

제 6 장 보수보강 및 유지관리

6.1 개요

6.2 보수·보강 선정기준

6.3 보수·보강 방안

6.4 보수·보강 개략공사비

6.5 유지관리 방안

제 6 장 보수보강 및 유지관리

6.1 개요

시설물의 수명유지를 위해서는 구조물에 발생된 결함 및 손상에 대해서 점검 및 진단을 통하여 그 원인을 파악하고 구조물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절한 보수·보강 공법 및 시기를 선정하는 것이 중요하다. 일반적으로 손상부위에 대한 보수·보강을 실시하더라도 그 효과에 대해 예측하기 곤란한 경우가 많아 통상 설계·시공법의 연구, 기술의 검토 및 효과에 대한 실험 등을 통하여 보수·보강의 효과를 증진시키기 위한 방법을 강구하고 있다.

본 과업에서는 각 구간별로 세부지침 및 보수·보강에 입각한 외관조사 및 내구성 조사를 실시하였으며 이러한 상세 분석을 통하여 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고 그 결과를 활용하여 용벽 시설물의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강 방안을 제안하였다.

모든 구조물은 시간이 경과함에 따라 여러 가지 원인에 의하여 손상이나 결함이 발생하게 되고 그대로 방치해 두면 점진적으로 발전하여 대형사고의 원인이 될 수 있다. 본 과업대상구조물에 대한 외관조사 및 내구성조사 결과 일부 부재에서 내구성 확보를 위한 보수가 필요한 것으로 평가되었으며, 현 상태의 내하력, 내구성, 기능성 등의 성능유지 및 증대를 위해서 실시하여야 하며 보수·보강 구간에 대하여는 시행에 앞서 다음과 같은 기본방향 설정이 필요하다.

보수공법의 선정시 시공성 및 경제성을 고려한 효과적인 공법을 선정하여 시행한다.

보수공법의 우선순위는 내구성 및 내하력에 미치는 영향을 고려하여 완급을 결정한다.

보수공법의 적용은 구조물의 안전에 최우선을 두고 공사시 참여 인원의 안전관리에 최선을 다하여야 한다.

이러한 보수·보강 방법의 기본방향은 장기적으로 설계 내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있으며 1) 결함 및 손상에 대한 원인에 따른 내하력 확보 차원의 보수·보강방법, 2) Con'c 및 철근의 내구성 확보차원의 보수, 3) 외관상태의 결함

에 대한 보수, 4) 구조물의 유지관리 차원의 보수에 대한 방법을 제시하는데 있다.

본 교량에 발생한 주요 손상 및 결함에 따른 보수·보강안은 <표 6.1.1>의 보수·보강일람표에 작성·요약하였으며 이에 따른 부위별 손상 및 결함을 외관조사망도(부록에 첨부)에 표기하여 제시하였다. 또한, 구조물의 보수 우선 순위 선정은 손상의 크기, 부재의 중요도 및 구조물의 유지관리를 종합적으로 고려하여 선정하였다.

<표 6.1.1> 보수·보강 일람표

부재		결함내용	보수방안	손상 물량	단위	우선 순위	비고
교면포장		포장 균열	주의관찰	188.00	m	-	
		포장마모 및 망상균열	주의관찰	7072.00	m ²	-	
		포장 망상균열	주의관찰	858.88	m ²	-	
		포장 박락	주의관찰	33.50	m ²	-	
		포장 박리	주의관찰	142.81	m ²	-	
		포장 체수	주의관찰	3.20	m ²	-	
		포장 파손	소파보수(초속경)	0.11	m ²	2	
		접속부 이격	주의관찰	34.00	m	-	
방호벽, 난간		균열(폭:0.3mm미만)	표면보수	57.20	m	2	
		균열부 백태	표면보수	8.20	m	2	
		난간덮개탈락	주의관찰	1.00	EA	-	
		난간변형	난간 교체	7.40	m	1	
		박락	단면보수	1.62	m ²	1	
		박리	단면보수	1.20	m ²	1	
		보수부 재균열(폭:0.3mm미만)	표면보수	41.20	m	2	
		철근노출	단면보수(방청)	2.37	m ²	1	
		파손	주의관찰	0.10	m ²	-	
		균열(폭:0.3mm미만)	하자보수	3.00	m	-	
바닥판하면		균열	하자보수	0.02	m ²	-	
		파손	하자보수	0.04	m ²	-	
		균열(폭:0.3mm미만)	하자보수	3.00	m	-	
		백태	하자보수	0.02	m ²	-	
		재료분리	하자보수	0.81	m ²	-	
거더 및 가로보	내부	실런트 미시공	주의관찰	203.00	EA	-	
	외부	균열	주의관찰	0.04	m ²	-	
		도장박리	주의관찰	0.01	m ²	-	
		도장박리 및 부식	주의관찰	0.02	m ²	-	
		부식	주의관찰	0.02	m ²	-	

<표 6.1.1> 보수·보강 일람표(계속)

부재		결함내용	보수방안	손상 물량	단위	우선 순위	비고
받침장치		교량받침부식	주의관찰	7.00	EA	-	
		받침고무패드파손	주의관찰	0.01	m ²	-	
		받침몰탈 균열(0.3mm미만)	표면보수	1.55	m	2	
		받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	표면보수	0.40	m	2	
		받침콘크리트 박리	단면보수	0.70	m ²	2	
하부 구조	교대	균열(0.3mm이상)	하자보수	13.20	m	-	
		균열부백태	하자보수	11.20	m	-	
		누수오염	주의관찰	8.75	m ²	-	
		들뜸	하자보수	0.90	m ²	-	
		박락	하자보수	0.41	m ²	-	
		백태	하자보수	0.10	m ²	-	
		보수부 재균열(폭:0.3mm미만)	하자보수	4.20	m	-	
		실린트 찢김	실린트 충전	2.50	m	3	
		체수흔적	주의관찰	3.75	m ²	-	
		토사퇴적	정비(청소)	4.50	m ²	3	
		파손	하자보수	0.02	m ²	-	
	교각	균열(폭:0.3mm미만)	하자보수	41.20	m	-	
		균열(폭:0.3mm이상)	하자보수	1.00	m	-	
		굽힘	주의관찰	0.01	m ²	-	
		누수 및 백태	하자보수	0.50	m ²	-	
		누수오염	주의관찰	0.15	m ²	-	
		망상균열(폭0.1mm)	하자보수	30.50	m ²	-	
		박리	하자보수	0.85	m ²	-	
		백태	하자보수	0.02	m ²	-	
		보수부 재균열(폭:0.3mm이상)	하자보수	0.40	m	-	
		자재적치	정비(청소)	2.00	EA	3	
		파손	하자보수	0.44	m ²	-	
배수시설		그레이팅 변형	그레이팅 교체	1.00	EA	2	
		배수구 막힘	정비(청소)	102.00	EA	3	
		집수정 설치불량	주의관찰	1.00	EA	-	
		집수정 세굴	되메우기+다짐	2.50	m ²	1	
신축이음		신축이음 하부 실린트 찢김	실린트 충전	1.30	m	1	
		유간 토사퇴적	정비(청소)	10.20	m	3	
		차수판 변형	주의관찰	0.10	m	-	
		차수판 볼트탈락	볼트 재체결	2.00	EA	2	
		차수판 볼트풀림	볼트 재체결	3.00	EA	2	
		후타재 균열(0.3mm미만)	주의관찰	10.50	m	-	
		후타재 망상균열	주의관찰	7.96	m ²	-	
		후타재 파손	단면보수	0.09	m ²	1	

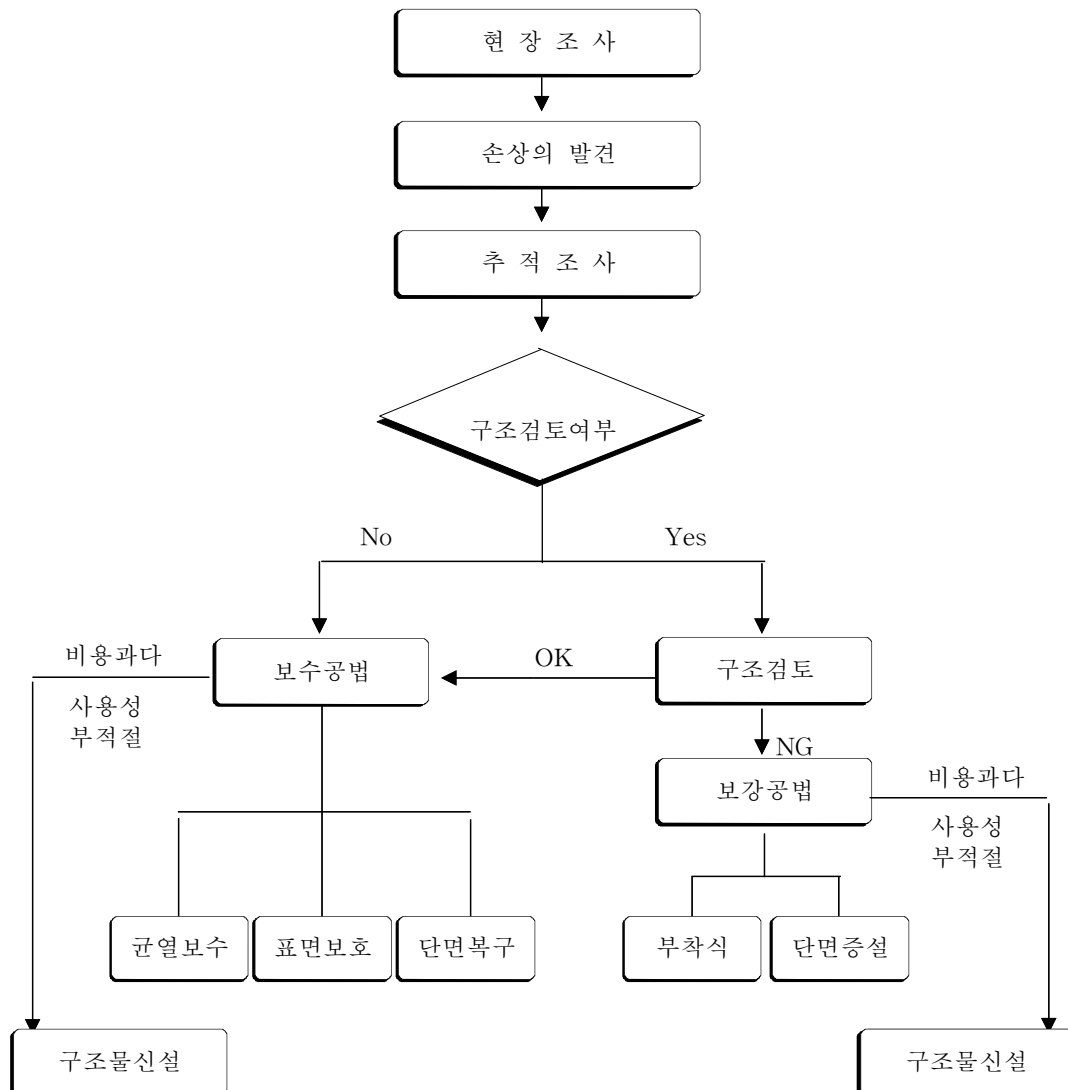
6.1.1 보수·보강 공사의 우선순위

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

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

6.1.2 보수·보강의 업무 흐름도

○ 보수·보강의 업무흐름은 다음 그림과 같다.



<그림 6.1.1> 보수·보강의 업무흐름도

6.2 보수 · 보강 선정기준

6.2.1 보수 · 보강 선정

대상 시설물에 대한 정밀점검 과업수행시 실시한 외관 상태조사 결과를 분석한 후 보수가 필요한 부위에 대해서는 구조물의 사용성 및 내구성저하방지를 위해 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

보수 · 보강공법을 선정할 때에는 ① 경제적이고, ② 재료의 품질에 좋은 것이며, ③ 설계이론이 분명한 것이어야 하며, ④ 시공기간이 짧으며, ⑤ 안정성에서 문제가 없으며, ⑥ 미관상 수려하며, ⑦ 환경문제가 적은 것을 택하여야 한다.

구조물의 손상은 사례가 다르며, 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용하여 발생하는 경우가 많으므로 정량화된 공법을 제시하기가 매우 어렵다.

보수 · 보강 방법은 건설교통부에서 발행한 “구조물의 보수 · 보강공법 편람”을 기준으로 하여 부재별 보수 · 보강 방법을 선정하였다.

<표 6.2.1> 보수 · 보강공법 선정기준

보수 · 보강공법	내 용
필요성	외관조사 결과 손상상태 평가 C급 이하인 경우
우선 순위 결정	손상정도 및 구조적 안전성 검토 결과에 의거 장 · 단기 대책수립
공법	국내외 최신 기술과 시공실적을 고려하여 각 손상별 공법검토
안전성	보수 · 보강실시 후 공용하중에 대한 안전성을 확보 여부 검토
시공성	현장작업 여건과 교통 불편을 최소화할 수 있는 공법 검토
경제성	시공 가능한 공법 중 내구성 · 안전성을 고려하여 가장 경제적인 공법을 선정
유지관리 차원	공학적인 측면에서 보수 · 보강공법을 검토하여 시설물의 효율적인 유지관리에 문제점이 없는 방안 검토
설계서 작성	보수 · 보강 도면 및 관련 시방서 작성

6.2.2결합 및 손상별 보수·보강 선정기준

가. 보수·보강 우선순위 선정기준

<표 6.2.2> 우선순위 선정기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 “대통령이 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 중성화에 따른 내력손실 주요부재에 발생한 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우
	2순위	보조부재에 발생한 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나 철근부식 가능성이 있는 손상 상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상
장기	3순위	즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
	4순위	방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성을 위해 보수가 필요한 상태
	5순위	기능발휘에는 지장이 없으나, 내구성 증진을 위해 연차보수가 필요한 경우
	6순위	발생된 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우

나. 기능별 우선순위 선정

<표 6.2.3> 내구성 우선순위 선정기준

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

다. 수밀성 기준

<표 6.2.4> 수밀성 우선순위 선정기준

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

라. 안전성 기준

<표 6.2.5> 안전성 우선순위 선정기준

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

마. 미관성 기준

<표 6.2.6> 미관성 우선순위 선정기준

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

6.3 보수 · 보강 방안

6.3.1 균열부 보수공법

가. 균열부 수지주입공법

1) 현황 및 개요

균열보수 공법의 적용 기준은 콘크리트 구조설계기준('07)의 사용성 및 내구성 허용균열 폭 검토(제4장 사용성 및 내구성 참조)에 근거하였으며, 이에 외관조사에 조사된 균열 중 폭이 0.3mm를 초과하는 경우에 수지주입공법을 활용하는 것으로 균열보수를 실시한다. 균열부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안정성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용하여야 한다.

한편, 본 용벽 구조물에 발생한 균열은 $C_w \leq 0.2\text{mm}$ 의 미세한 균열이 대부분이나 일부 구간에서 $C_w \geq 0.3\text{mm}$ 의 균열이 발생하여 내구성확보를 위한 보수를 수행하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

2) 수지주입 공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며 <표 6.3.1>는 수지주입공법의 종류이다.

<표 6.3.1> 수지주입공법의 종류

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

종래에는 수동식 기계주입 방법이 많이 이용되고 있으나, 이 방법은 주입량을 정확하게 파악할 수 없으며, 관통하지 않은 균열은 균열 깊이까지 보수재료를 주입하기가

곤란하다. 또한 주입압력이 너무 높으면 균열을 넓혀 주는 등의 문제점이 있다.

한편, 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있으며, 자동주입식 기계주입은 패커를 이용 자동주입기에 의하여 이소시아네이트 수지를 주입(건교부 지정 건설신기술 제359호)하는 방법으로 균열부위가 완전히 충전되는 특징이 있다.

압입식 수지주입공법 적용

이 공법은 균열 위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압, 자동식 기계 등으로 수지를 주입하는 방식으로 압입방식은 <표 6.3.2>과 같다.

<표 6.3.2> 압입식 수지주입공법

압입방식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	플라스틱제의 압력탱크
압축실린더에 의한 유압으로 주입	금속제의 실린더
고무시트의 복원력으로 주입	플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
고무풍선압으로 주입	고무풍선
고무밴드의 복원력으로 주입	플라스틱제 실린더와 피스톤
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

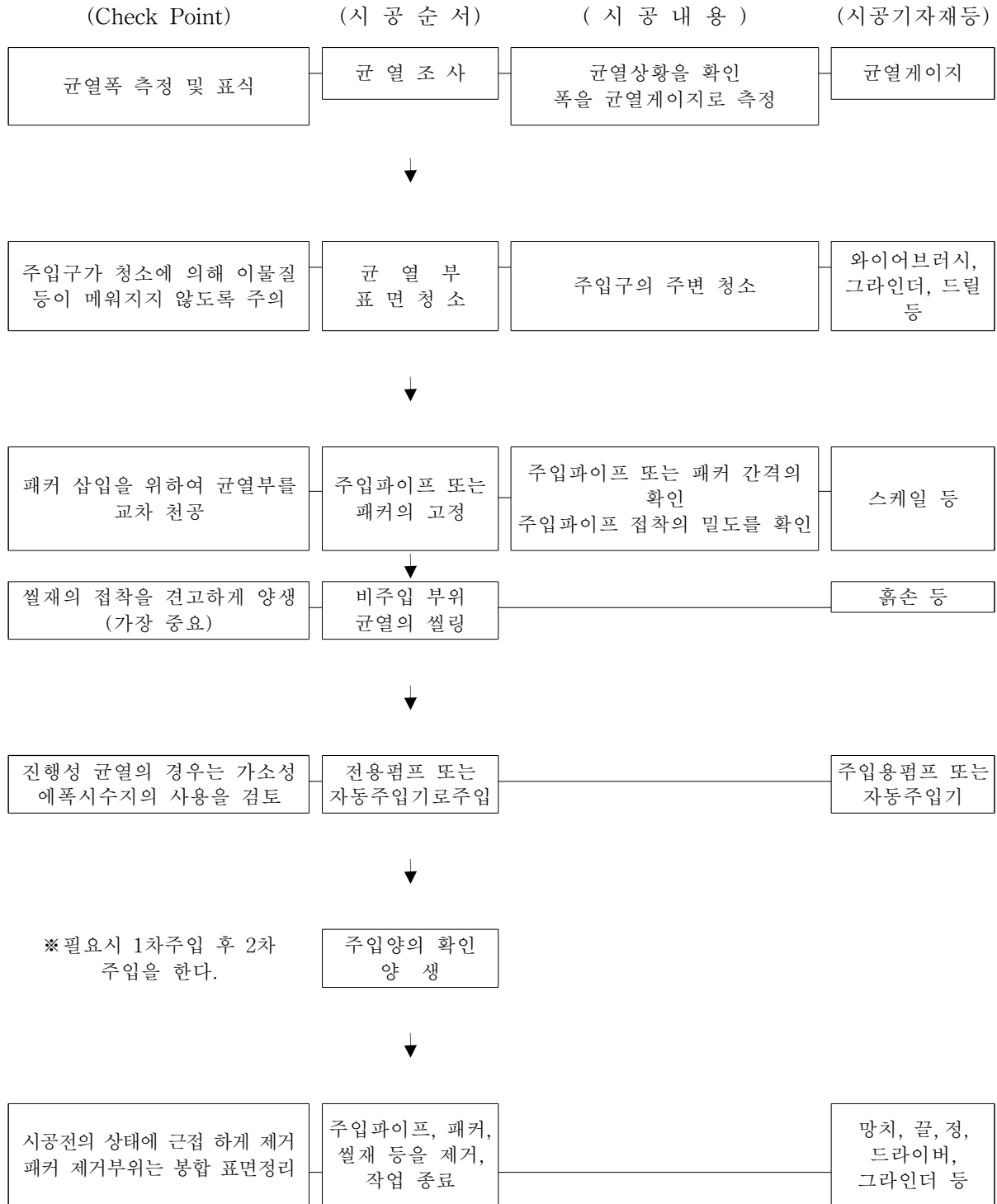
이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열폭에 알맞은 수지의 점성도는 <표 6.3.3>과 같으며, 일반적인 주입 파이프의 간격은 <표 6.3.4>와 같다.

<표 6.3.3> 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

형 상		점성도(20℃, cp)	주입 가능한 균열폭
액 상	저점성도	500 ± 200	0.1mm 전후
	고점성도	1,500 ± 500	0.2mm 전후
겔 상태		6,000 ± 1,000	0.5~5mm 전후

<표 6.3.4> 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

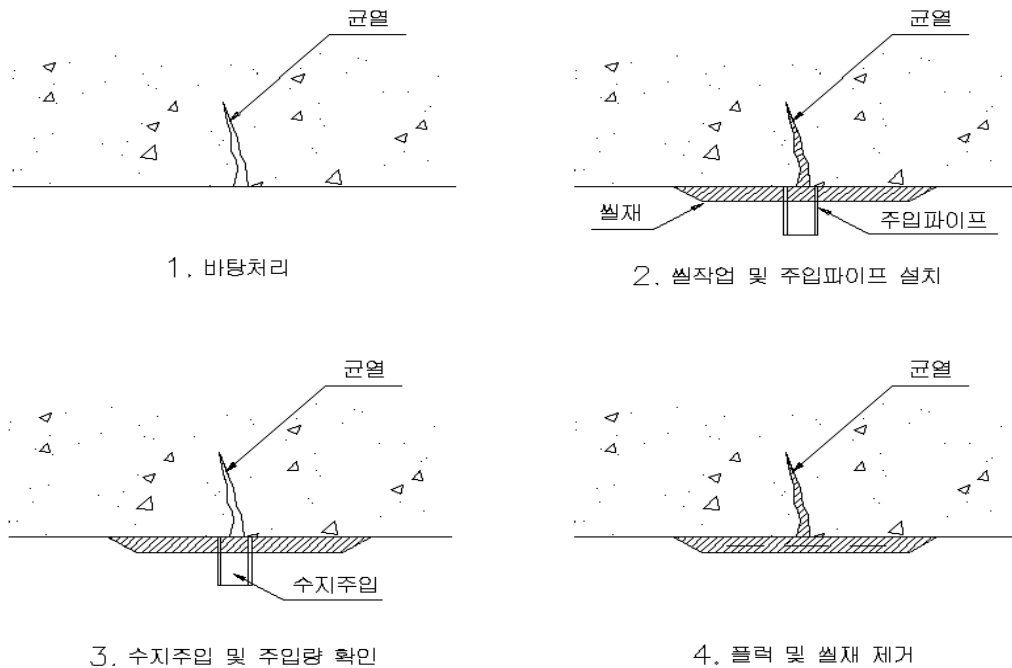
균열 폭 (mm)	주입파이프/패커 간격 (mm)	비 고
0.3 이하	50 ~ 100	
0.3 ~ 0.5	100 ~ 200	
0.5 ~ 1.0	150 ~ 250	
1.0 이상	200 ~ 300	



<그림 6.3.1> 수지주입 공법 시공 흐름도

- 주입재는 에폭시수지계 또는 이소시아네이트수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있다. 무기질계 슬러리는 습윤 환경하에서도 사용이 가능하나, 반면에 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.
- 수지주입공법의 흐름도 및 공법 개요는 <그림 6.3.1>, <그림 6.3.2>와 같고, 수지계

주입재의 특징은 <표 6.3.5>와 같다.



<그림 6.3.2> 균열 수지주입 공법 개요도

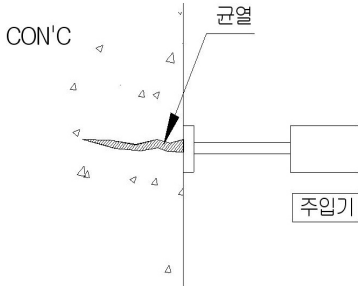
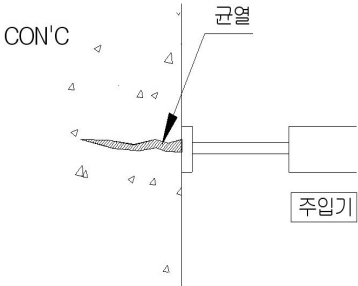
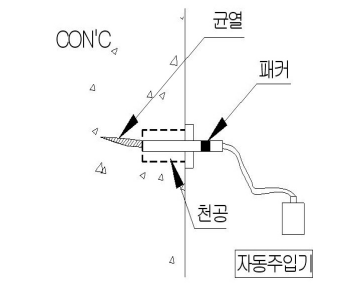
<표 6.3.5> 수지계 주입재의 특징

재료명	주요 성분	특징 · 용도
에폭시수지계 균열주입재	에폭시수지	균열, 추종성이 양호 적용가능 균열 폭은 0.2~2.0mm
	유연형 에폭시수지	경화물의 유연성이 풍부하여 진행성 균열에 적합 균열 및 알칼리골재반응의 성능저하 보수에 적합
	자기유화형 에폭시수지	수중경화, 콘크리트 중의 수분과 반응 강도특성이 뛰어남 균열 폭 0.15mm 이상에 적용
	에폭시수지, 포틀랜드 시멘트	수중경화형 에폭시수지와 시멘트의 반응으로 발포 적용 균열 폭 1.0mm~10.0mm
폴리머 시멘트계 주입재	에폭시수지계 에밀전 미분말충전재 조강시멘트	균열 폭 5.0mm 이상에 적용 습윤면에 대하여 접착성이 우수 알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합
이소시아 네이트 수지 주입재 (건설 신기술 제359호)	일액형 친수성 (에폭사+우레탄+아크릴+이 소시아네이트)	균열, 누수 및 습윤면 접착강도 우수(누수 심한 곳 2.5kg/cm ² 수압 차단) 균열, 추종성이 양호 적용가능 균열 폭은 0.2~10.0mm 환경친화 제품으로 화기위험 및 냄새 없음 진동 및 거동으로 인한 작업부를 자체 압력으로 균열부 추종 불합

3) 시공시 주의사항

- 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다. 보수부 콘크리트의 표면 온도는 10℃ 이상을 표준으로 하고 있으므로 기온차가 심한 경우에는 기온의 변화에 대응하는 에폭시계 수지의 성상을 조사하여 두고 겨울철 부득이 시공하는 경우에는 가열양생 등의 조치를 생각할 필요가 있다.
- 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다. 일반적으로 에폭시계 수지의 경화시간이란 접착제를 혼합해서 충분한 접착강도가 보증되는 작업 가능시까지의 시간을 말하나 기온, 혼합량의 대소 등에 따라서도 다르므로 주의해야 한다.
- 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 롯트마다 시험을 실시하여 품질의 확인이 필요하다.
- 썰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 썰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 마무리하며, 이소시아네이트수지를 주입한 경우에는 패커 제거후 제거흙 썰링제로 밀봉한 후 그라인더로 표면처리 한다.
- 이소시아네이트 수지는 격자로 주입하며 1차 주입 후 2차 주입을 한다.

<표 6.3.6> 수지주입공법의 비교

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

<표 6.3.6> 수지주입공법의 비교(계속)

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

6.3.2 단면복구 공법

가. 공법개요

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

나. 시공방법 및 순서

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

1) 표면처리

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

2) 표면청소

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

3) 철근부식방지

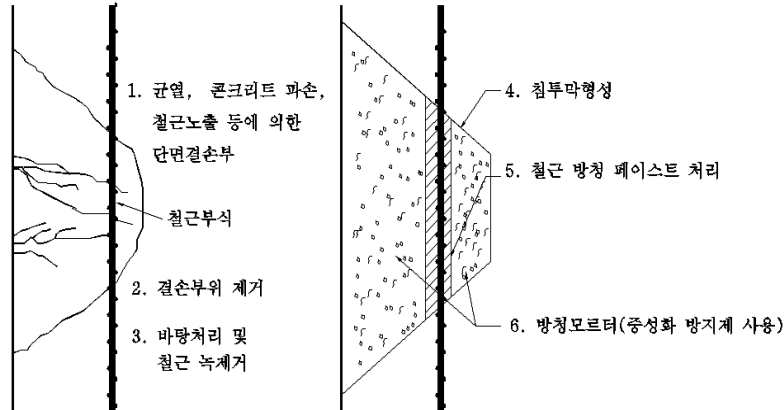
- 철근부식 방지를 위해 방청제를 도포하며 철근의 방식성, 단면보수재 및 철근과의 부착성이 좋은 재료를 사용하여야 한다.

4) 접착력 강화

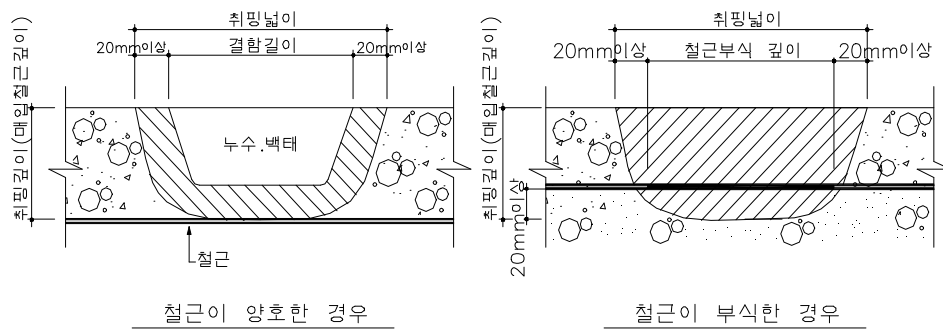
- 신·구 재료의 접착력 강화를 위하여 붓이나 에어 스프레이 건을 사용하여 접착제를 균일하게 도포 한다. 콘크리트면과 밀착성이 뛰어나고 탄성계수, 열팽창계수, PH 등이 비슷한 규산염계, 폴리머 계통 접착제 등 사용한다.

라. 단면 복구재

- 기존 콘크리트 탈락부위에 특수 조강 무수축 모르타르를 바른다.



<그림 6.3.3> 콘크리트 단면복구공법 개요도



<그림 6.3.4> 결합부위의 단면 치핑 개요도

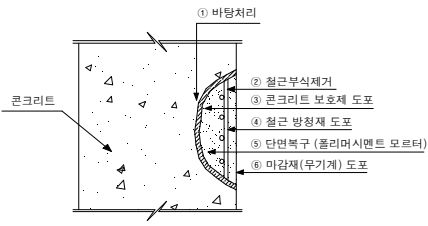
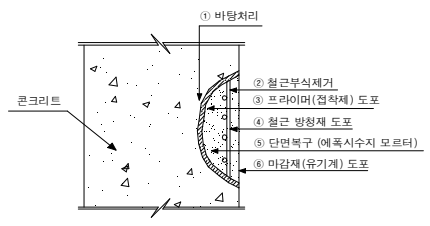
- 시공방법은 <그림 6.3.3> 및 <그림 6.3.4>와 같은 순서에 의하여 이루어지며, 사용재료의 특성은 다음과 같아야 한다.
- 철근방청재 - 철근의 방식성, 단면보수재 및 철근과의 부착성이 요구되는 방청 페이스트 사용.
- 바탕처리재(접착제) - 콘크리트면과 밀착성이 뛰어나고 탄성계수, 열팽창계수, PH 등이 비슷한 규산염계, 폴리머 계통 접착제 등 사용.
- 단면복구재 - 콘크리트와의 일체성, 부착성이 요구되며 폴리머시멘트, 방청 모르타르, 수지 모르타르 등 사용.

마. 시공시 주의사항

- 표면의 열화된 부분을 완전히 제거하되 내부에 추가 열화된 콘크리트는 수공구 또는 전동햄머 등의 전동공구를 사용하여 완전히 제거한다.
- 철근의 부식 부분을 수공구 또는 샌더 등의 전동공구를 사용하여 완전히 제거한다.

- 열화된 콘크리트와 철근의 부식을 제거한 후 고압수세정기 (100~150kg/m²)를 사용하여 표면위에 남아있는 이물질을 완전히 제거한다.(물을 사용할 수 없는 경우에는 압축공기나 진공청소기를 사용한다.)
- 세정순서는 윗쪽에서 아래쪽으로 하고 오염된 물이 아래쪽 벽면에 부착되지 않도록 주의하여 세정하며, 겨울철에는 동결에 유의한다.
- 세정시 물을 사용한 경우에는 충분히 건조하여야 한다.
- 방청제 및 접착제 도포시 제품 특성에 따른 표준도포량 확인하여야 하며 도포방법은 로울러나 도료작업용 붓, 에어스프레이건 등을 사용하여 충분히 함침이 되도록 균열하게 도포한다.
- 단면복구용 모르타르는 콘크리트 표준시방서에 준하며, 재료의 혼합, 취급 및 주의사항은 별도의 제품 시방규정에 의한다.

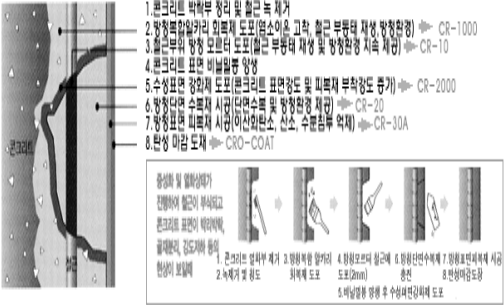
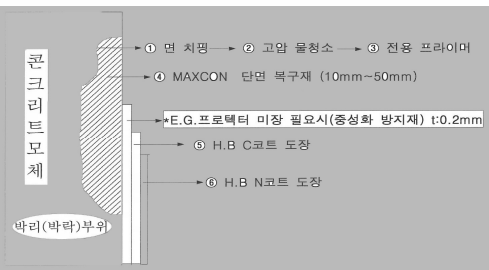
<표 6.3.7> 단면복구공법 재료비교

구 분	제 1 안 폴리머시멘트 모르터 공법	제 2 안 에폭시수지 모르터 공법
개요도		
공법 개요	- 콘크리트 손상부위 및 철근 부식부를 제거하고 콘크리트 보호제를 도포한 후 철근을 방청하고 무기계인 폴리머시멘트 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
시공 방법	- 치핑/고압수 세척 → 철근의 부식제거 → 콘크리트 보호재(침투성) 도포 → 철근 방청제 도포 → 폴리머시멘트 모르터로 단면복구 → 마감재(무기계) 도포	- 치핑/고압수 세척 → 철근의 부식제거 → 프라이머(접착제) 도포 → 에폭시수지 모르터로 단면복구 → 마감재(유기계) 도포
장점	- 철근의 방청효과가 우수하고 재부식 확률이 없음 - 철근 노출부 보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 - 폴리머시멘트의 사용으로 콘크리트 탄산화 방지 효과가 우수	- 인장, 휨강도가 콘크리트보다 우수 - 재료 자체의 접착성 및 내마모성이 우수 - 경화시간이 빠름
단점	- 일반적으로 한번의 시공두께가 얇기 때문에 목표두께가 두꺼울 경우 공정이 증가함 - 보통 형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐	- 방청효과가 확실하지 않음 - 유기계 재료로서 통기성이 없으므로 재부식 발생 우려 - 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움

<표 6.3.8> 단면복구공법 비교안

구 분	리코시스템 (특허 0926526호)	CAM SYSTEM (특허 0807761호)
신기술 명칭	- 시멘트 모르타르의 성능 최적화 및 균열 제어를 위한 보강 섬유의 균등분산용 특수 분사장치를 사용하는 열화 콘크리트 보수공법	- 알파형 반수석고를 이용한 시멘트 조성물 및 이를 이용한 시공방법
개요도	 1. 표면처리 2. 고입물 세척 3. 철근 녹제거 4. 방청제 도포(Reco-Strong) 5. 폴리머 몰탈(Reco-Mortar) 6. 표면보호재 도포(Reco-Seal, 선택시) 콘크리트 구체	 콘크리트 <시공순서> ① 표면처리 ② 고입물 세척 ③ 구체강화제 도포 ④ 고입세정 ⑤ 단면복구(폴리머 모르타)
공법 개요	- 칼슘실리케이트 수화물 형성으로 조직을 치밀화하여, 내구성 및 강도를 증진시키고 구조물 표면에 물리, 화학적 성능이 우수한 방호막을 형성하여, 구조물의 내구성(탄산화, 염해, 방수, 방식) 증진 및 오염방지 기능이 우수한 수용성 친환경 보수공법	- 콘크리트의 열화 또는 중성화, 철근의 부식을 화학적 방법을 통하여 철근의 부식을 중지시키고 열화, 균열 및 오염된 콘크리트를 새 콘크리트로 환원하여 콘크리트의 내구성을 향상시키는 공법
장 점	- 시공 공정이 간단(수용성, 속건형, 일액형 타입) - 염해, 탄산화 방지및강재 방식성능 우수 - 오염방지 기능으로 미관개선 효과 우수 - 내굴곡성과 균열 추종 기능이 우수하며, 미세균열 자가치유 - 동절기에도 유연성과 탄성을 보유함으로서 장기 내구성 유지 - 부착강도 우수	- 무기계 재료로서 습윤면 시공 가능 - 폴리머 모르타르로 건조수축균열 억제 - 구체강화제를 도포하여 열화 콘크리트의 알칼리화, 표면강도증가 및 중성화 억제 가능 - PVA섬유 혼입으로 인성 및 휨강도 증대
단 점	- 무기질 세라믹 필러 함량이 높아 충분히 교반을 하여야 함 - 시공에 대한 기초 지식이 필요함	- 다단계 시공으로 단계별 품질관리가 필요 - 시공 전문가 필요

<표 6.3.8> 단면복구공법 비교안(계속)

구 분	CROS 공법 건설신기술 288호	E.G프로텍트 공법 (특허 10-0675603)
신기술 명칭	방청복합알칼리회복제 및 아질산계분말 방청제가 혼입된 폴리머시멘트모르타르를 이용한 손상된 RC구조물의 보수공법	마이크로 세라믹 파우더와 재분사성수용성 폴리머등 첨가제가 함유된 무기계로서 시멘트의 강성과 재분산성 수용성 폴리머의 신축성을 함께 가지는 공법
개요도		
공법 개요	방청복합 알칼리회복제와 아질산계 분말방청제 혼입 폴리머 시멘트 모르타르를 병용사용하여 중성화 및 염해 등에 의해 손상된 RC구조물을 보수하는 공법	열화된 단면을 전용프라이머 도포후 염선된 규사, fiber, 특수첨가제가 들어간 MAXCON 700 모르타르로 단면복구 후 마이크로 세라믹 파우더와 재분산성 수용성 폴리머등 첨가제가 함유된 무기(시멘트)계인 E.G프로텍터로 코팅 위에 H.B 코트로 마감하여 열화된 구조물의 단면복구 및 중성화를 방지하는 공법
장 점	- 부식철근 아질산 방청성분에 의한 철근 부동태 재생, 방청 - 콘크리트 표면 강화 - 환경친화적인 수성제품	- 점성, 방수성, 내구성이 우수 - 염화물이 포함되어 있지 않음 - 열팽창계수가 콘크리트와 비슷하여 층간 박리가 없음 - 플라스틱 단섬유를 포함하고 있어 두꺼운 부위도 한번에 시공가능
단 점	- 시공실적 적음 - 습윤면의 부착이 다소 어려움 - 공정이 복잡함 - 손미장에 의한 천장부위 품질확보 난이	5℃이하에서는 작업이 곤란 - 재료특성상 전문시공 필요

<표 6.3.8> 단면복구공법 비교안(계속)

구 분	레미가드 공법 건설신기술 462호	코러실 공법 (신기술 제345호)
신기술 명칭	- 아질산계 하이드로 탈사이트를 혼입한 단면복구 모르타르 및 밀폐형 건, 습식 복합 분체이송, 압송장치에 의한 콘크리트 구조물의 보수공법	- 금속혼합물(산화알루미늄+망간+아연+규소+리튬+티타늄)을 이용하여 강력한 금속피막을 형성하여 외부의 열화인자로부터 구조물보호하는 공법
개요도		
공법 개요	- [Mg/Al/OH]층 사이에 NO2의 음이온을 적층시킨 아질산계 하이드로탈사이트를 혼입하여 철근부식억제 기능을 지닌 단면복구모르타르를 재료의 분리가 없이 150m까지 밀폐형으로 분체이송하는 건식 이송방법과 이송된 단면복구모르타르의 혼합과 펌핑이 동시에 수행되는 일체형 믹싱 압송장치를 사용하는 습식공법이 결합된 건. 습식 복합 분체이송 기계장치에 의한 대형 철근콘크리트 구조물의 단면보수공법	- 금속혼합물(산화알루미늄+망간+아연+규소+리튬+티타늄)을 이용하여 강력한 금속피막을 형성하여 외부의 열화인자로부터 구조물보호하며, 내마모성, 내화학적, 차수성이 뛰어나 염해·중성화 방지에 탁월한 효과를 가지는 공법
장점	- 부착강도 우수 - 내화학적 우수 - 조기강도 확보 우수 - 함수면에서의 우수한 시공성능 - 친환경성	- 부착력 및 내화학적, 탄산화 방지기능이 우수하여 기존구조물과의 일체성이 뛰어나 내구성이 우수함 - 국내 및 해외 적용 실적 다수 - 구조물의 내구성 증대 및 유지 비용 최소화 - 촉진내후성(800시간), 염수분무시험(4,000 시간)등 국내 최고의 내후성 및 내염성 시험을 통과하여 내구성이 뛰어나다. - 염해·탄산화방지 효과 성능 우수 - 높은 내화학성이 요구되는 열화된 구조물에서도 완벽한 콘크리트 보호막 형성 - 어떠한 환경 변화에도 적응할 수 있는 유연성과 강력한 접착성 유지로 20년 이상의 내구성이 보장됨.
단점	- 기계화 시공(작업장 확보) - 리바운드로 인한 재료손실	- 공정이 다소 복잡하여 숙련된 전문 기능공 필요함 - 공정별 철저한 품질관리를 요함

6.4 보수·보강 및 개략공사비

6.4.1 보수·보강 개략공사비 산정

탄천대교에 대한 사용성 및 장기적인 내구성 확보 차원에서 일부 부재에 보수를 필요로 하며, 금회 정밀안전점검 결과에 따른 보수·보강 개략공사비 산정은 다음과 같다.

탄천대교는 하자만료 전 대상 시설물(2028년 11월 07일:시설물관리대장)로 하자보수 물량은 별도로 산정하였으며, 방호벽, 배수시설, 신축이음 등 부재에 대해서 금회 조사된 물량은 보수 공사를 실시함에 있어 국부적이므로 정기적인 점검을 통해 주의관찰을 실시하여 확대 시 일괄보수하는 것이 바람직할 것으로 판단되어 우선순위에 2순위로 산정하였으며, 유지관리 방안에서 별도 보수가 필요한 시기가 주의관찰인 손상들은 개략공사비 내용에서 제외하였다.

<표 6.4.1> 보수·보강 개략 공사비 산정(계속)

부 재	손상내용	보수공법	손상		보수		단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위
			물량	단위	물량	단위			
교면포장	포장 파손	소파보수(초속경)	0.11	m ²	0.11	m ²	110	12	2
방호벽	균열(폭:0.3mm미만)	표면보수	57.20	m	14.30	m ²	65	930	2
	균열부 백태	표면보수	8.20	m	8.20	m	65	533	2
	난간변형	난간 교체	7.40	m	7.40	m	200	1,480	2
	박락	단면보수	1.62	m ²	1.62	m ²	260	421	2
	박리	단면보수	1.20	m ²	1.20	m ²	260	312	2
	보수부 재균열(0.2mm)	표면보수	41.20	m	10.30	m ²	65	670	2
	철근노출	단면보수(방청)	2.37	m ²	2.37	m ²	320	758	2
받침장치	받침몰탈 균열(0.2mm)	표면보수	1.55	m	0.39	m ²	65	25	2
	받침콘크리트 균열(0.2mm)	표면보수	0.40	m	0.10	m ²	65	7	2
	받침콘크리트 박리	단면보수	0.70	m ²	0.70	m ²	260	182	2
교대	실린트 찢김	실린트 충전	2.50	m	2.50	m	20	50	3
	토사퇴적	정비(청소)	4.50	m ²	1.00	식	300	300	3
교각	자재적치	정비(청소)	2.00	EA	1.00	식	500	500	3

<표 6.4.1> 보수·보강 개략 공사비 산정

부 재	손상내용	보수공법	손상		보수		단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위
			물량	단위	물량	단위			
배수시설	배수관 변형	그레이팅 교체	0.00	EA	1.00	EA	100	100	2
	배수구 막힘	정비(청소)	102.00	EA	102.00	EA	20	2,040	3
	집수정 세굴	되메우기+다짐	2.50	m²	2.50	m²	50	125	1
신축이음	실런트 찢김	실런트 충진	1.30	m	1.30	m	20	26	2
	유간 토사퇴적	정비(청소)	10.20	m	1.00	식	300	300	3
	차수판 볼트탈락	볼트 재체결	2.00	EA	2.00	EA	10	20	2
	차수판 볼트풀림	볼트 재체결	3.00	EA	3.00	EA	10	30	2
	후타재 파손	단면보수	0.09	m²	0.09	m²	260	23	2
순 공 사 비 합 계(천원)							8,844		
제 경 비(천원, 순공사비의 70%)							5,306		
순위별 공사비 (천원, 제경비 미 포함)		단 기(1순위)					125		
		중 기(2순위)					5,529		
		장 기(3순위)					3,190		
개략 공사비 총합							14,150		

- ※ 1. 상기 보수내용은 가시설비 등의 부대비용이 제외된 금액이며, 실시설계 시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될수 있음
2. 단가는 각 공법의 평균단가, 월간 거래가격(대한건설협회 단가집 2025년 05월)을 적용하였음
3. 표면보수 = 균열물량×0.25, 할증
4. 유지관리 방안에서 별도 보수가 필요한 시기가 아닌 주의관찰인 손상은 개략공사비 내용에서 제외하였음
5. 방호벽, 배수시설, 신축이음 등 부재에 대해서 금회 조사된 물량은 보수 공사를 실시함에 있어 국부적이므로 정기적인 점검을 통해 주의관찰을 실시하여 확대 시 일괄보수하는 것이 바람직할 것으로 판단되어 우선순위에 2순위로 산정하였음.

<표 6.4.2> 하자물량 산정

부 재	손상내용	보수공법	손상		보수		우선 순위
			물량	단위	물량	단위	
바닥판하면	균열(폭:0.3mm미만)	하자보수	3.00	m	0.75	m ²	2
	백태	하자보수	0.02	m ²	0.02	m ²	2
	재료분리	하자보수	0.81	m ²	0.81	m ²	2
교대	균열(0.3mm이상)	하자보수	13.20	m	13.20	m	1
	균열부백태	하자보수	11.20	m	11.20	m	1
	들뜸	하자보수	0.90	m ²	0.90	m ²	1
	박락	하자보수	0.41	m ²	0.41	m ²	1
	백태	하자보수	0.10	m ²	0.10	m ²	1
	보수부 재균열(0.2mm미만)	하자보수	4.20	m	1.05	m ²	2
	파손	하자보수	3.75	m ²	3.75	m ²	1
교각	균열(폭:0.3mm미만)	하자보수	41.20	m	10.30	m ²	2
	균열(폭:0.3mm이상)	하자보수	1.00	m	1.00	m	1
	누수 및 백태	하자보수	0.50	m ²	0.50	m ²	2
	망상균열(폭:0.1mm)	하자보수	32.50	m ²	32.50	m ²	2
	박리	하자보수	0.85	m ²	0.85	m ²	2
	백태	하자보수	0.02	m ²	0.02	m ²	2
	보수부 재균열(0.3mm이상)	하자보수	0.40	m	0.40	m	1
	파손	하자보수	0.44	m ²	0.44	m ²	1

※ 1. 하자만료기간 : 2028년 11월 07일(시설물관리대장)

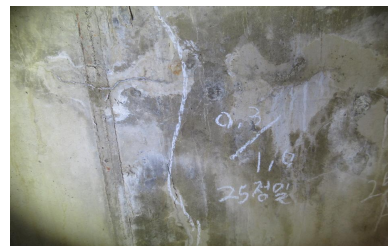
2. 건설산업기본법 시행령 (별표4), 콘크리트 교면포장 3년 ,이음부, 난간시설 등 : 2년

3. 유지관리 방안에서 별도 보수가 필요한 시기가 아닌 주의관찰인 손상은 개략공사비 내용에서 제외하였음

6.5 유지관리방안

금회 정밀안전점검 후 시설물의 향후 공용기간 동안 유지관리 시 일반적인 유지관리 방안 및 특별히 관리가 요구되는 주요 부재의 중점유지관리 사항을 요약하면 아래와 같다.

<표 6.5.1> 탄천대교 중점 유지관리 항목 일람표

구 분	유지관리항목		
교면상부	• 포장 마모 및 망상균열 균열폭 확대에 따른 바닥판하면 열화 진전여부 • 포장 (노건)박리, 파손 중차량 반복통행에 따른 확대 시 보수 필요시기 확인		
방호벽 난간	• 방호벽 박리, 철근노출 등 내구성 저하에 영향을 주는 손상 보수 필요 • 강재난간 변형에 따른 재설치 필요		
바닥판하면	• 바닥판 하면의 백태 확대 여부 확인 • 바닥판하면 균열부 수분유입에 따른 균열부 백태 신규손상 추가 여부 확인		
거더	• 거더 외부 외부충격에 따른 굽힘, 도장박리 부식 진행 여부 확인 • 거더내부 보수부 정기적인 점검을 통해 상태 확인		
교량받침	• 받침의 받침 몰탈, 콘크리트 균열 및 파손 발생 신규여부 조사 • 받침장치 플레이트 부식 손상에 대한 확대 여부 확인		
교대/교각	• 교대, 교각 균열(폭:0.3mm이상), 균열부 백태 보수 필요 • 교각 코핑부 표면보수부 보수재 박리 손상 진전여부 확인 필요		
배수시설	• 배수구 막힘에 의한 교면포장 체수, 포장 열화 추가손상 확인 • 우기 시 집수정 세굴면적 확대 여부 확인		
신축이음	• 신축이음부 후타재 균열, 파손에 따른 진전여부 확인 • 신축이음부 하부 실런트 찢김 확대 여부 확인		
  			
S4 교면포장 망상균열 S7 방호벽 철근노출 A1 홍벽 균열(폭:0.3mm이상)			
  			
A2 홍벽 균열부 백태 P5 교좌면 박리 P9 집수정 세굴			