

제6장

보수·보강 방안

6.1 개 요

6.2 보수·보강 대책

6.3 개략공사비

제 6 장 보수·보강 방안

6.1 개 요

본 장의 보수·보강 방안은 과업 결과에 따라서 구조물의 내구성, 방수성, 내하력, 안전성, 기밀성 및 미관을 고려하여 보수·보강 방법을 제시하며, 보수·보강에 있어서의 손상 원인, 보수 범위와 규모, 환경조건, 안전, 공사기간, 경제성 등이 합리적으로 적용되어 소기의 목적이 달성될 수 있도록 하였다.

보수·보강의 목적은 열화·손상된 구조물의 중요도, 열화도, 손상도에 따라 다르지만 크게 나누어 보면 다음과 같이 구분된다.

- 현 상태의 내하력 등의 안전성, 내구성, 기능성 등의 성능을 유지하기 위하여 열화·손상의 진행을 억제한다.
- 열화·손상되었거나 또는 그 가능성이 있는 구조물에 대하여 실용상 지장이 없는 소요의 성능회복을 도모한다.
- 열화·손상되었거나 또는 그 가능성이 있는 구조물에 대하여 그 성능을 초기 수준이상으로 개선한다.

보수·보강은 이런 목적에 부합되도록 적합한 방법을 선택하여 시행할 필요가 있다.

일반적으로 보수라는 것은 손상을 받은 콘크리트 구조물의 기능을 회복시키는 것이라 생각되고 있으나 손상을 받은 구조물의 경우 기능만을 회복시키는 경우 다시 동일한 형태의 손상이 생길 가능성이 크고, 특히 환경, 하중 작용에 대한 추정부족에 기인하는 가능성이 현저하다. 따라서 보수시에는 손상원인을 제거하거나 혹은 손상 열화에 대한 저항성을 향상 시켜서 대상 구조물의 성능을 개선하는 것이 주목적이다.

보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생한 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보강이란 설계하중 이상의 하중 등 위해요인에 구조물이 안전하도록 하기 위해서 내하력 등을 증진시키는 것을 말한다.

6.1.1 보수·보강 공법 선정 기준

본 구조물의 진단 및 유지관리 활동 중에 발견된 구조물의 손상부위는 보수·보강 등의 대책이 필요 하게 된다. 따라서 손상부위에 적합한 공법의 선정은 매우 중요한 문제이며, 이를 위해 다음과 같은 사항이 고려되어야 할 것이다. ① 경제적이고, ② 재료의 품질에 좋은 것이며, ③ 설계이론이 분명한 것이어야 하며, ④ 시공기간이 짧으며, ⑤ 안정성에서 문제가 없으며, ⑥ 미관을 배려하며, ⑦ 환경에 의해 요소가 적은 것.

구조물의 손상은 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용하여 발생하는 경우가 많으므로 정량화된 공법을 제시하기가 매우 어려워 보수·보강공법의 선정시 다음 【표 6.1】과 같은 내용을 고려하여 보수·보강공법을 선정하였다.

본 보수·보강 공법 선정 시 총 수량에 대해서는 “부록의 『외관조사망도』를 기초로 하였다.

【표 6.1】 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·단기대책수립
공 법	▶ 국내외 최신 기술과 시공실적을 고려하여 각 손상별 공법검토
안 전 성	▶ 보수, 보강실시 후 공용하중에 대한 안전성을 확보 여부 검토
시 공 성	▶ 현장작업 여건과 교통 불편을 최소화할 수 있는 공법 검토
경 제 성	▶ 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
설 계 서 작성	▶ 보수·보강도면 및 관련 시방서 작성

가. 보수·보강의 필요성

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 본 지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

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

나. 보수·보강 수준

보수·보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 선택한다.

- | | |
|-----------------|-----------------------|
| 1) 현상유지(진행억제) | 2) 실용상 지장이 없는 성능까지 회복 |
| 3) 초기 수준이상으로 개선 | 4) 개축 |

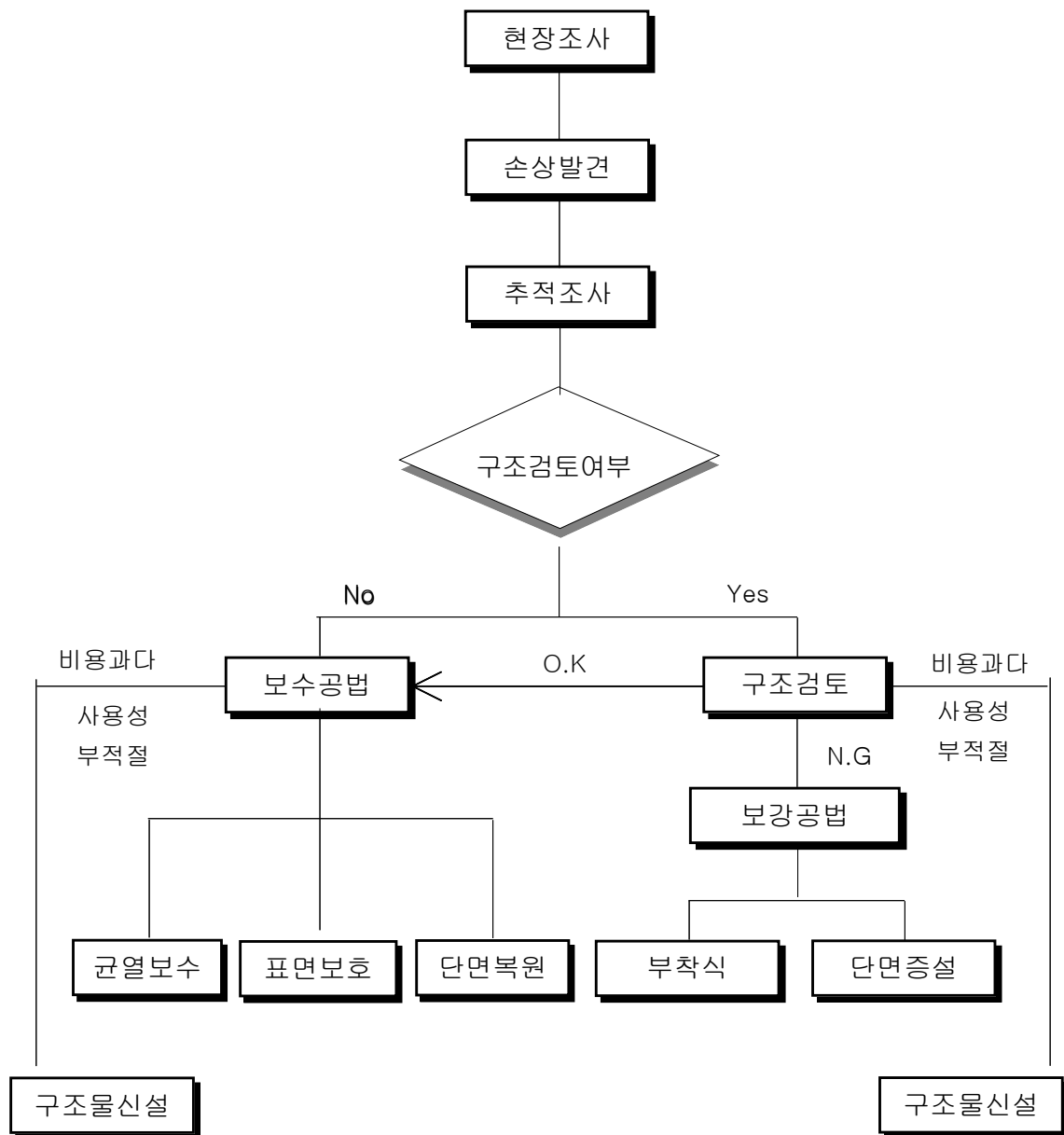
다. 보수·보강 우선순위

본 과업 대상시설물에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 보수·보강의 우선순위는 시설물을 구성하는 부재에 대하여 안전성·사용성 및 내구성을 고려하여 결정하였으며 아래 【표 6.2】와 같다.

【표 6.2】 보수·보강 우선 순위

구분	순위	내 용
단기	1순위	· 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 <u>“대통령령이 정하는 중대한 결함”</u> 에 포함되는 손상-철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 · <u>주요부재</u> 에 발생한 결함 및 손상이 커 <u>상태평가 기준“d”</u> 이하인 경우 · 철근부식에 의한 <u>내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우</u>
장기	2순위	· <u>보조부재</u> 에 발생한 결함 및 손상이 커 <u>내구성에 영향을 미치는 경우</u> · 상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 · 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
	3순위	· 기능발휘에는 지장이 없거나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
지속관찰		· 1~3순위를 제오한 손상으로서 지속적인 관찰을 통해 향후 발전상태에 따라 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.2mm이하의 비구조적인 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 경미한 강재의 용접결함 - 후타재 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상 - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않는 경우

라. 보수·보강의 업무 흐름도



【그림 6.1】 보수·보강의 업무 흐름도

6.2 보수·보강 대책

6.2.1 보수·보강 공법 선정

본 정밀점검 용역을 위해 실시한 외관조사에서 발견된 손상에 대하여 보수·보강 공법을 다음과 같이 제시 하였다. 공법의 제시는 보수공사의 효율성 및 긴급성 등을 감안하여 손상 상태가 경미하거나, 내구성에 미치는 영향이 적다고 판단되는 결함에 대해서는 지속관찰로 차기 점검시 점검 소견에 따라 보수방안을 적용할 수 있도록 하였다.

【표 6.3】 부재별 보수·보강 공법

구 분	결 함 내 용		손상물량	단 위	보수·보강 공법	비고
본선 라이닝	종방향	균열(c.w=0.3mm미만)	16.5	m	표면처리	2
		균열(c.w=0.3mm이상)	174.5	m	주입보수	2
	횡방향	균열(c.w=0.3mm미만)	34.4	m	표면처리	2
		균열(c.w=0.3mm이상)	39.6	m	주입보수	2
	박 리		0.71	m ²	주의관찰	—
	파 손		0.12	m ²	주의관찰	—
	타일손상, 탈락		5	EA	재설치	3
	공 동		2.00	m ²	주의관찰	—
입출구부	균열부 백태		1.2	m	표면처리	3

6.2.2 보수·보강 공법

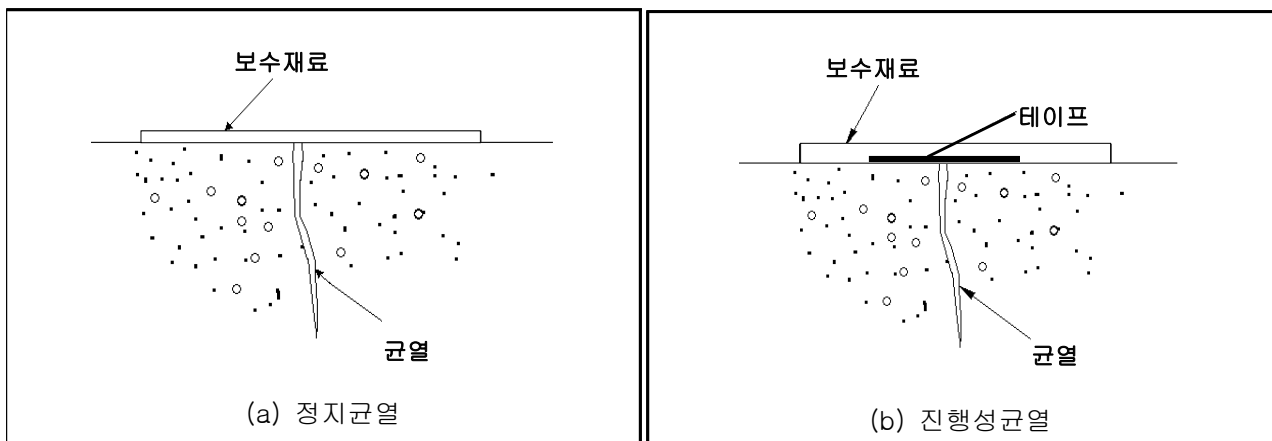
가. 표면처리 공법

1) 개요

표면처리공법은 미세한 균열(폭 0.3mm미만)위에 도막을 형성하여, 방수성, 내구성을 향상시킬 목적으로 사용하며, 균열부분만을 피복하는 방법과 전면을 피복하는 방법이 있다.

균열의 성장이 정지된 상태에서는 【그림 6.2(a)】와 같이 균열 선을 따라 폭 50~100mm를 와이어 브러시로 닦아낸 후 폴리머시멘트 페이스트나 모르타르로 균일 하게 도포한다. 콘크리트표면에 0.3mm 미만의 미세한 균열이 많이 분포해 있는 경우도 같은 방법으로 도포할 수 있으며, 재료를 기계로 분무하여 도포할 수도 있다.

진행성 균열인 경우 경화후의 재질이 단단한 폴리머시멘트 페이스트나 모르타르로 보수 할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 【그림 6.2(b)】와 같이 균열 면을 와이어 브러시로 완전히 청소한 후 균열 선을 중심으로 폭 10~15mm 테이프를 부착하고, 테이프를 중심으로 폭 30~50mm, 두께 2~4mm의 변형성 및 신장성이 큰 쉐링재를 도포 하여 바닥의 변형을 이 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.



【그림 6.2】 표면처리공법

나. 수지주입공법

주입공법은 균열에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 공법으로, 마감재가 콘크리트 모체로부터 떨어져 있는 경우에도 적용할 수 있다. 이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열 폭에 대응한

점도의 재료를 선정하는 것이 중요하다. 시공위치 및 균열 폭에 따른 주입방법과 균열 폭에 알맞은 수지의 점성도는 【표 6.5】, 【표 6.6】와 같다.

【표 6.5】 균열폭에 따른 주입공법의 분류

구 분		기계주입	수동주입	유입공법	저압수지 주입공법
시공위치	수평면(상)	○	○	○	○
	수평면(하)	○	○		○
	수직면	○	○		○
균열폭	0.25 이하	○			○
	0.25~2.0		○	○	○
	2.0~5.0		○	○	
	5.0이상			○	

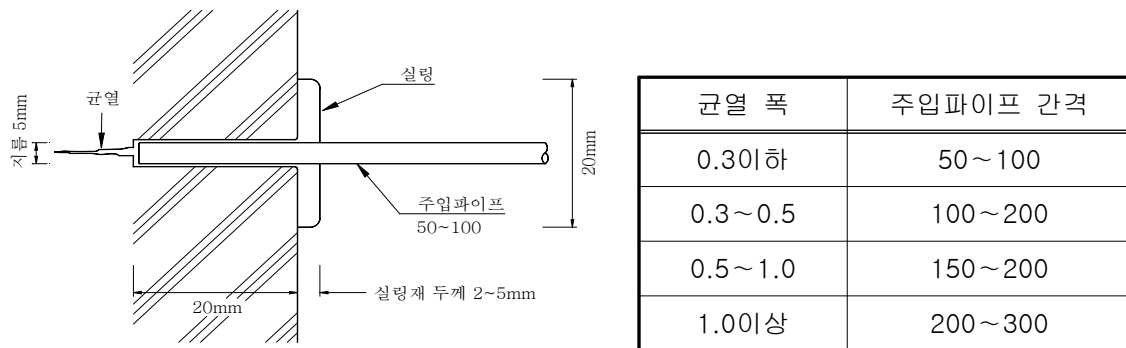
【표 6.6】 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

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

에폭시수지를 진행성 균열의 보수에 사용하는 경우, 에폭시수지의 변형에 대한 적용성이 문제된다. 일반적으로 사용되고 있는 에폭시수지의 변형량은 2% 정도로, 이와 같은 재료로 보수한 균열의 주변에 새로운 균열이 발생하는 경우가 많다. 따라서 이러한 균열에 대해서는 유연성의 것을 사용하거나 충전공법을 고려할 필요가 있다.

1) 에폭시 수지 주입공법의 특징

- ① 내하력 복원의 안전성을 기대할 수 있다.
- ② 에폭시수지의 접착강도가 크며, 경화 시 수축이 거의 없다.
- ③ 휨 시험 시에는 대부분 모재에서 파단이 일어난다.
- ④ 내구성저하 방지 및 누수방지를 기대할 수 있다.
- ⑤ 미세한 균열에도 주입이 가능하다.
- ⑥ 균열이 발생한 콘크리트를 일체화 시킬 수 있다.
- ⑦ 산소 및 수분을 차단할 수 있어 콘크리트의 중성화를 억제할 수 있다.
- ⑧ 경화후의 에폭시수지는 화학적 성질이 안정하여 내후성이 좋다.



【그림 6.3】 일반적인 주입공법

2) 주입공법의 종류

주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식 및 저압·저속식 주입방법이 있다.

① 압입식

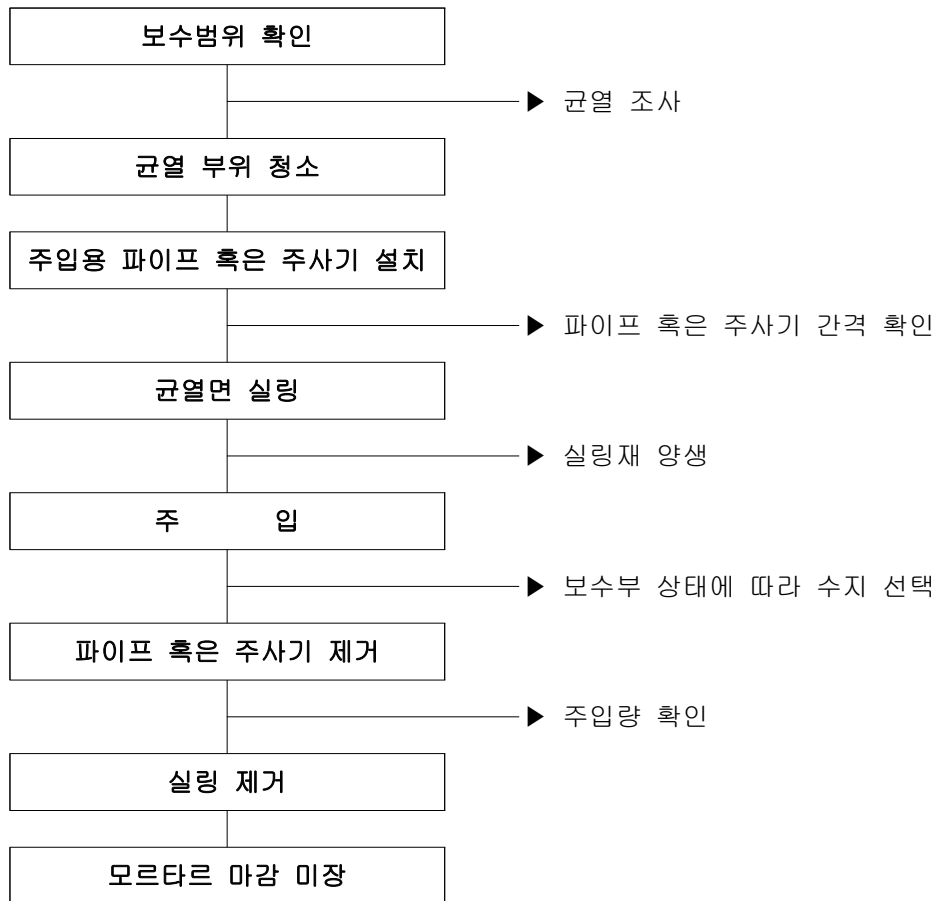
- ㉠ 수동식 주입 : 인력
- ㉡ 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식
- ㉢ 저압, 저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력

② 흡입식

균열의 양단에 흡입구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입 주입

3) 주입공법의 시공순서

주입공법의 일반적인 시공순서는 【그림 6.4】와 같다.



【그림 6.4】 주입공법의 시공순서

① 수동식 주입공법

수동식 주입공법은 주입 건, 소형펌프를 사용하여 주입재를 비교적 다량으로 주입하는 방식으로 콘크리트 표면의 균열 폭이 0.2mm 정도 이상의 균열부위에 그리스 펌프를 사용하여 에폭시수지를 주입하는 경우에 적용한다.

② 저압·저속식 주입공법

이 공법은 균열위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압 등으로 서서히 수지를 주입하는 방식으로 압입방식은 【표 6.6】과 같다.

【표 6.7】저압·저속식 주입공법

압입방식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	플라스틱제의 압력탱크
고무시트의 복원력으로 주입	플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
고무풍선 압으로 주입	고무풍선
고무 밴드의 복원력으로 주입	플라스틱제 실린더와 피스톤
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

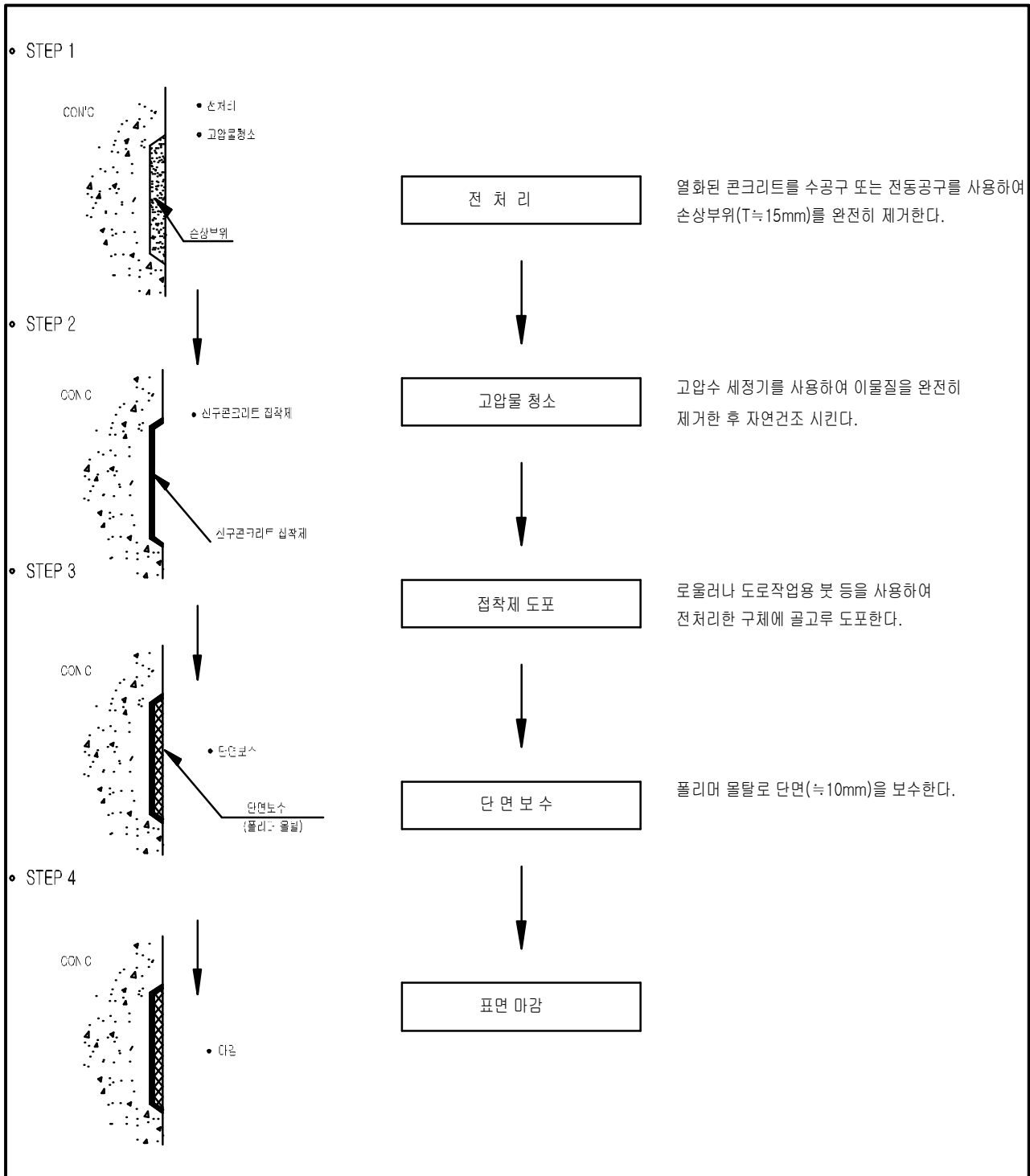
이 공법은 다음과 같은 특징이 있다. 수지가 들어있는 용기를 균열위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기높이의 저 압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 그리고 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 $4\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하로 규정되어 있으나 실제로는 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 전후가 사용된다. 최근에는 확실한 주입을 위하여 압력($21\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압력까지)주입을 하는 경우가 많다. 주입재는 에폭시 수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있어, 습윤 환경 하에서도 사용이 가능하다. 반면, 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

【표 6.8】 균열 주입보수 공법

구분	고압주입방식	중압주입방식	저압주입방식
공법 개요	6cm이상 천공후 철재 패커를 설치, 고압주입기를 이용하여 약액 주입	2cm깊이 천공, 플라스틱 패커 설치, 가변 압력으로 약액 주 입	좌대부착, 주사기로 고무줄 또는 스프링을 이용하여 장시 간 저압 주입
개요도			
특징 및 용도	1.고압의 강제 주입하므로 미 세균열 및 누수 발생 균열에 적용 2. 좌대를 부착할 수 없는 구 조물에 적용	1.균열에 따라 적절한 압력을 가하여 충분히 주입 2. 건축 및 토목 구조물 균열 보수	1.주사기나 스프링의 압력으 로 장시간 주입하므로 비교적 얇은 두께(15cm이하)의 구조 물 및 미세균열(0.5mm이하) 보수
주입 압력	100 ~ 300 kgf/cm ²	1 ~ 100 kgf/cm ²	1 ~ 6 kgf/cm ²
장점	1. 누수 균열 시공 용이 2. 단기간 작업 가능 3. 시공부위 제한 없음 4. 천공시 균열 틈 폐쇄	1. 다양한 보수액 주입 2. 주입압력, 양 조절 용이 3. 시공부위 제한 없음 4. 단기간 작업 가능 5. 천공 후 균열 틈 잔존	1. 저가의 시공비 2. 경화시간 짧음 3. 콘크리트 같은 물성 4. 경량, 시공성 좋음 5. 실적 많음
단점	1. 구조물 손상이 큼 2. 주입 여부 확인 곤란	1. 신공법 인지도 미흡 2. 숙련공 필요	1. 주입량 조절 곤란 2. 미관 불량 3. 동절기 하자 발생 증가

다. 면보수 공법

망상균열, 백태, 박리 등의 발생부에 면보수를 실시하여 손상심화 방지와 지속적인 내구성을 유지할 수 있도록 한다.



【그림 6.5】 면보수공법 공정도

【표 6.9】면보수 공법

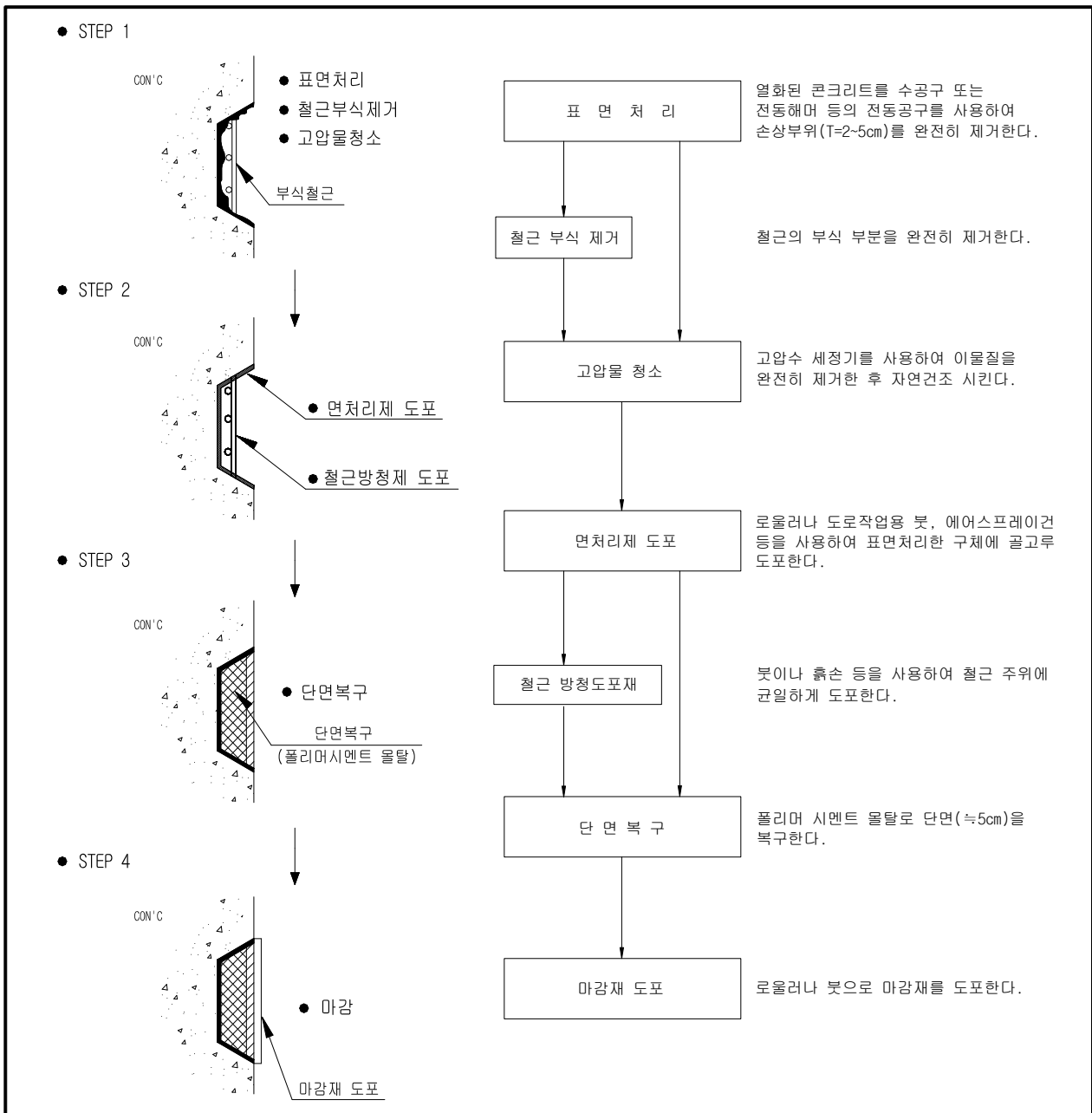
항 목		무기계 표면 도포제	EPOXY계 표면코팅	엠네오시스템 공법
시공 개요		·열화부 치핑 ·고압 세척 ·코팅재 혼합 및 시공 ·마감 및 양생	·열화부 치핑 ·고압 세척 ·에폭시계 표면처리제 도포 ·마감 및 양생	·열화부 치핑 ·고압 세척 ·바탕조정재 도포 ·오염방지 도포
비교 평가	장점	·표면 접착력이 강하다. ·빠른 시간내 지수효과가 크다. ·경화 후 충격이나 내후성이 강하다.	·시공이 간편하다. ·표면이 완전 건조상태에 있을 경우 보수효과가 크다.	·염해, 탄산화방지 및 방식성능 우수 ·시공 공정 간단 ·유지관리비 절감 ·환경개선 효과 우수
	단점	·5℃이하에서는 작업이 불가하다.	·손상면에 습기 등 발생시 보수부 박리발생.	·시공에 대한 기초 지식 필요 ·재료배합 비율 준수

라. 단면복구 공법

파손, 철근노출 및 박락이 국부적으로 발생되어 있어, 발생한 손상에 대해서는 단면복구를 실시하여 손상심화 방지와 지속적인 내구성을 유지할 수 있도록 해야 한다.

1) 단면복구 공법(1)

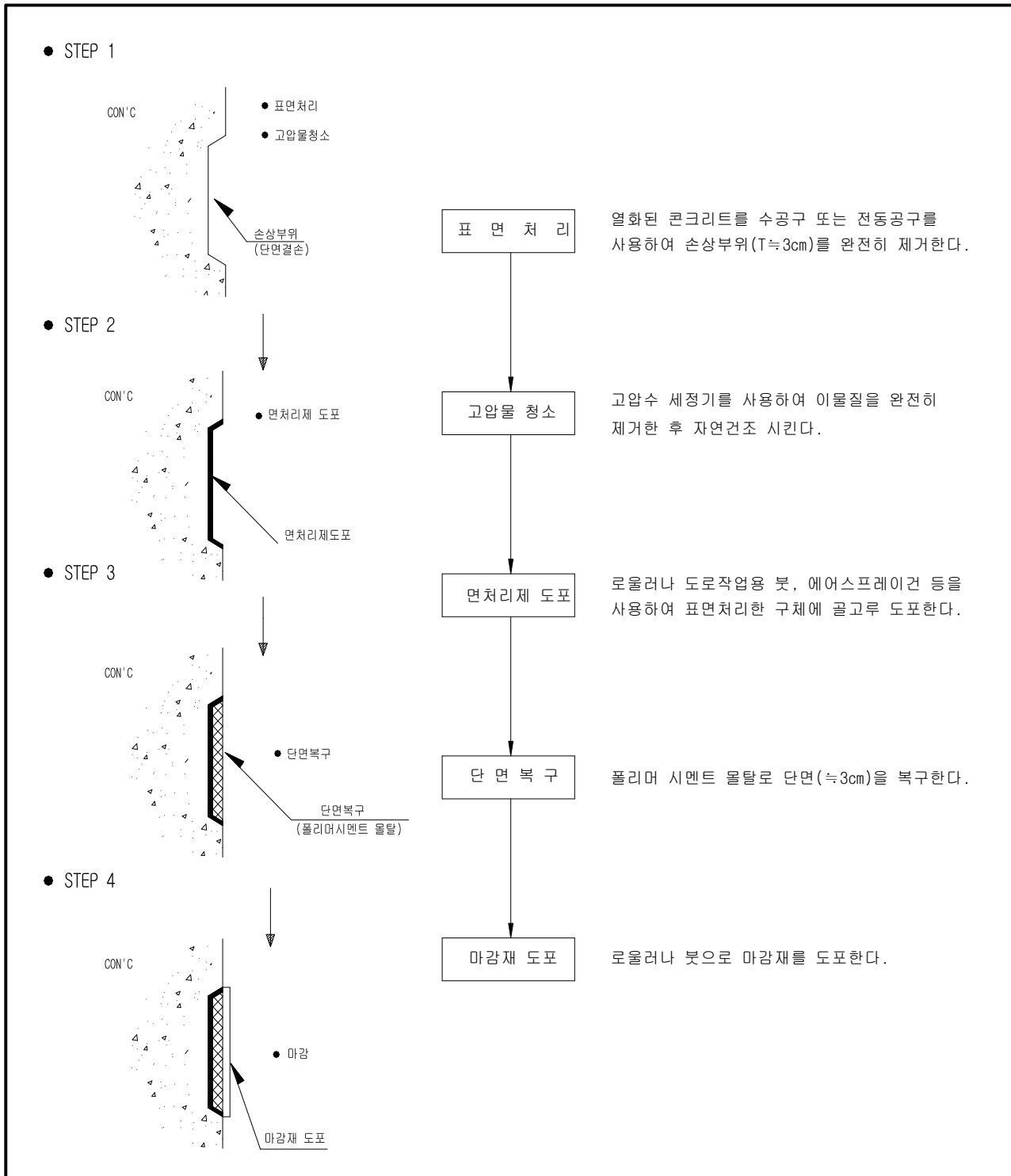
철근노출이 동반된 들뜸, 공동, 박락 등의 손상부와 피복부족에 따른 철근노출부에 적용하는 공법이다.



【그림 6.6】 단면복구공법(1) 공정도

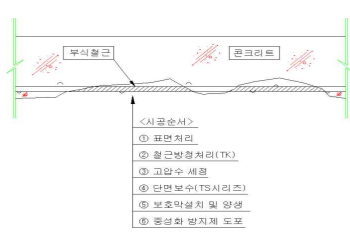
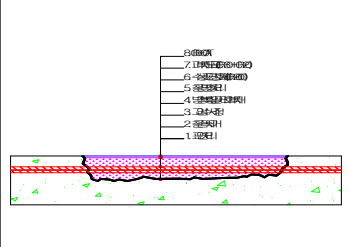
2) 단면복구 공법(II)

재료분리, 들뜸, 공동, 박락 등의 손상부의 적용하는 공법으로 철근방청이 필요 없는 손상부에 적용하는 공법이다.



【그림 6.7】 단면복구공법(II) 공정도

【표 6.10】 단면복구 공법

항 목		일반 단면복구 공법	MDF 공법	리폼시스템 공법
시공 개요		·열화부 제거 후 일반 폴리머 몰탈로 마감하는 공법으로 보수공정은 타 공법과 유사하며, 단면 수복제가 일반 몰탈로 사용하는 공법.	·철근노출 및 단면손실 부위에 분말형 폴리머 몰탈을 혼합기에 물과 혼합한 후 고압펌프에 의해 압축 이송하여 분사노출에 압축공기를 투입시켜 보수해야 할 단면에 2mm이하의 입자상태를 고압분사시켜 단면을 복구하는 공법.	·철근노출 및 단면손실 부위에 철근방청과 수성 아크릴계 폴리머 몰탈을 사용하여 구조물의 내구성을 증진시키는 공법.
시공 개요도				
비교 평가	장점	·탄성계수, 열팽창 계수 등 기존 콘크리트와 물성치가 유사함. ·인력작업으로 공정이 단순함.	·무수축이며, 고강도의 품질을 가질수 있음. ·전문 기계화 시공으로 타공법에 비해 시공속도가 빠르며 고른 시공품질 확보가 가능함. ·리바운량이 적다. ·무기계 재료로서 기존 구조물과 거동의 일체성을 유지함.	·무수축이며, 고강도의 품질을 가질수 있음. ·내약품성, 내마모성이 우수함. ·물성특성이 콘크리트와 비슷한 시멘트계(열팽창계수가 비슷)로서 균열, 탈락 등의 현상이 없음.
	단점	·일반 폴리머 모르타 사용으로 내부식성이 다른 신기술 공법에 비해 떨어짐 ·저온 부위에 대한 시공 저하. ·소규모 공사에 적합.	·스프레이 시공이므로 암거와 같은 협소공간은 작업성이 떨어짐 ·시공시 온도 및 습도에 유의해야 함.	·시공시 온도 및 습도에 유의해야 함. ·폴리머 모르타의 부착 시공은 숙련된 미장공에 의한 정밀시공이 요구됨. ·부착성, 방수성이 미흡함. ·공사비가 다소 고가임.
	강도	·휨 강도 : 4.5Mpa ·부착강도 : 2.8Mpa	·휨 강도 : 11.8Mpa ·부착강도 : 3.3Mpa	·휨 강도 : 8.9Mpa ·부착강도 : 2.8Mpa

6.3 개락공사비

【표 6.11】 개락공사비

구분	손상내용		보수 공법	수량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
본선 라이닝	종방향	균열(c.w=0.3mm미만)	표면처리	6.19	m²	34	210	2	
		균열(c.w=0.3mm이상)	주입보수	261.75	m	38	9,947	2	
	횡방향	균열(c.w=0.3mm미만)	표면처리	12.90	m²	34	439	2	
		균열(c.w=0.3mm이상)	주입보수	59.40	m	38	2,257	2	
	타일손상, 탈락		재설치	5	EA	4	20	3	
입출구부	균열부 백태		표면처리	0.45	m²	34	15	3	
순 공사비 합계(천원)						12,888			
제경비(순공사비×50%)						6,444			
개략 총 공사비(천원)						19,332			
순위별 총 공사비 (제경비 포함)			제1순위			-			
			제2순위			19,279			
			제3순위			53			

※ 상기 개락공사비는 실시설계에 따른 공법선정, 단가의 변동, 현장여건에 따른 부대시설 추가 설치 등으로 변동 될 수 있음.