	이물질퇴적	청 소	m ²	27.9	25	697	3순위
신축이음	유간 토사퇴적	청 소	m ²	9.4	25	235	3순위
교량받침	덮개볼트 부식	교체 재시공	개소	3	30	90	3순위
순 공 사 비						294,938	
제 경 비						147,469	
총 공 사 비						442,407	

- 주) 1. 본 공사비는 현장여건 및 부대공비, 관급자재비 등에 따라 변경될 수 있음.
 2. 공사비 산출 시 ‘천원’ 단위 미만은 버림.
 3. ‘청소’ 공종의 단가는 폐기물처리비용을 포함하는 단가임.
 4. 「제경비」는 순공사비의 50.0%를 계상함.

【표 8.18】 보수공사 우선순위별 공사비 산출표

구 분	보수공사비(천원)	비 고
1순위(단기)	—	—
2순위(중기)	147,325	(시설물 보수)
3순위(장기)	147,613	(시설물 보수)
제 경 비	147,469	경 비
합계금액(총공사비)	442,407	

8.4 유지관리방안

8.4.1 개 요

교량은 사용기간 중 필요한 수준의 안전성을 확보하도록 설계 및 시공이 되어야 하며, 시간이 경과함에 따라 발생하는 사용재료의 부식 및 열화, 예기치 않은 시설물의 파손을 미연에 방지할 수 있도록 최대한의 조치를 취해야 한다. 시설물의 열화 및 파손은 교량의 기능을 마비시킬 뿐만 아니라 국가의 기간산업 발전에도 막대한 영향을 끼치게 된다.

이러한 관점에서 유지관리는 필수적인 것이며, 이상 유무를 발견하여 사전에 조치를 강구하는 것이 필요하다. 예측되는 파손부위의 등급규정, 원인규명, 단면력 평가, 보수·보강의 필요성 검토, 보수·보강 순서 및 방법 선택 등에 대한 준비 및 검토가 이루어져야 하고, 아울러 예비조치를 위한 재료의 선택, 보수·보강공법 설계가 가설년도에 따른 사용재료의 수명예측, 장래 통행량 예측 등도 검토대상이 되어야 한다.

결과적으로 공공으로서의 안전성을 보장하여야 하고, 장해요인을 조기에 발견하여 시설물의 유지관리를 최소화하고 보전상황의 기록 등을 유지하는 데 그 목적을 두어야 한다.

교량의 유지관리는 시설물의 기능성과 안전성을 유지하기 위하여 일상점검 및 정밀점검을 통해 시설물의 손상여부를 확인할 수 있고 특히, 초기 결함을 찾아서 그 결함정도에 따라 적절한 보수공법의 선정, 보수시기 등을 판단하여 신속한 보수가 실시되어야 한다.

초기에 발견된 결함의 보수시기를 늦추게 되면 나중에는 보수하기 어려울 뿐만 아니라, 더 많은 보수비용과 보수기간의 장기화로 인해 불편과 동시에 물류비 증액의 원인이 된다. 따라서 유지관리를 통하여 손상된 부분을 원상복귀하며, 경과시간에 따라 시설물의 개량, 보수·보강에 필요한 활동을 하는 것으로 교량의 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대해 주의 깊게 점검하여 그 원인을 미리 해소하는 예방활동에 목표를 두어야 한다.

8.4.2 유지관리의 목적

유지관리를 통하여 시설물의 안전성 및 사용성 확보뿐만 아니라, 유지관리활동은 다음과 같은 목적을 가진다.

- ▷ 시설물의 사용성과 내구성을 가능한 한 연장시킴
- ▷ 현재 및 향후 소요될 유지관리 비용은 최소화시킴
- ▷ 주어진 예산범위 내에서 시설물의 사용 수준을 높임
- ▷ 시설물 사용자의 안전성을 보장함
- ▷ 통행 장애를 최소화 함

8.4.3 유지관리의 종류

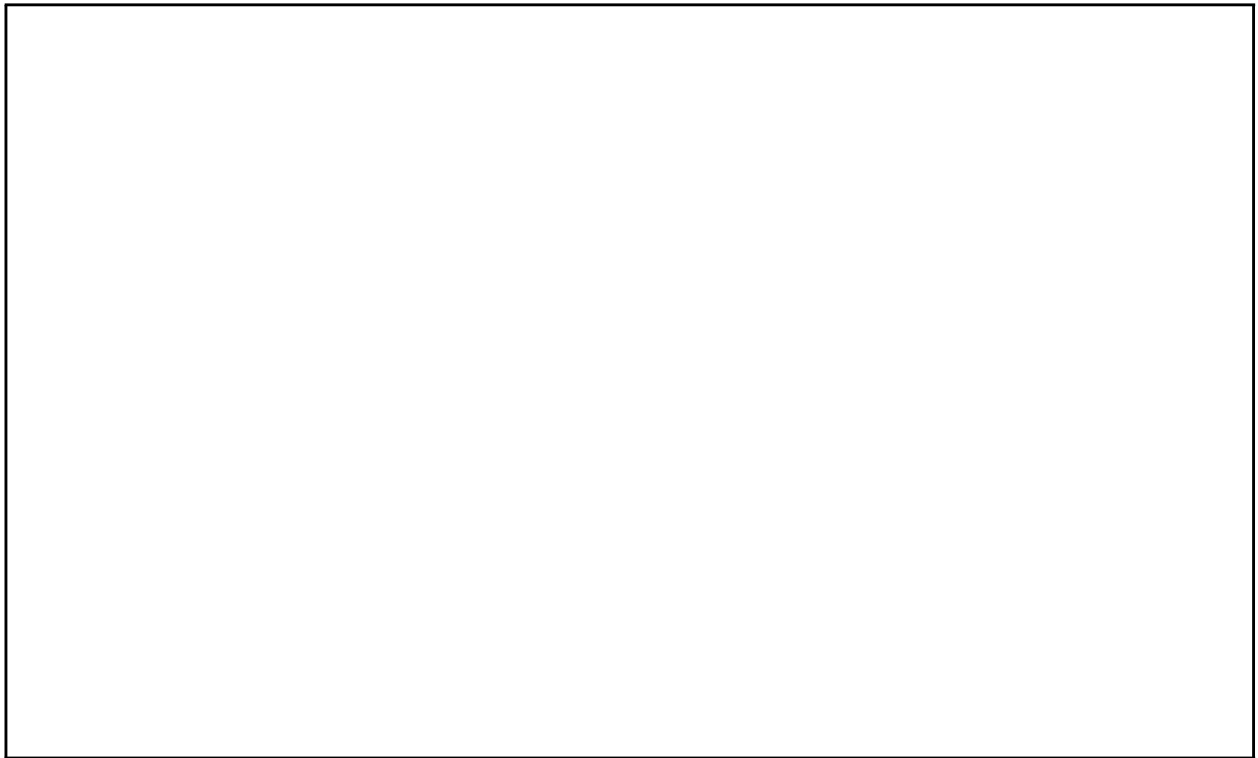
유지관리(Maintenance)는 사후 유지관리(Breakdown Maintenance)와 예방 유지관리(Preventive Maintenance)가 있다.

사후 유지관리는 문제가 발생된 후 보수 또는 보강을 적용하는 방식이고, 예방 유지관리는 문제발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 적절한 조치를 취함으로써 문제발생을 예방하는 방식이다.

과거에는 보통 사후 유지관리가 대부분이었으나 오늘날에는 기술 및 장비의 발달로 예방 유지관리를 지향하고 있다.

또한 교량시설물은 옥외에 설치된 경우가 대부분이고 장기간에 걸쳐 내하성·내후성·내구성·내진성 등의 기능을 확보해야 하므로 손상 초기단계에서 조치를 취하는 예방 유지관리 방식이 보다 경제적이고 또 교통의 안전성을 확보하기 위해서도 필요하다고 판단된다.

교량은 건설된 후 시간경과에 따라 성능이 저하되는데, 【그림 8.14】는 내하기능의 시간경과에 따른 변화추이 및 유지관리 단계에 따른 교량의 수명 연장을 개념적으로 보여 주는 것이다.



【그림 8.14】 교량의 시간경과에 따른 내하성능 저하 개념도

교량은 일반적으로 시간경과에 따라 노후화(성능저하)가 진행되지만, 이외에도 설계, 시공시의 불량에 의한 결함, 외력, 환경변화 등에 의한 손상이 추가되면 기능저하가 가속된다. 이 경우 대응방법으로 다음 3가지를 고려할 수 있다.

1장
2장
3장
4장
5장
6장
7장
8장
9장

가. 방치하는 방법

손상을 방치하면 기능저하에 의한 손상이 더욱 진행되고, 또는 다른 손상을 유발시키는 등 기능저하가 가속되어 결국 공용기능을 상실하게 된다.

나. 손상진행 후 보수하는 방법

손상이 경미하게 진행한 시점에 보수하여 기능회복을 도모하면 내용연수를 연장할 수 있지만, 손상의 진행이 현저하면 기능회복이 어렵게 되고 기능회복 비용이 커지게 된다.

다. 손상초기에 조치를 취하는 방법

손상의 초기단계에 조치를 취하면 비교적 적은 비용으로 간단히 기능을 회복할 수 있고, 교량은 항상 건전한 상태를 유지하고 내용연수를 연장할 수 있다.

8.4.4 유지관리 일반 업무

유지관리를 효율적으로 수행하기 위해서는 아래의 항목에 따라 실시하는 것이 바람직하다.

가. 자료 관리

자료 관리는 대상시설물이 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 각종 자료를 관리하는 업무를 지칭하는 것으로서 일반적으로 설계도서, 시설물관리대장, 보수·보강대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 일을 말한다.

자료는 시설물의 점검 및 보수·보강시마다 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 볼 때 관련 자료를 전산화하여 관리하는 것이 효율적이다.

일반적으로 시설물의 유지관리 시 필요한 자료를 열거하면 다음과 같다.

- | | |
|----------------------------|------------------|
| ▷ 설계도서(시공 및 보수도면, 구조계산서 등) | ▷ 공사내역서, 시방서 |
| ▷ 사진 및 시험결과 | ▷ 시설물관리대장 |
| ▷ 사고기록, 점검 및 진단이력 | ▷ 상태 및 안전성 평가기록. |

나. 일상 관리

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

1) 교량청소, 배수구 관리

시설물의 접근 가능한 모든 부위에 대해 적어도 1년에 1회 이상 청소를 실시한다.

2) 교량받침 관리

교량받침은 원활한 작동을 위하여 부식부위를 제거하고 윤활유를 주기적으로 주입한다.

3) 신축이음장치 관리

신축이음장치는 유간을 확보하기 위해 정기적으로 청소되어야 하며, 후타제에 대한 주기적인 관찰과 하부로의 누수 여부를 관찰하여야 한다.

4) 균열 관리

바닥판하면 및 교대, 교각에 발생된 균열은 보수 후에도 주기적인 관리가 필요하며, 정기 점검을 통하거나 필요에 따라서는 계측을 통한 유지관리가 필요하다.

5) 누수 관리

신축이음장치 불량으로 인한 교대 및 교각부 누수, 포장면 방수불량, 바닥판하면 균열부에 대해서는 누수의 영향과 보수 후에도 주기적인 관찰을 통한 유지관리가 필요하다.

5) 누수 관리

신축이음장치 불량으로 인한 교대 및 교각부 누수, 포장면 방수불량, 바닥판하면 균열부에 대해서는 누수의 영향과 보수 후에도 주기적인 관찰을 통한 유지관리가 필요하다.

1장

2장

3장

4장

5장

6장

7장

8장

9장

다. 점검 및 진단

점검은 주기적인 조사 및 관찰을 통해 시설물의 이상 및 손상을 조기에 발견함으로써 안전하고 원활한 기능을 확보하며 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다.

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

또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상시설물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단될 때에는 전문가에 의한 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

라. 보수 및 보강

점검이나 진단을 통해 손상을 발견하였을 경우, 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.

【표 8.19】 점검주기 및 주요조사항목

점검종류	점검주기	주요조사항목	비고
정기점검	반기1회	◦박리, 균열, 박락, 사용하중, 누수 등에 관하여 전회 점검 시와의 변형, 변위 발달상태	
정밀점검	2년1회	◦설계도서 및 관련자료 검토, 형상검사(규격, 변위, 변형, 침하 등) ◦상태검사(파열, 손상, 부식, 균열, 누수, 열화 등) ◦현장시험·측정(강도, 철근, 피복, 철근부식, 탄산화 등)	
긴급점검	필요 시	◦손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수작업의 규모, 주요보조부재의 내하력, 사용제한 여부 등	
정밀안전진단	정밀점검 결과에 따라 실시함	◦구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 정기, 정밀점검 상태로부터의 변화 확인 ◦구조해석 및 안전성, 내하력 평가	

【표 8.20】 정기점검 시 주요 조사내용

구분	주요조사내용
방법	◦도보에 의한 전 구간 육안 조사 실시 ◦등급에 따라 보수 및 청소를 실시한 후 동일 손상 재발생 여부 확인
바닥판	◦철근노출 및 콘크리트 파손부, 중·횡방향 균열발생 유무 확인 ◦단면보수 부위 콘크리트 탈락 유무 확인
교대 및 교각	◦우수 유입구 철근노출 및 재료분리로 인한 손상 발생구간 보수 후 중점 확인 ◦누수로 인한 손상 발생구간 보수 후 중점 확인 ◦철근노출, 파손 발생 여부 확인

【표 8.21】 정밀점검 시 주요 조사내용

구분	주요조사내용
방법	◦근접조사에 의한 외관조사 및 비파괴장비를 이용한 시험 실시 (정기점검 시 사용하지 않았던 장비를 이용한 조사임)
균열	바닥판 균열 ◦균열 폭 0.3mm이상의 균열 및 재균열, 신생균열 발생 여부 확인 ◦균열보수 중에는 주입용 주사기, 저압식 주입용 고무막 등이 수축되어 있으면 주입된 것으로 판단하여 보수여부 확인
	교대 및 교각부 균열 ◦균열 폭 0.3mm이상의 균열 및 재균열, 신생균열 발생 여부 확인
비파괴시험	◦탄산화 깊이측정시험 결과로 나타난 피복두께 부족부에 대한 비파괴시험 및 철근노출, 박락 등의 손상 발생 여부

【표 8.22】 정밀안전진단 시 주요 조사내용

구 분	주 요 조 사 내 용
균 열	◦보수, 보강 후 균열의 재발생 시 침하 및 상재하중 조사 실시 ◦휨 및 전단균열 → 균열진전 여부 중점적으로 확인
재료분리, 박락, 철근노출	◦최대 단면력 발생부에 대해 철근단면 부족 조사 → 구조검토 후 내하력 저하 시 보강 방안 검토
누 수	◦신축이음부를 통한 누수 및 기타 외부 유입수에 대한 영향 조사
비파괴시험	◦정밀안전진단 세부지침에 준하여 실시
안전성검토	◦수중조사를 통한 세굴검토 및 구조검토 등을 통해 안전성 확인

1장
2장
3장
4장
5장
6장
7장
8장
9장

【표 8.23】 각 구조부재별 중요도 및 점검항목

분 류	유지관리 점검항목	교량의 안전성 측면에서 본 중요도	교량의 내구성측 면에서 본 중요도	교량의 사용자측 면에서 본 중요도	해당 사항
상 부 구 조	교면 포장 - 포장체의 균열, 요철, 단차 및 함몰 - 청소상태 및 체수 가능성	▲	▲	◎	유(有)
	배수 시설 - 배수구, 배수관의 파손 상태 - 배수구 주위의 체수, 하부구조 누수 상태 - 배수구 주위의 퇴적물 및 오염상태	△	◎	○	유(有)
	난간 - 강재난간 : 부식발생 여부, 변형 및 파손 여부 - 연석 및 콘크리트 난간 : 균열, 박리, 파손 여부 - 철근의 노출	△	○	◎	유(有)
	바닥판 - 균열 및 탈락 : 일방향 균열, 이방향 균열, 콘크리트 탈락 및 함몰, 철근노출 포함 - 누수 및 백태 : 발생 균열 부위의 누수 여부, 백태현상 발생 여부 및 범위	◎	◎	◎	유(有)
	거더 - 강재거더 및 2차부재 : 부식발생 여부, 변형 및 파손여부 - 볼트풀림 및 탈락 여부	◎	◎	◎	유(有)
하 부 구 조	교각 - 전단력에 의한 전단균열 - 교대, 교각 코핑부의 박리 및 철근노출 - 교대와 날개벽 사이 균열	◎	◎	△	유(有)
	기초 - 기초의 세굴 진행 여부 - 기초의 침하와 파일 노출	◎	◎	△	유(有)

【표 8.23】 각 구조부재별 중요도 및 점검항목(계속)

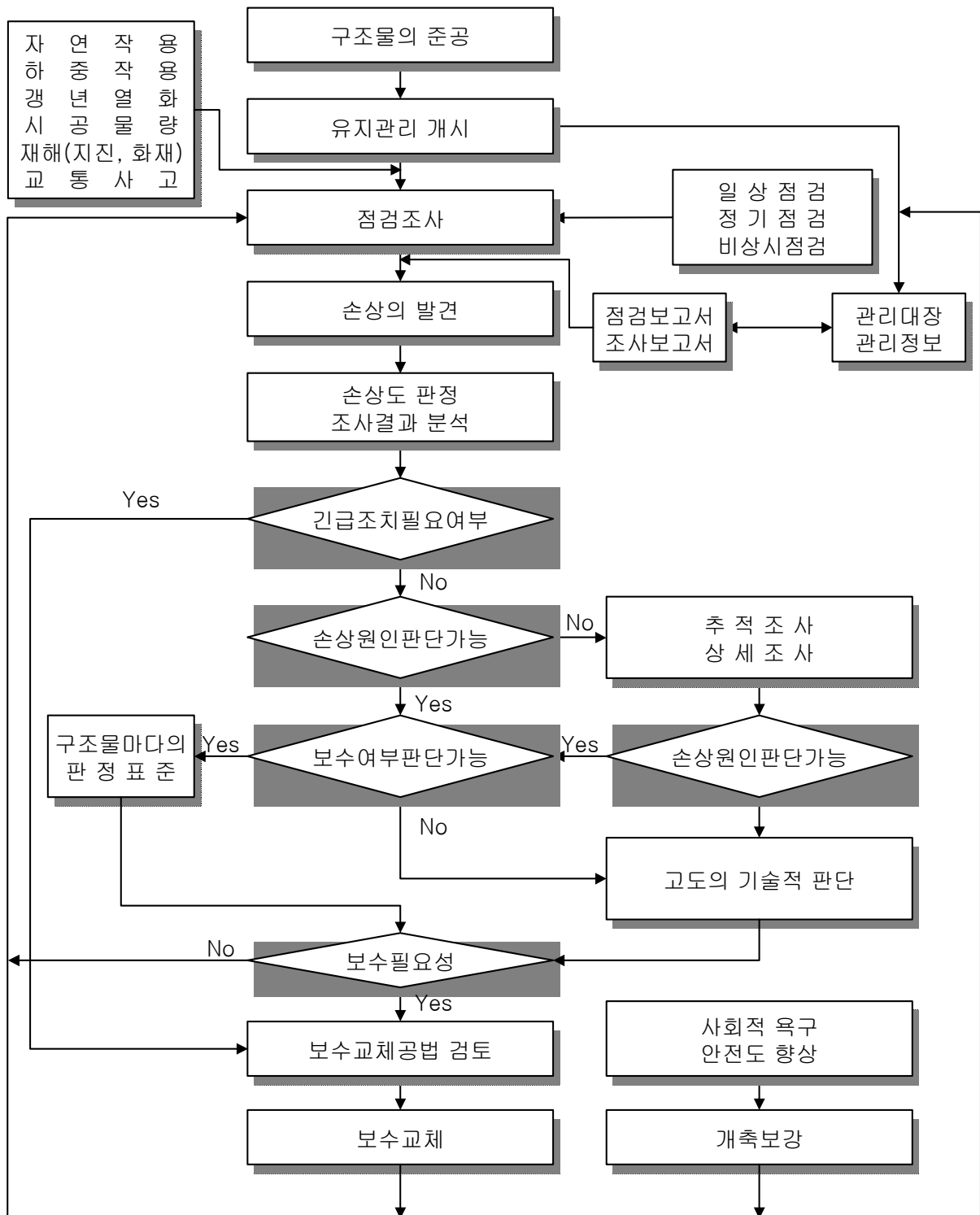
분 류		유지관리 점검항목	교량의 안전성 측면에서 본 중요도	교량의 내구성측 면에서 본 중요도	교량의 사용자측 면에서 본 중요도	해당 사항
부 속 시 설	신축 이음 장치	- 신축이음의 작동여부, 유간, 이상음 - 신축이음 본체의 재료적 열화, 균열, 파손 - 본체 방수재(실링재)의 파손, 하부구조로의 누수여부 - 앵커부의 이완, 탈락 및 파손 상태 - 본체의 이물질 유입 등 오염상태 - 무수축 콘크리트의 파손 및 주행성 상태	△	△	◎	유(有)
	받침 장치	- 받침의 고정된 상태와 손상, 노화부재의 유무 - 가동 받침의 작동 유무 - 앵커볼트의 변형 파손 유무, 너트 이완여부 - 강재 받침의 녹, 부식의 범위, 고무재 받침의 균열 - 고정단, 가동단, 받침의 정상유무 - 받침형식(가동·고정의 받침배치도)의 사함을 기재하여 이후의 유지관리업무에 대비 - 받침부 콘크리트와 충전 모르타의 균열발생 상황	○	△	△	유(有)

주) 1. 『국토교통부 시설물 유지관리지침』 참조

2. 범례 / ◎ : 대단히 중요함, ○ : 중요함, △ : 보통, ▲ : 미약

8.4.5 유지관리 절차

효율적인 유지관리를 위한 절차와 흐름은 다음 【그림 8.15】와 같다.



【그림 8.15】 유지관리 흐름도

8.4.6 일반 유지관리 점검표

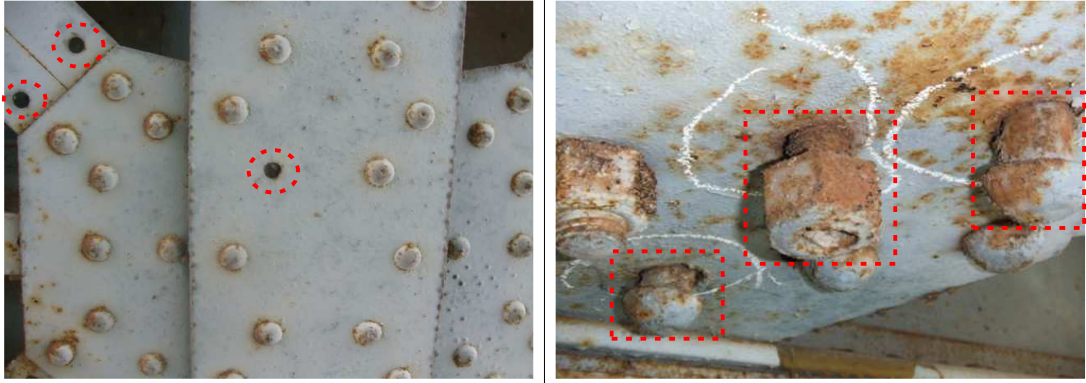
【표 8.24】 일반 유지관리 점검표

대상부재	점검부위	점 검 항 목	비고
바닥판	공 통	◦받침부(단부) 부스러짐, 사인장균열 ◦중앙부 휨균열 ◦교면포장 누수에 의한 바닥판하면 균열부누수, 백태 ◦신축이음 누수에 의한 바닥판 단부측 백태, 오염, 열화	
거 더 (RCB)	공 통	◦받침부 부스러짐, 복부 사인장균열, 연속교 상단 휨균열 ◦중앙부 휨균열, 거더처짐	
거 더 (SPG)	공 통	◦연결부 부식, 변형, 이완, 이상음, 볼트파손 ◦거더로의 우수유입 ◦리벳접합부 풀림, 탈락, 응력부식 발생 여부 ◦조류배설물에 의한 부식	
교대 및 교각	공 통	◦거더 또는 바닥판과 협착 ◦신축이음 누수에 의한 열화, 오염, 철근부식	
교량받침	공 통	◦교량받침의 가동 여유량 및 가동상태 주기적인 관찰 ◦탄성받침 부풀음 및 갈라짐, 과도한 변형 ◦강재받침 부식, 변형, 부속물 파손 ◦받침 콘크리트 및 무수축물탈 균열 추가 발생 여부 ◦신축이음 누수에 의한 부식	
신축이음	본 체	◦신축 여유량(유간)에 대한 관찰 및 기록 ◦본체 충격, 진동 및 파손(충격음, 흔들림) ◦주요 부재 파손, 마모 및 누수 여부	
	후타재	◦후타재 균열, 파손 및 누수 ◦단차(교면포장과의 평탄성) 발생	
	공 통	◦연석부 차수덮개 불량에 의한 하부로의 누수	
배수시설	공 통	◦배수구 막힘으로 인한 상면 체수 ◦배수관 부식에 의한 단면 손실	
교면포장	공 통	◦균열, 파손, 함몰(패임), 소성변형 ◦포장들뜸에 따른 체류수 유출	
	후타재 전·후	◦단차, 침하, 이격 ◦체류수 유출	
난간 및 연석	공 통	◦콘크리트 파손 및 철근노출 ◦차량충돌로 인한 파손	

8.4.7 정밀안전진단 결과에 따른 중점유지관리 사항

본 연인교 시설물에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과에 따른 안전등급은 “B등급”으로 산정되었으며, 외관조사 결과 조사된 주요 손상은 강재 거더의 도장박리 및 부식·점부식과 바닥판 및 RC BOX 거더 파손, 철근노출, 박리, 박락 등의 단면손상, 교각 기초부 침식 및 골재 노출 등이다.

따라서 시설물의 안전성과 장기적인 내구성 확보를 위해 적절한 보수를 실시하고, 보수 상태 및 손상의 진전 여부, 추가발생, 유지관리 상 중요부분 등에 대하여 중점유지관리 사항으로 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

조사항목	Steel Plate Girder 및 2차 부재 도장박리·부식	
현황사진		
손상현황	공용기간 증가에 따른 도장재료 열화와 습윤 환경의 영향에 의해 전 경간에 걸쳐 거더 상·하부플랜지 및 보강재(Stiffener)에 발생	
점검방법	점검로 및 교량점검차량을 이용한 육안점검	
점검도구	외관조사망도, 사진기 등	
점검기록	2015년 03월 : Steel Plate Girder 전 구간 발생	
조사항목	Steel Plate Girder구간 리벳폴립 및 탈락, 볼트체결 보수부 폴립	
현황사진		
손상현황	- 시설물의 장기공용에 따른 리벳머리 부분의 노후에 의해 발생 - 기본적으로 강구조의 접합부는 응력집중을 받는 곳이므로, 시간이 경과함에 따라 손상규모가 확대될 우려가 있음	
점검방법	점검로 및 교량점검차량을 이용한 육안점검	
점검도구	외관조사망도, 사진기, 점검망치 등	
점검기록	2015년 03월 : Steel Plate Girder 하부플랜지~보강재 접합부 일부에서 발생	

1장
2장
3장
4장
5장
6장
7장
8장
9장

조사항목	Steel Plate Girder구간 바닥판 하면 균열·백태	
현황사진		
손상현황	초기 재료적 특성과 온도영향에 의해 발생된 균열손상부에 습윤 환경의 영향으로 바닥판하면 전 구간(S2~S7)에 국부적으로 발생	
점검방법	점검로 및 교량점검차량을 이용한 육안점검	
점검도구	외관조사망도, 사진기 등	
점검기록	2015년 03월 : Steel Plate Girder구간 국부적 발생	
조사항목	Steel Plate Girder구간 바닥판하면 지점부 콘크리트 박리, 철근노출	
현황사진		
손상현황	- 시설물의 장기공용에 따른 콘크리트 열화 및 신축이음 누수의 영향에 의해 바닥판하면 일부 지점부에 발생 - 시간이 경과함에 따라 손상규모가 확대되고 재료열화를 촉진시켜 콘크리트 박락 및 철근부식 등의 2차적인 손상을 유발하며, 장기적으로 내구성 저하의 원인이 됨	
점검방법	점검로 및 교량점검차량을 이용한 육안점검	
점검도구	외관조사망도, 사진기, 점검망치 등	
점검기록	2015년 03월 : Steel Plate Girder구간 일부에서 발생	