

**정릉천4복개 정밀안전진단 및 실시설계 용역
유 지 관 리 지 침 서**

2009. 11.

**서울특별시북부도로교통사업소
(주) 대 신 구 조 엔 지 니 어 링**

정릉천4복개구조물 위치도



정릉천4복개구조물 전경사진



복개구조물 전경현황-1



복개구조물 전경현황-2

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 유지관리의 목적	2
1.2 적용범위	2
1.3 용어 정의	3
제 2 장 유지관리 및 보수·보강 일반	4
2.1 유지관리 요령	5
2.2 유지관리 절차	5
2.3 유지관리 계획	7
2.4 보수·보강 일반	10
제 3 장 정밀안전진단	31
3.1 복개구조물 일반도	32
3.2 점검방법	39
3.3 복개구조물의 손상 종류 및 점검방향	40
제 4 장 중점점검 사항	47
4.1 중점관리 대상	49
4.2 보수·보강 이력사항	52

제 1 장 서 론

1.1 유지관리의 목적

1.2 적용 범위

1.3 용어 정의

제 1 장 서 론

1.1 유지관리의 목적

본 지침서는 정릉천4복개구조물의 효율적인 유지관리를 주 목적으로 한다.

일반적인 콘크리트구조물의 기능은 준공직후부터 시간의 경과와 함께 열화 혹은 저하된다. 유지보전(maintenance)은 이러한 구조물 보유기능을 유지하려는 행위이다. 구체적으로는 일상적인 구조물 등의 손상감시, 정비, 점검 및 손질, 열화·저하한 기능을 준공시의 수준을 목표로 복귀·향상시키기 위한 수선갱신 등이 있다. 또한, 개량보전(modernization)은 열화·저하된 기능을 준공시의 수준이상으로 향상시키려고 하는 행위 또는 경제적·사회적 환경의 변화에 따라 설계 당시의 기능 이상으로 향상 시키거나 새로운 기능을 부가하려는 행위이다. 구체적으로는 내진개선등의 대규모 구조개선이나 용도변경, 정보화 대응등 기능의 개선·향상·새로운 기능부가등이 있다.

콘크리트와 관계있는 주요 구조물의 주된 기능은 안전성, 사용성, 내구성 등이며, 쾌적하고 편리하게 이용될 수 있도록 하는 미관 및 공간기능과 소리, 온도·습도 등의 환경유지 기능이 있다.

1.2 적용 범위

정릉천4복개구조물은 「라멘구간」으로 구조형식은 반복개형식을 취하고 크게 기둥, 슬래브 및 측면 벽체부로 구분된다.

복개구조물의 유지관리를 시행함에 있어서 열화손상별 관리방법, 일상유지, 조치사항 등의 내용에 대하여 『시설물의 안전관리에 관한 특별법(시특법)』, 『건설기술관리법(건기법)』 등 건교부 고시에 의한 제도 및 법령을 기초로 유지관리를 통하여 재해를 예방하고, 시설물의 효용을 증대시켜 공중의 안전을 확보하고자 하는데 기초를 두고 있다.

1.3 용어 정의

- 결함(缺陷) : 시설물이 자체적인 변화 또는 외부의 작용에 의해 불완전하게 된 상태
- 관리주체(管理主體) : 해당시설물의 '법적관리자' 또는 '소유자'와 계약에 의한 '관리책임자'를 가리키며, 공공 관리주체와 민간관리 주체로 구분
- 기능(機能) : 목적 또는 요구에 따라서 대상물이 달성하는 역할
- 기능성(機能性) : 시설물에 요구되는 기능에 관한 제 성능
- 기록(記錄) : 점검이나 측정을 통하여 발견된 이상현상 등에 관한 사항과 이에 대한 처리 사항을 일정한 양식에 기술하는 것. 또한 시설물을 유지관리 하기 위하여 필요한 제반자료를 작성하는 것
- 내구성(耐久性) : 시설물의 성능, 기능저하의 시간경과 변화에 저항하는 성능
- 보강(補強) : 파손된 구조물 보수에 있어서 원래 기능 이상으로 기능향상을 꾀하거나, 적극적으로 기존 구조물의 기능향상을 목적으로 행하는 작업
- 보수(補修) : 일상적인 손질 즉 유지로는 감당치 못할 정도로 크게 변상된 시설물을 수리를 통해 시설물의 기능 또는 내구성을 설계시의 목적대로 회복시키기 위한 작업
- 복구(復舊) : 재해 등의 요인으로 변형되어 본래의 기능을 상실한 시설물을 원형으로 만들어 본래의 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 보수하는 작업
- 상태평가 : 시설물의 각 부재에 대한 상태를 평가하는 행위(노후화와 결함의 정도 포함)
- 신설(新設) : 시설물을 새로 축조하는 작업
- 안전성 평가 : 수집된 '자료와 설계도'를 이용하여 시설물의 내하력을 평가하는 행위
- 안전점검(安全點檢) : '경험과 기술'을 갖춘 자가 '육안 또는 점검기구 등'에 의하여 '검사'함으로써 시설물의 위험요인을 조사하는 행위
- 유지관리(維持管理) : 시설물과 부대시설의 기능을 보존하고 이용자의 편익과 안전을 도모하기 위하여 일상적으로 또는 정기적으로 시설물의 상태를 조사하고 변상부에 대한 조치를 취하는 일련의 행위
- 이상(異狀) : 시설물의 각 부분에 있어서 위치, 형상, 구조 등이 정상이 아니어서 제 기능을 발휘하기가 곤란하게 된 상태
- 점검(點檢) : 시설물의 물리적, 기능적, 환경적 상황을 시설물의 이상에 대하여 신속하고도 적절한 조치를 취하기 위하여 실시하는 조사
- 정밀안전진단(精密安全診斷) : 시설물의 물리적·기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 취하기 위해 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사·측정·평가하여 보수·보강 등의 방법을 제시하는 행위

제 2 장 유지관리 및 보수 · 보강 일반

2.1 유지관리 요령

2.2 유지관리 절차

2.3 유지관리 계획

2.4 보수 · 보강 일반

제 2 장 유지관리 및 보수·보강 일반

2.1 유지관리 요령

시설물의 결함은 계획, 설계 제작, 시공 및 감리, 시설물의 이용, 청소 및 점검장비와 시설등의 유지관리 단계를 거치면서 자연적요인과 인위적요인에 의하여 발생하는 것이므로 유지관리 단계에서는 물론 계획, 설계, 시공단계에서도 유지관리를 염두에 두고 행하여야 한다.

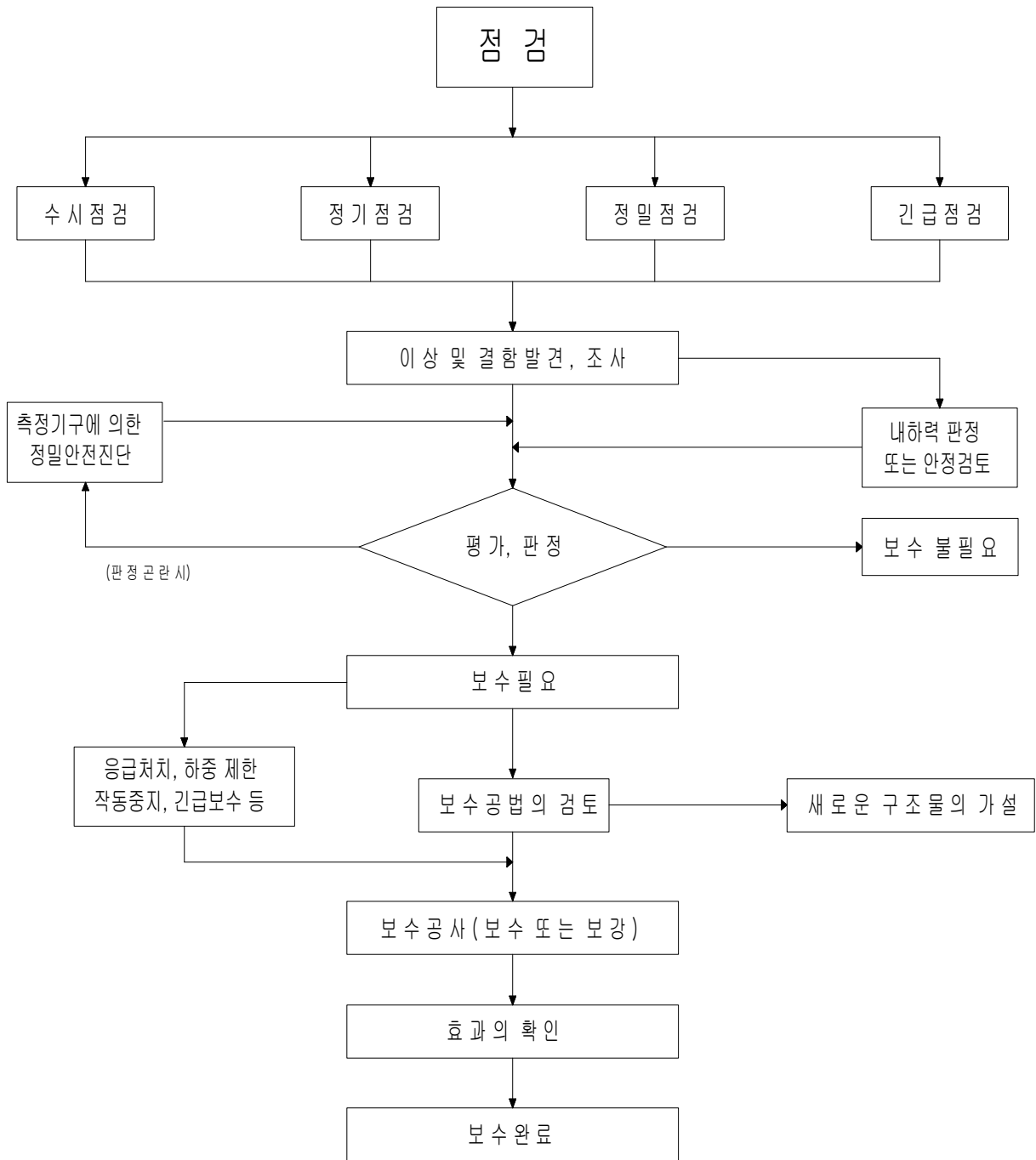
시설물의 유지관리 체계는 다음의 제반사항을 추구함으로써 순차적으로 구축한다.

- 1) 유지관리 담당자에 대한 시설물 보전의 정확한 정보제공
- 2) 공사상의 하자에 대한 신속하고 적절한 대응
- 3) 유지관리 업무에 관한 제반 기준의 확립
- 4) 유지관리 활동에 대한 지원체제의 정비
- 5) 시설물의 신뢰성 확보
- 6) 시설물에 대한 수명주기의 비용 개념을 도입

2.2 유지관리 절차

시설물의 유지관리는 초기에 변형이나 결함을 정확히 파악하여 가장 적절한 대책을 수립하는 것이므로 결함의 예측, 점검, 평가 및 판정, 대책, 기록등을 합리적으로 조합시켜 순서에 따라 대처하여야 한다.

- 유지관리 수행절차
 - 시설물별 적절한 유지관리계획을 작성한다.
 - 유지관리자는 유지관리계획에 따라 시설물의 점검을 실시하며, 점검은 점검표에 따라 실시한다.
 - 점검결과에 따라 발견된 결함을 진행성 여부, 발생시기, 결함의 형태나 발생위치와 그 원인과 진행 추이를 정확히 평가·판정한다.
 - 점검결과에 의한 평가·판정후 적절한 대책을 수립한다.



【그림 2.1】 시설물의 유지관리 절차

2.3 유지관리 계획

- 1) 유지관리는 초기점검에 의한 시설물의 현상평가로부터 시작된다. 이 점검을 행할 때에는 당해 시설물의 계획, 설계, 시공의 기록을 이용하는 것이 점검내용을 정하는데에 매우 유용하다. 기록은 유지관리 단계별로 매우 유용하게 이용되므로 기록을 적절히 정리하여 보관하여야 한다.
- 2) 새로 신설되는 시설물의 경우 유지관리를 고려하여 계획, 설계, 시공을 행하면 유지관리가 매우 용이하게 된다. 특히, 유지관리를 위한 점검설비 등을 건설당시 적절히 설치하거나 기존 시설물에도 점검설비 등을 설치하면 유지관리업무에 매우 유용하게 활용할 수 있다.

2.3.1 점검계획

시설물의 준공후 유지관리는 수시점검 및 정기적인 점검계획을 수립하여 계획에 따라 적절히 점검을 시행하며, 점검계획을 수립할 때는 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

- 1) 시설물의 점검계획을 수립하기 위해서는 점검대상 시설물의 종류, 범위, 점검항목 및 점검방법과 점검시 사용장비 및 점검에 필요한 가설물에 대한 사전검토가 요구된다.
- 2) 점검계획은 시설물이나 부재의 중요도, 제 3자에의 영향도, 내구년한등 시설물이 갖는 구조적 특성을 미리 파악하여 점검계획 수립시 이를 고려할 필요가 있다.
- 3) 점검자는 시설물의 점검시 시설물의 변형 및 결함을 미리 예측하고 점검시 구체적인 점검방법과 빈도를 결정하고, 점검시의 주변환경등을 고려해야 한다.
- 4) 점검시에는 시설물별 점검표를 작성하여 점검표에 의한 조사가 실시되도록 해야 한다.

2.3.2 점검주기 및 주요조사항목

점검주기 및 주요조사항목에 대한 지속적인 점검을 실시하여 시설물의 안전성과 내구성을 유지하여야 할 것으로 판단된다.

【표 2.1】 점검주기 및 주요조사항목

구 분	대상시설물		법정 주기 <시설물의 안전관리에 관한 특별법(2008년9월22일개정)> <건설기술관리법(2008년9월18일개정)>												
	1종시설물	2종시설물													
「시설물의 안전관리에 관한 특별법(별표1의2)」 1. 정기점검 : 6개월에 1회 이상 2. 긴급점검 : 관리주체가 필요하다고 판단한 때 또는 관계 행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에게 긴급점검을 요청한 때 3. 정밀점검 및 정밀안전진단															
<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <thead> <tr> <th>안전등급</th> <th>정밀점검</th> <th>정밀안전진단</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A등급</td> <td>3년에 1회 이상</td> <td>6년에 1회 이상</td> </tr> <tr> <td>B·C 등급</td> <td>2년에 1회 이상</td> <td>5년에 1회 이상</td> </tr> <tr> <td>D·E 등급</td> <td>1년에 1회 이상</td> <td>4년에 1회 이상</td> </tr> </tbody> </table>				안전등급	정밀점검	정밀안전진단	A등급	3년에 1회 이상	6년에 1회 이상	B·C 등급	2년에 1회 이상	5년에 1회 이상	D·E 등급	1년에 1회 이상	4년에 1회 이상
안전등급	정밀점검	정밀안전진단													
A등급	3년에 1회 이상	6년에 1회 이상													
B·C 등급	2년에 1회 이상	5년에 1회 이상													
D·E 등급	1년에 1회 이상	4년에 1회 이상													
정기 점검		○	<ul style="list-style-type: none"> 6개월에 1회 이상 (시특법) 												
내하력 검토		○	<ul style="list-style-type: none"> 보강공사 완료 후 보강성능검토 및 내하력검토 												
정밀 점검		○	<ul style="list-style-type: none"> 「시설물의 안전관리에 관한 특별법 [별표1의2](2008.9)」 의거하여 실시 향후 실시시기 → 내하력 검토후 2년 경과 시점 												

2.3.3 유지관리 평가

콘크리트 시설물의 사용여부 및 보수, 보강의 필요성 여부는 시설물의 안전성과 사용 및 내구성등을 고려하여 종합적으로 판정하여 다음의 상태평가를 실시하여 결정한다.

- 1) 균열, 박락, 철근의 부식, 누수, 재료분리, 처짐, 변형, 박리 등에 대한 열화상태 평가
- 2) 과하중, 지진, 진동 및 화재 등의 손상부위에 대한 성능저하 상태 평가
- 3) 설계, 시공, 재료 및 상세에 대한 하자상태 평가

2.3.4 일정계획

작업을 원활하고 능률적으로 실시하기 위해서는 유지관리의 전반적인 일정계획을 합리적으로 수립하고 작업시행은 계획에 따라 면밀한 준비와 세심한 검토를 하면서 행하여야 한다.

- 1) 일정계획 요소인자
 - ① 작업현장까지의 거리와 인원, 재료, 장비를 현장까지 이동하는데 드는 시간과 비용
 - ② 보수작업 실시여부, 재료의 성질, 필요장비 등에 영향을 줄 수 있는 기후조건
 - ③ 각 단위 작업의 크기와 분류, 작업단위가 가용자원으로 실시 가능한가의 여부, 운송거리로 인해 고가의 경비가 초래할 것인지의 여부
 - ④ 우선순위에 따른 예산의 영향과 예산회기내에 수행될 수 있는 작업의 총량

2.4 보수·보강 일반

2.4.1 보수·보강의 목적과 정의

RC 구조물을 구성하는 철근 콘크리트 부재는 설계 및 시공상의 품질문제, 사용환경 및 하중조건의 변화, 자연환경 등에 의해 구조물의 성능이 서서히 저하되므로, 적절한 유지관리를 실시하지 않는다면 열화에 따른 균열의 확대 등에 의하여 구조물이 손상되어 안전상의 문제를 발생시키게 된다. 따라서, 구조물에 발생한 열화현상에 대하여는 적절한 보수·보강 등의 유지관리를 통하여 구조물의 안전성 및 사용성을 확보하여야 한다.

우리나라의 경우, 경제 성장기에 지어진 구조물의 사용기간이 20~30년 경과되면서 노후화되고, 최근 구조물의 유지관리에 대한 관심이 고조됨에 따라 보수 보강 공사가 급격히 증가하고 있는 실정이다. 특히, RC 구조물의 보수·보강은 구조물의 특성에 적합한 보수·보강재의 선정과 공법이 이루어지지 않을 경우 목적으로 한 소정의 효과를 발휘하기 어려울 뿐만 아니라 오히려 구조물의 상태를 더욱 악화시키는 경우도 발생할 수 있다. 또한, 보수·보강이 어느 정도의 성능향상을 가져오는지에 대한 검증을 거치지 않는다면 경제적인 보수 보강을 통한 효율적인 유지관리는 이루어질 수 없다. 따라서 구조물의 특성을 고려한 보수 보강 공법과 이에 적합한 보수 보강재에 대한 체계적인 조사 연구 및 적용이 요구되고 있다.

한편, 보수·보강의 목적과 정의에 대해서는 다음과 같이 나타낼 수가 있다.

1) 보수·보강의 목적

보수·보강의 목적은 열화 및 손상된 구조물의 중요도, 열화도, 손상도 등에 따라 다르지만 다음과 같이 구분할 수 있다.

- ① 현재 상태의 내하력 등의 안정성, 내구성, 기능성 등의 성능을 유지하기 위하여 열화, 손상의 진행을 억제하는 것
- ② 열화, 손상된 구조물 또는 그러한 가능성이 있는 구조물에 대하여 실용상 지장이 없는 소요의 성능까지 회복시키는 것
- ③ 열화, 손상된 구조물 또는 그러한 가능성이 있는 구조물에 대하여 그 성능을 초기의 수준이상으로 개선시키는 것

2) 보수·보강의 정의

보수·보강을 크게 구분하여 정의하면 다음과 같다

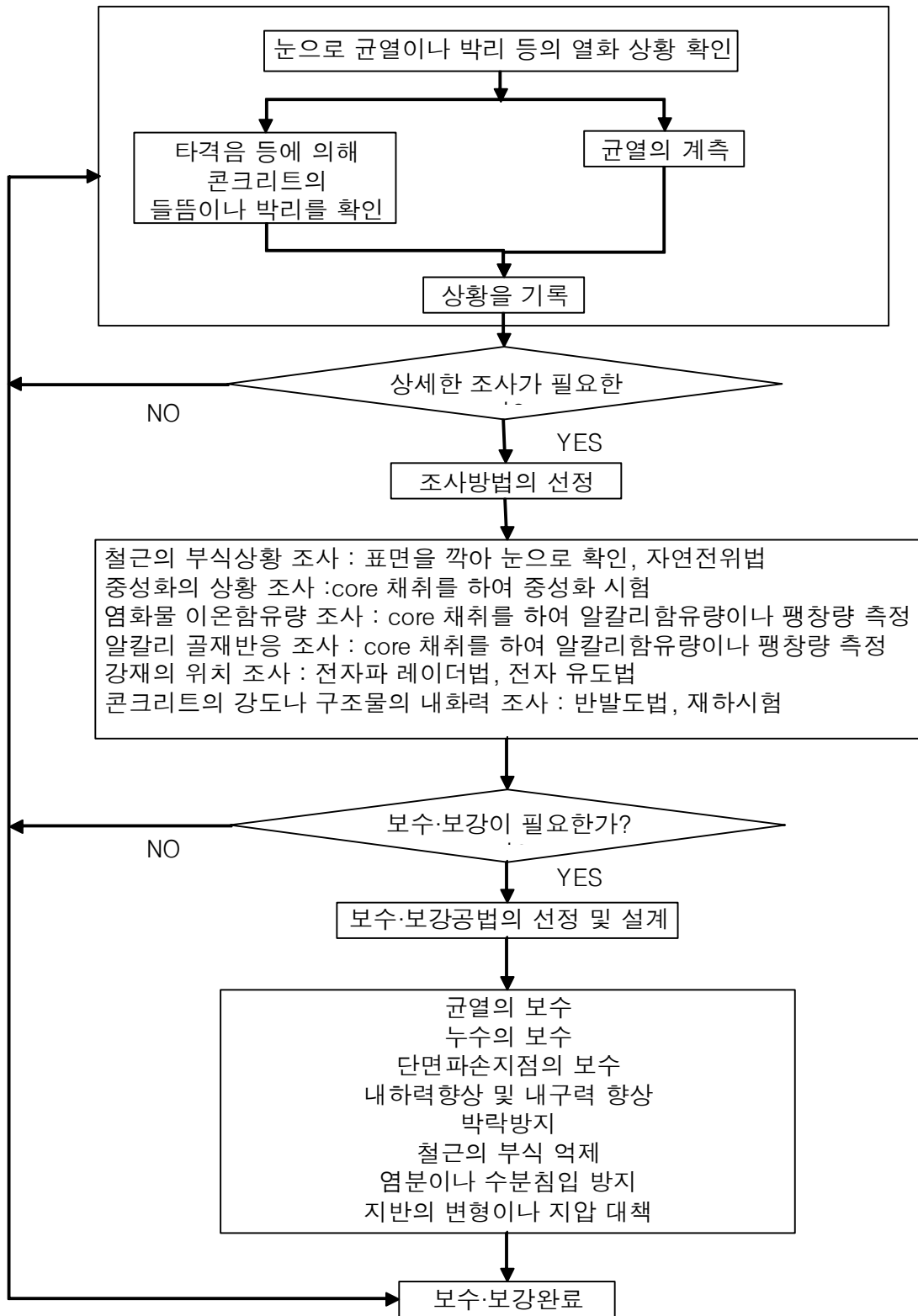
- ① 보수는 손상된 구조물의 내구성, 안정성, 미관 등 내하력 이외의 기능을 회복시키는 것을 목적으로 한다
- ② 보강은 손상에 의해 저하된 구조물의 손상을 초기의 수준 및 그 이상으로 회복시킬 목적으로 한다.

2.4.2 보수

보수를 위하여 먼저 실시하는 것은 손상이 생긴 원인을 밝혀내는 것이고, 그 원인규명작업이 정확해야만 보수작업을 적절하게 실시 할 수 있다. 건조수축에 의한 균열, 열응력에 의한 균열 또는 알칼리 골재반응에 의한 균열 등 외관상 그다지 차이가 없는 경우가 있으나, 보수가 필요한 경우에 적용되는 보수방법은 차이가 있다. 또 철근의 부식에 의한 콘크리트의 박리, 하중작용에 의한 콘크리트의 박리, 동결팽창에 의한 박리 등도 각각 그 원인에 따라서 보수방법이 다르다. 따라서 손상의 원인규명에서는 손상이 단순한 것처럼 보여도 설계계산서, 설계도면, 사용재료, 하중작용, 환경작용, 손상상태, 경과상태 등을 검토하여 종합적인 판단을 하여야 하며, 필요에 따라서는 재료 및 구조물에 관한 실험적인 검토를 행하거나 전문가의 의견을 구하는 것이 필요하다.

보수기술의 성능은 보수공사의 양부에 좌우되는 경우가 많다. 균열에 예폭시가 주입되는 정도, 주입한 수지와 콘크리트의 접착력 또는 단면회복에 이용되는 재료와 기존 구조물과의 접착력 등도 시공의 양부에 크게 영향을 미친다. 따라서 보수작업시에도 구조물의 신설시와 마찬가지로 공사방법, 시공요령 및 시공관리에 관하여 충분한 검토가 필요하다. 또한 문제에 따라서 장기내구성 및 내수성을 보증하는 보수공법을 선정하는 것이 곤란하면 가장 양호한 조건에서 보수방법을 선정하지 않으면 안되며, 또 보수 후 다시 손상이 발생하는 것을 전제로 하여 유지와 재보수에 대응하는 편이 경제적인 경우도 있기 때문에 보수에서는 보수 후의 유지에 관해서도 검토할 필요가 있다.

다음 그림은 일반적인 보수, 보강 흐름도를 나타내고 있다.



【그림 2.2】 보수·보강 흐름도

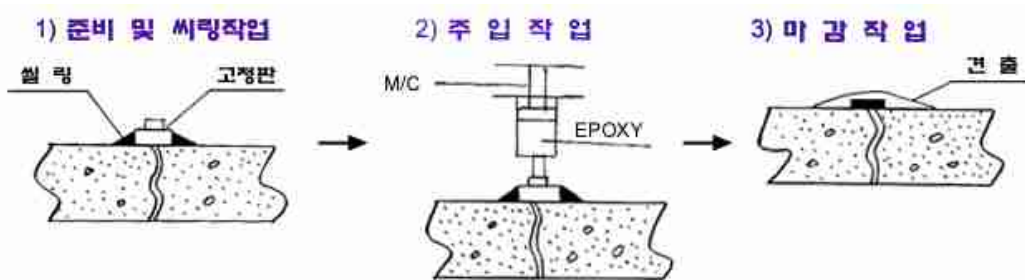
① 균열보수공법

구조물의 균열은 사용재료, 시공, 사용환경 및 구조외력 등 여러 가지 요인에 의해 발생되며, 균열에 대한 보수공법은 균열의 원인, 보수의 범위 및 규모, 환경조건, 공기 및 경제성 등에 따라 선정되어야 한다. 대표적인 균열보수 공법으로는 주입공법과 충전공법이 있다.

- 주입공법

구조물 균열보수에 가장 일반적으로 사용되는 방법으로서 구조물의 균열내부에 수지계(유기계) 또는 시멘트계(무기계)의 재료를 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 공법으로 마감재가 콘크리트의 구체로부터 들떠있는 경우에도 적용할 수 있다.

주입공법의 재료로는 시멘트계와 수지계 재료가 있으며 시공방법으로는 인력식, 기계식 방법이 있다. 이 중에서 종래에 재료로는 주입공법에 주로 에폭시 수지가 사용되며, 시공방법으로는 수동식 기계주입방법이 많이 이용되었다. 인력식 주입방법은 관통하지 않은 균열은 구석까지 재료를 주입하기가 곤란하다. 기계식 주입공사시 주입압력이 너무 높으면 균열을 넓혀주는 등의 문제점이 있으므로 저압저속의 주입공법을 택하는 경우가 많다. 저압저속 주입공법은 주입량 파악이 쉬우며 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있으나, 주입기에 주입재료가 남아서 재료손실이 많아지는 경우가 있다.

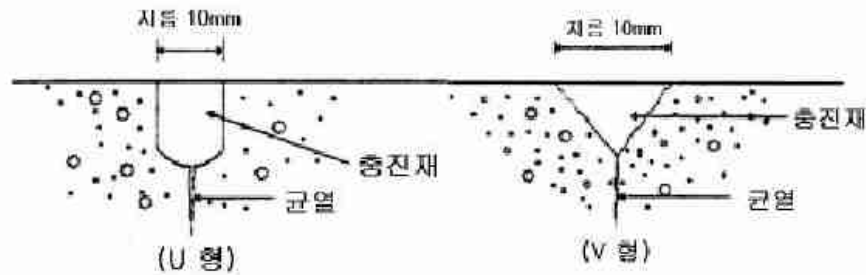


【그림 2.3】 주입공법(예)

- 충전공법

충전공법은 0.5mm 이상의 비교적 큰 폭의 균열보수에 적합한 공법으로 균열선을 따라 균열된 구체부분을 제거하고 이 부분에 대한 보수재를 충전하는 공법이다. 이 공법은 철근의 부식여부에 따라 보수방법을 달리 하여야 한다. 철근이 부식하지 않은 경우에는 균열선을 따라 약 10mm 폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 절단한 후 절단부분에 폴리머 코르타르나 폴리머 시멘트 모르타르를 충전한다. U형절단 방법은 균열선을 중심으로 양쪽에 커터로 홈을 낸 후 그 사이의 구체 콘크리트를 제거하는

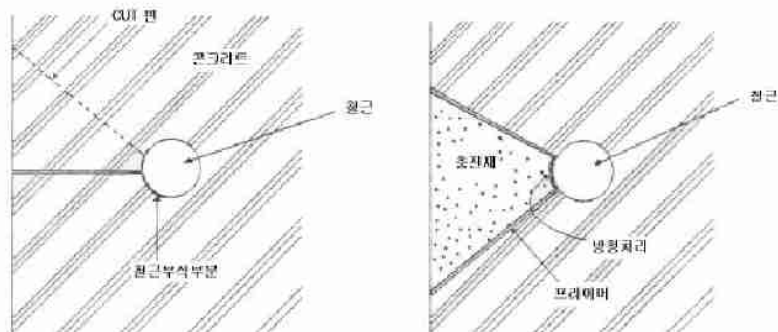
것이며, V형 절단 방법은 원추형의 다이아몬드 조각을 전동드릴 끝에 장착하여 균열선을 따라 구체 콘크리트를 제거하는 방법이다. V형으로 절단하는 방법은 간단하지만 폴리머 시멘트 모르타르로 충전하는 경우는 박리현상이 일어나기 쉬우므로 U형 절단 방법을 사용하는 것이 바람직하다.



【그림 2.4】 철근이 부식되지 않은 경우의 충전공법(예)

철근이 부식된 경우에는 철근이 녹슬면서 부식한 부분을 제거하고 철근에 방청처리한 후 폴리머 코르타르나 폴리머 시멘트 모르타르로 충전한다.

이 방법은 철근이 부식된 철근콘크리트 구조물의 내구성 회복을 목적으로 한 것으로서 여러 가지 공법이 개발되어 있다. 주된 것으로는 보수재료를 사용하여 물리적으로 부식을 방지하는 방법과 콘크리트에 알칼리성을 갖게 하여 화학적으로 부식을 억제하는 방법 및 상기 두 가지 방법을 조합한 방법이 있다.



【그림 2.5】 철근이 부식된 경우의 충전공법(예)

균열의 진행이 없는 경우에는 균열선을 따라 약 10mm를 한번으로 하는 정삼각형으로 절단하여 완전히 제거한 후 겔 상태의 에폭시 수지를 주입한다. 겔상태의 에폭시 수지란 중량비로 에폭시 수지 1에 대해 규석분 2.5 - 3.5를 혼합 교반한 것이다. 바닥 슬래브의 경우는 V형으로 절단한 후 저점도 에폭시 수지를 주입하여 충전한다.

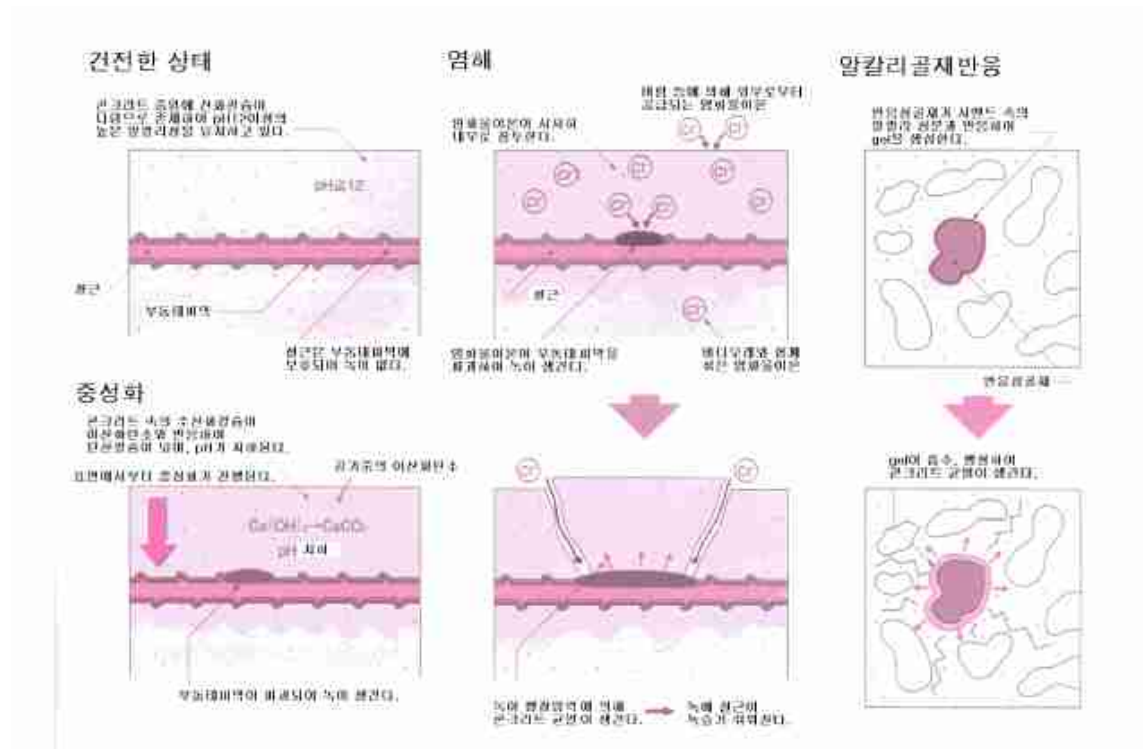
균열이 진행하는 경우에는 변형력, 신장력이 큰 재료가 유리하며, 재료로서는 겔상 태의 에폭시 수지 대신에 탄성접착제를 사용한다. 이 경우 V형으로 절단된 면에 에폭시 수지를 프라이머로 도포하면 접착력을 향상시킬 수 있다.

누수 또는 용출수가 있는 경우에는 보수에 의해 물을 차단하면 수압 때문에 보수한 부근에서 누수가 되므로 도수관을 설치하여 자연도수가 되도록 하여야 한다. 균열선을 따라 V형으로 절단하여 절단부 구석에 투수성 스폰지, 접수용 파이프와 도수용 호스를 장진하고 급결성 시멘트 모르타르로 임시 막아 놓은 다음 몇 군데 설치된 파이프를 한곳으로 모아 배수시킴으로써 균열부에서의 누수와 용수를 방지하여야 한다. 임시용 급결성 시멘트 모르타르는 장기간의 수압에 견지지 못하므로 외부에 습윤용 프라이머를 도포한 다음 에폭시폴리머 모르타르로 보완해 주는 것이 좋다.

② 단면복구공법

구조물 표면의 단면손상 및 열화는 화학작용, 동결융해, 마모작용 등에 의해서 생긴다. 이들의 원인에 의해서 생긴 구조물 표면의 단면손상 및 열화를 보수하기 위해서는 손상부분을 완전하게 제거한 후 단면을 회복할 필요가 있고 다음에 환경작용을 완화 또는 정지시키기 위한 보수가 필요하다. 대표적인 단면복구공법에는 바탕처리 공법, 방청처리 공법, 함침처리공법, 단면피복공법, 중성화 억제공법, 염해억제공법 및 동해억제공법 등이 있다.

다음 그림은 콘크리트 구조물에서 일반적으로 발생하는 열화현상을 보여주고 있다. 이와 같은 열화현상의 보수를 위하여 단면복구공법 등의 적용이 필요하다.



【그림 2.6】 일반적인 열화반응(예)

③ 누수보수공법

구조물의 균열로 인한 누수부분의 보수는 발생원인, 균열의 크기, 상태 및 거동 등을 확인하고 이에 따른 내구성 및 안정성을 고려하여 작업조건 및 환경, 보수방법 및 경제성을 고려한 보수공법의 선택이 가장 중요하다. 누수는 구조물 구체에 결빙이 생겨 유지관리면에 큰 지장을 초래하며, 누수가 심한 부분에는 배면토사의 이동으로 공동현상이 발생할 수 있고 인접구조물 및 지하구조물의 구조적인 안정에 직접적인 악영향이 미치므로 적절한 대책을 세워 누수를 방지하여야 한다.

대표적인 누수보수공법에는 방수공법, 지수공법, 차수공법, 배수공법 등이 있다.

2.4.3 보강

보강이란 보수로 회복하기 어려운 손상에 대해서는 적합한 공법으로 보강하여야 한다. 보강은 구조물의 전체 또는 일부부재가 원래의 기능보다 우수한 성능을 발휘할 수 있도록 하는 행위 또는 구조물의 내하력 증강이나 기능의 향상을 도모하는 행위를 의미한다. 따라서 기능이 부족하거나 기능을 상실한 부재 또는 부속물을 원래의 기능보다 우수한 것으로 교체하는 행위를 보강이라 할 수 있다. 콘크리트 구조물을 보강하는 공법을 여러 가지가 있으며 같은 유형의 손상이라도 적합한 공법이 다를 수 있다. 따라서 특정한 손상유형에 대해 적합한 공법을 추천한다는 것은 어려운 일이다.

보강의 방법은 응급조치와 교체조치를 제외하면 크게 직접적인 방법과 간접적인 방법으로 구분할 수 있다. 직접적인 방법이란 보강재료를 사용하여 구조시스템의 변경없이 기존 부재의 강성을 증가시키거나 부재에 작용하는 응력을 감소시키는 방법으로서 대표적인 공법은 기존부재에 보강재를 접착하는 공법이다. 간접적인 방법은 구조시스템을 변경하여 기존부재의 하중부담을 감소시키는 공법으로서 대표적인 공법은 보와 기둥의 증설공법이다. 보강공법의 선정에서는 보수공법과 마찬가지로 손상상태, 보강목적, 시공성, 경제성 등을 고려하여야 하는데, 중요한 것은 기술적 신뢰도가 있는 공법을 보강목적에 맞게 선정하는 것이다.

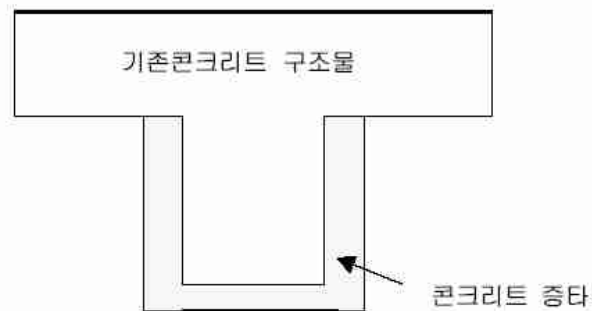
① 단면증설공법

구조물의 보강은 내력저하를 회복시키는 것과 사용목적에 적합하도록 구조내력을 증가시키는 것으로 분류할 수 있다. 구조물을 보강하기 위해서는 먼저 구조물을 조사하여 내력 저하원인을 파악한 후 원인을 충분히 보완 할 수 있는 적합한 보강공법을 결정해야 한다. 이와 같이 내력저하의 구조물이나 구조내력을 증가시키는 방법에는 기존 구조체외에 추가적으로 단면을 증설하여 콘크리트 구조체를 보강하는 공법을 단

면증설공법이라 한다. 대표적인 단면증설공법으로는 강제증설공법, 보강재 매입공법, 콘크리트 증타공법 등이 있다.

강제증설공법은 내력 손상된 구조물 주요부위의 표면에 강재등을 부착하여 보강하는 방법으로 슬래브 하부나 기둥 등에 보나 지지대 등을 증설하는 것이다. 슬래브 하부에 강재봉을 증설시키는 것은 슬래브의 지지거리를 감소시켜 슬래브의 휨모멘트와 처짐을 감소시키는 방법이고 기둥에 지지대를 증설하는 것은 기둥의 강성을 증가시켜 지지력을 향상시키는 방법이다. 강제증설공법은 비교적 공정이 단순하고 경제적이거나 기존보와 증설보의 접합부나 슬래브와 증설보의 접합부 처리가 어렵다는 단점이 있다.

콘크리트 단면확대공법은 콘크리트 일부가 내력 손상되었거나 또는 타설 불량 혹은 다른 시공적인 요인에 의해 철근이 노출되어 콘크리트와 부착성을 기대하기 힘든 경우에 사용하거나 단면자체가 작게 설계되어 단면을 증대시킬 필요가 있는 경우에 사용한다.



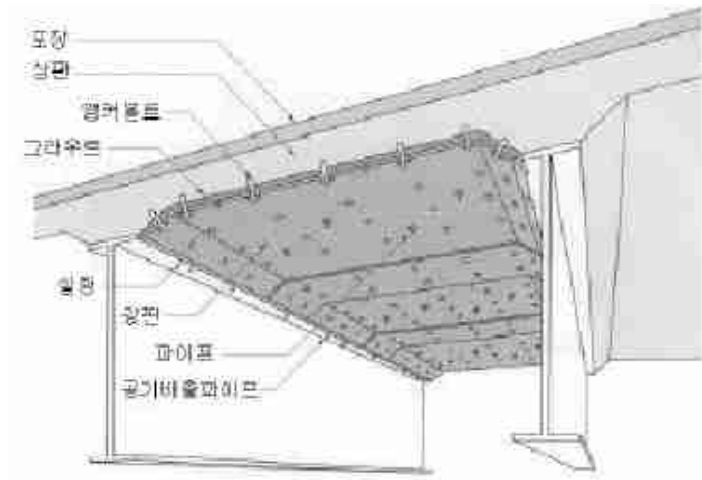
【그림 2.7】 콘크리트 단면확대공법

② 부착공법

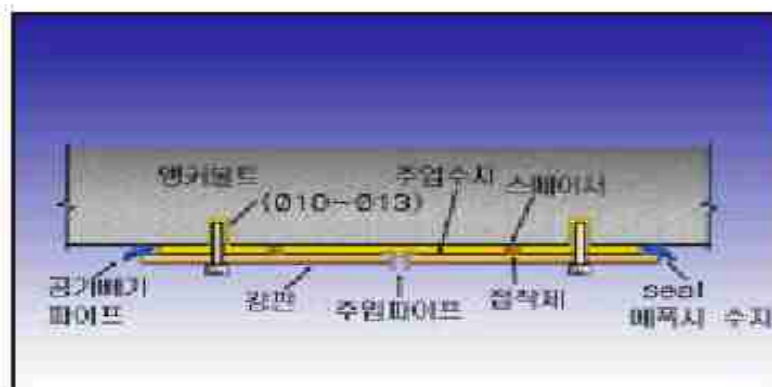
부착공법은 강판이나 섬유시트를 구조물과 일체화 시켜 기존 구조물의 내력보강을 목적으로 하는 공법으로 대표적인 부착공법으로는 강판부착공법과 섬유시트, 판넬부착공법 등이 있다.

강판부착공법은 기존 구조물에 강판을 접착시켜 기존의 구조물과 강판을 일체화 시키는 공법으로 설계시 기존부재의 철근비를 검토하여 추가강판의 보강량은 최대 철근비보다 작게 제한하여야 한다.

강판을 기존 콘크리트에 일체화 시키는 방법은 앵커로 사용하거나 에폭시를 사용하는 방법이 있다.



【그림 2.8】 강판접착공법 개요도



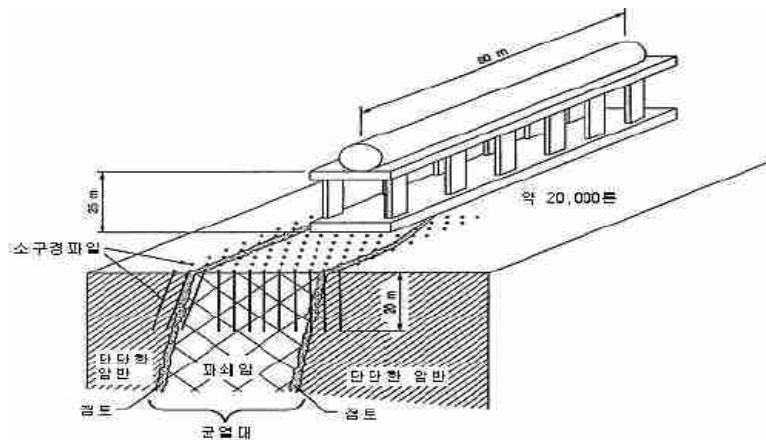
【그림 2.9】 강판주입공법

③ 기초보강공법

기초보강공법이란 건축 및 토목구조물이 설치될 지반이 상부구조물의 하중을 지탱하지 못할 경우나 지진 등의 외력 등에 의해 구조물 손상이 예측될 경우에 해당하는 보강공법으로 크게 그 지반자체를 보강하는 경우와 기초구조물을 보강하는 것으로 구분된다. 기초보강공법으로서는 새로운 기초로 보강하는 방법, 기존의 기초에 콘크리트를 증타하는 방법, 지반을 개량하여 기초의 지지력을 개선하는 방법 등이 있다. 그러나 이러한 보강공법은 일반적으로 공사의 규모가 커지므로 시공상 어려운 점이 많다. 따라서 건물 전체의 보강방법을 생각하는 단계에서부터 기초의 보강이 필요하지 않도록 계획하는 것이 바람직하다. 그러나 지진 홍수 등에 의하여 건물이 기울어 진다든지, 기초의 지지력이 저하되는 경우에는 어떠한 방법으로든 보강 또는 보수를 하지

않으면 안된다. 대표적인 기초보강공법으로는 기초지반보강공법과 기초구조물보강공법 등이 있다.

이때 기초지반보강공법은 구조물 기초지반을 보강할 목적으로 기초지반에 그라우팅, 약액주입, 시멘트 주입 등을 하여 구조물로부터 지반이 안전하고 견고하게 지지할 수 있도록 하는 방법이다. 그리고 기초구조물보강공법은 구조물 하부에 설치된 기초 구조물을 보강하는 공법으로서 건물이나 교량 등의 기초로 사용되는 파일, 피어, 케이슨 등을 보강하는 공법이다. 다음그림은 기초구조물의 보강사례로서 소구경파일(micro pile)을 이용하여 기존구조물의 기초를 보강하는 것이다.



【그림 2.10】 기초보강공법

2.4.4 공법별 재료의 선정

구조물의 보수·보강재료에 요구되는 다양한 성질들이 있다. 한편 보수공법은 손상부위를 처리하는 형태에 따라 크게 표면피복공법, 주입공법, 충전공법 및 기타공법으로 나눌 수 있다. 또한, 보강은 외적인 요인에 의하여 손상을 입은 부위에 콘크리트보다 강도가 큰 물질을 덧붙여 손상을 받은 부재의 부담능력을 향상시키기 위한 방법으로 주로 강판에 의한 보강과 탄소섬유에 의한 보강 등으로 분류할 수 있다. 각 공법별 재료는 아래와 같다.

1) 표면피복공법

표면피복공법에 사용되는 재료는 콘크리트 구조물의 균열 성격에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 균열의 수축팽창이 비교적 큰 경우 :

폴리우레탄, 폴리설파이드, 실리콘, 타르에폭시

- 균열의 수축팽창이 비교적 작은 경우 :

에폭시계 재료, 폴리머 시멘트, 아스팔트, 시멘트모르터

이들 표면피복용 재료는 성분 에 따라 무기질계와 유기질계로 분류할 수 있으며 각각에 폴리머를 첨가한 복합형 재료도 있다.

① 폴리머계 시멘트 혼화재

폴리머시멘트 혼화재는 보통의 시멘트모르터의 결합재로서의 시멘트 이외에 폴리머를 시멘트의 0.3~0.5(중량비)정도 혼합해서 모르터의 특성을 개선하려고 한 것이다. 폴리머시멘트 모르터는 코킹 등의 보수공사용 재료로서는 매우 유용하며 보통의 시멘트 모르터에 비해서 다음과 같은 개선된 장점을 갖고 있다.

- 휨인장강도와 신장력이 크다.
- 방수성이 좋고, 동결융해에 대한 저항성이 크다.
- 건조수축이 작다.
- 콘크리트, 모르터, 강재 등에 대한 접착력이 크다.
- 내충격성, 내마모성이 크다.

② 레진콘크리트용 수지

결합재로서 시멘트를 전혀 사용하지 않고 폴리머만을 결합재로서 이용한 것을 레진콘크리트라고 부르며, 폴리머시멘트 모르터가 갖는 장점 이외에 내약품성이 우수하다. 또한 경화시간을 광범위하게 조절할 수 있고, 매우 단시간에 경화시킬 수도 있는 등의 이점이 있다.

③ 콘크리트 도장 수지

기존 콘크리트 구조물의 표면에 모노머, 프리폴리머, 폴리머 등을 도포해서 침투시킨 후, 중합 등의 조작에 의해 콘크리트와 폴리머를 일체화함으로써 콘크리트 표층부에 강도, 수밀성, 신장능력, 내구성 등이 높은 보호층을 형성, 보수, 강화하는 공법으로 콘크리트 제품의 제조에 이용되는 경우에는 폴리머함침콘크리트라고 부르고 있다. 함침재는 콘크리트에 대한 침투성이 매우 좋아야 하므로 콘크리트의 제품에는 저점도의 메틸메탈아크릴레이트(MMA), 스티렌 등을 이용해서 방사선중합법과 촉매를 가한 가열중합법을 취하고 있으나, 기존 구조물에는 이와같은 방법은 곤란하므로, 반응경화형의 에폭시수지, 폴리우레탄수지, 폴리에스텔수지 등 저점도의 것이 이용된다. 또한 단순히 표면도포제로서 이용하는 경우에는 처지는 것을 막기 위해서 충전재(중질탄산

칼슘 등)를 적량 첨가한 것이 이용된다.

이러한 표면피복용 도포재료의 종류와 물리적 특성치를 비교하면 【표 2.2】 및 【표 2.3】와 같다.

【표 2.2】 재료의 종류

분류 \ 특징	종 류	결합재	혼화재료	특 성	용 도
시멘트 모르터	방수 모르터	시멘트+물	시멘트방수제	방수성	방수용
수지첨가 모르터		시멘트+물	시멘트용수지 5%이상	모르터단점개선	방수용,바닥재용, 접착용,보수용
레진 수지 모르터	에폭시 모르터 폴리에스텔모르터 폴리우레탄모르터	수지(시멘트, 물은사용하지 않음)		조기강도접착력 우수 내약품성 우수	바닥재용보수용 보강용

【표 2.3】 에폭시수지모르타르의 장·단점

장 점	단 점
① 강도가 높다. (압축강도:100~600ha/cm ² , 휨강도:200~400ha/cm ²) ② 경화가 빠르고, 단시간에 강도를 얻을 수 있다.(2시간 경화, 재령 3일에 표준강도의 50~70%, 재령 7일에 표준강도) ③ 접착력이 우수하다. ④ 내마모성, 내약품성이 우수하다.	① 시멘트 모르타르에 비해 고가이다. ② 내열성이 약하다.(80~100℃ 이상에서는 구조용으로 사용할 수 없다) ③ 품질관리가 복잡하기 때문에 시공성이 나쁘다.

【표 2.4】 콘크리트 피복보수재료의 물리적 특성치

항 목	에폭시 수지 그라우트 모르타르 및 콘크리트	폴리우레탄 수지 그라우트, 모르타르 및 콘크리트	시멘트계 그라우트, 모르타르 및 콘크리트	폴리머 시멘트계 그라우트, 모르타르 및 콘크리트
압축강도 (kgf/cm ²)	550~1100	550~1100	200~700	100~800
압축 탄성계수 (x10 ⁶ kgf/cm ²)	0.05~0.2	0.02~0.1	0.2~0.3	0.01~0.3
휨강도(kgf/cm ²)	250~500	250~300	20~50	60~150
인장강도 (kgf/cm ²)	90~200	80~170	15~35	20~80
연신율(%)	0~15	0~12	0	0~5
열팽창계수 (x10 ⁻⁶ /°C)	25~30	25~35	7~12	8~20
흡수율 (25°C, 7일간, %)	0~1	0.2~0.5	5~15	0.1~0.5
하중작용하 최대사용온도(°C)	40~80	50~80	30	100~300
강도발현 소요시간(20°C)	0~48h	2~6h	1~4weeks	1~7days

【표 2.5】 폴리머 시멘트계 모르타르와 에폭시수지계 모르타르 보수재의 특성비교

항목	폴리머 시멘트계	에폭시 수지계
시 공 성	시공기구의 청소가 간편, 습윤면에 시공이 가능, 한번의 시공두께가 얇기 때문에 목표두께가 두꺼울 때는 공정이 증가함	경량골재 혼합형태로 하면 한번으로 시공두께가 확보되어 공정이 간단함. 경화제에 다소 독성이 있고 시공기구의 청소도 상대적으로 어려움
경 화 성	일반형은 다소 경화시간이 길어서 공기가 길게 됨. 그러나 조강형의 것도 있음	상대적으로 경화가 빠르며 경화제의 종류에 따라 경화시간을 조절할 수 있음. 온도의존성이 크기 때문에 저온시에 경화
각종 강도	콘크리트와 유사	일반적으로 인장, 휨 강도가 콘크리트 보다 우세함
탄성계수	콘크리트와 유사	일반적으로 콘크리트보다 작으며 변형이 쉽게 일어나지만 조정이 가능함
부 착 성	양호한 편이나 혼합된 폴리머의 종류에 따라 차이가 있음	폴리머 시멘트계 보다 부착성이 높음
방 수 성 차 염 성 가스투과성	양호한 편이나 혼합된 폴리머의 종류에 따라 차이가 있음	상대적으로 좋으나 골재의 입도 정도에 따라 나쁜 영향을 받을 수 있음
열팽창계수	콘크리트와 유사	콘크리트 보다 큼(2~4배)
내 화·내 열 성	콘크리트와 유사 그러나 폴리머의 혼합량이 많으면 내화성은 낮아짐	온도가 높아지면 유연해지고 변형이 일어남
가격비교		폴리머 시멘트계에 비교하여 재료비가 약 2배임. 그러나 공기단축이 가능하므로 총공사비는 약 1.5배 정도임

【표 2.6】 수지류의 성능 비교

수지종별 항목	불포화폴리 에스텔	에폭시 수지	페놀 수지	프란 수지	브덴수지
경화조건	상온 또는 가열 5~20℃	상온 또는 가열 25~150℃	가열 180℃ 이상	상온 또는 가열 25~150℃	가열 125℃ 이상
경화수축성	大	小	大	大	中
착색성	◎	◎	△(적색)	△(흑)	◎
금속과의 접착성	◎	◎	◎	◎	◎
내열성	80~120℃ (최고 204℃)	90~130℃ (최고 210℃)	150℃	80~150℃ (최고 175℃)	85~179℃
자외선 영향	약간 황변	없음	없음	없음	약간 황변
약산 영향	영향 없음	영향 없음	영향 없음	영향 없음	영향 없음
강산 영향	영향 없음	영향 없음	영향 없음	영향 없음	영향 없음
약알카리 영향	산화성 산에 침식	침식	산화성 산에	산화성 산에 침식	침식
강알카리 영향	약간 침식	약간 침식	침식	거의 변화없음	약간 침식
유기용제	케톤, 염소류에 침식	영향 없음	영향 없음	영향 없음	염소류에 침식

*◎:우수, ○:양호, △:가능

2) 주입공법

주입공법은 균열내부에 접성이 낮은 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 방수성과 내구성을 향상시키는 공법으로 마감재가 들뜬 경우에도 사용한다. 에폭시수지 주입에 의한 공법은 수지의 탄성계수가 콘크리트에 비해서 작고, 균열의 미세한 부분까지 주입이 곤란하다는 단점이 있으나 최근에는 부재의 강성 및 휨·전단내력을 균열전과 동등한 수준으로 회복시킬 수 있고 철근과의 부착강도도 증진시키는 에폭시수지가 개발되어 실용화되고 있다.

에폭시수지는 저수시설 및 건축물 외벽의 보수 등 역학적으로는 특별한 장애가 없지만 방수 목적으로 주입하는 예가 많으며 철근의 부식방지를 위해 수지 주입을 하는 것도 있지만 주입에 의한 부식방지효과는 부식상태에 따라 다른 것으로 나타나 있다. 또한, 부식방지를 위한보수의 경우에 에폭시 주입만으로는 충분하지 못한 경우가 많다.

일반적으로 사용하는 에폭시수지의 변형량은 2% 정도이므로 진행성 균열일 경우는 가변성의 에폭시수지를 사용하고, 충전공법의 사용을 검토할 필요가 있다. 주입방법은 기계식 주입공법, 수동주입공법, 페달식 주입공법, 유입공법 등이 있고 균열의 상태를 감안하여 적절한 공법을 선정해서 사용한다.(【표 2.7】 참조)

① 보수재료

주입재는 균열의 보수에 사용되는 주요한 보수재료이다. 주입재의 재료 중에서 합성수지는 수축이 적고 조기에 강도가 발휘되어 접착력이 우수하기 때문에 균열의 보수 및 타일의 접착에 가장 적합한 재료이다.

【표 2.7】 균열폭과 접착제의 점도(1)

(단위 : CPS)

공법 균열폭mm	기계주입 공법	수동주입 공법	페달식 공법	유입공법
0.25이하	500			
0.25~0.60이하		1,000~ 3,000		
0.60~2.00이하		3,000~ 7,000		500~1,000
2.00~5.00이하		7,000~10,000	7,000~10,000	500~3,000
5.00이상			7,000~10,000	1,000~5,000

특히 열경화성 합성수지인 에폭시수지계 주입재는 1938년 스위스에서 발견되어 1945년 미국에서 실용화된 재료로서 고분자화합물의 일종이다. 에폭시는 합성수지

(Synthetic resin)로서 합성수지란 모노머(monomer, 합성할 때의 기본단위인 저분자 화합물)와 같이 비교적 간단한 화합물에서 중합반응(Polymerization)에 의하여 합성된 폴리머(Polymer)의 총칭으로 플라스틱 등의 각종 성형품, 도료 접착제의 원료가 된다.

이 합성수지를 열에 의한 성상으로 구분하면 열가소성 수지(thermo plastic resin)와 열경화성 수지로 구분할 수 있으며 열경화성 수지는 주제와 경화제로 성형되는 것이 일반적이다.

일반적으로 주입재료로는 에폭시수지와 불포화 폴리에스텔수지가 주로 쓰이는데 에폭시수지는 가격이 고가인 것을 제외하고는 대부분 유리하며, 폴리에스텔수지는 에폭시수지에 비하여 수축이 크고, 접착강도가 작다. 또한 시멘트에 대한 내알카리성도 약하지만 에폭시보다 양생온도가 낮고 경화 시간의 조정이 용이하고 점성이 작아 균열 폭이 작은 경우에 유효하다.

에폭시와 불포화 폴리에스텔수지를 비롯한 주입재로서 사용가능한 수지들의 물성을 비교하면 【표 2.8】 과 같다.

【표 2.8】 합성수지의 일반적 성질 및 용도

수지	비중	강도(kgf/cm)				특징	용도	
		인장	압축	휨	전단			
열경화성수지	에폭시 수지	1.83	700	900~1400	900~1200	150~300	내수, 내약품, 고강도, 고가	구조용 접착, 코팅재, 라이닝재, 시일링재
	불포화 폴리에스텔 수지	1.10~1.65	300~700	900~2500	500~1300	50~200	상온경화, 내약품성 약간小	구조용접착, 코팅재, 라이닝재, 시일링재
	페놀수지	1.25~1.45	250~650	800~2500	500~1100	70~150	내수, 내열성 (-50~150℃) 열가	합판, 집성재 등의 접착 시일재, 코킹재, 구조용
	레솔린 수지	1.25~1.45	250~650	800~2500	500~1100	80~110	내수, 내구성大	옥외용 합판, 내수합판의 접착, 구조용
	요소수지	1.4~1.52	400~900	1750~2800	700~1100		내수, 내열성 小	일반용 합판, 샌드위치판
	퓨란수지	1.75	200~300	700~900	400~600	150~200	내약품성大	코킹재, 라이닝재열경화성수지
	폴리우레탄 수지		10~50				내열, 내약품성大	시일링재
열가소성수지	초산비닐 수지(PVA)	1.18~1.20	350				습윤팽창성, 내열성小	타일 등의 접착, 샌드위치판, 비구조용
	비닐알콜						수용성미장용	모르타르 첨가제, 토양안정제
	부틸알콜	1.05	35~210				내수성	페놀수지와 혼용한구조용

3) 충전공법

① 에폭시수지계 졸눈 충전재

주요 조성성분은 에폭시수지로서 에폭시수지의 조성을 변화시켜 진행성 및 비진행성의 균열에도 적용 가능하다. 보통 구조물의 바닥면 보수, 요철부의 조정 등에 사용되며, 수평 및 상향으로도 시공이 가능한 재료이다. Honeycomb, 철근노출부의 보수에 적합하다.

② 에폭시계 경량 모르타르

특수변형 에폭시수지를 사용한 것으로 부착성이 높으며 비교적 경량이다. 바름 두께를 두껍게 할 수 있으며 공기가 짊고, 작업성이 뛰어난 장점을 가지고 있다. 결손부위의 충전에 적합하다.

③ 경량 에폭시수지 모르타르

에폭시수지에 경량 골재를 혼합한 것으로 비중이 낮아 상향 시공성이 양호하다. 또한 얇게 시공하여도 들뜸이 없어 단면보수용으로 적합하다.

④ 에폭시수지 모르타르

에폭시수지에 특수골재를 혼합한 것으로 유연성이 있는 에폭시수지와 골재로 구성되어 천장면이나 수직면에 시공하여도 흘러내림이 없다. 비투수성으로서 콘크리트 구조물의 방식·방청, 결손부의 보수, 요철부의 조정에 적합하다.

⑤ 수지프리팩트계 단면 복구재

비닐에스텔 수지에 골재를 혼합한 것으로 경화속도가 빠르며 강도가 높다.

⑥ 수중 및 지수용 충전재

에폭시수지를 주원료로 한 것으로 물에 젖어 있거나 누수가 되고 있는 부위에 사용할 수 있다.

⑦ 실런트계 충전재

두가지 성분형 실리콘으로 내후성, 내구성, 내수성이 뛰어나다. 프라이머 사용으로 대부분의 피착재에 접합이 가능하다. 연신특성이 우수하여 진동, 신축에 대한 추종성이 뛰어나다.

⑧ 합성수지계 프리팩트 콘크리트

불포화 폴리에스텔 수지에 골재를 혼합한 것으로 저온시의 강도 발현성이 뛰어나다.

⑨ 우레탄계 충전재

2가지 성분의 우레탄 수지가 주요 원료로서 신축성과 추종성이 뛰어나며 보수시 흘러내림이 없다. 균열폭 5mm 이상의 균열에 적용 가능하다.

⑩ 에폭시계 단면복구재

주요 조성은 에폭시수지로서 초경화성이다. 물로 반죽질기를 조절할 수 있으며, 습윤부에 대한 접착성이 양호하다. 대형균열이나 결손부에 적합하다.

4) 강판 보강공법

강판 보강공법은 콘크리트 부재의 인장측 외면에 강판을 에폭시 계통의 접착제로 접착하여 기존의 콘크리트와 강판을 일체화시킴으로서 강판에 의한 단면보강효과는 물론 콘크리트의 열화와 철근의 부식방지 효과를 기대하는 보수·보강공법이다. 일반적으로 4.5~6mm 두께의 강판이 쓰이고, 접착제로는 에폭시 수지가 이용된다. 강판 보강공법은 강판을 접착하는 방법에 의해 압착공법과 주입공법으로 나누어지는데 사용되는 재료는 강판과 접착용 에폭시 수지로서 에폭시 수지 등 접착제는 앞서서와 같다.

본 공법은 강판과 콘크리트 사이에 강력한 접합력을 가지며 경화후 수축이 없고 교통개방 또는 공용중에도 시공이 가능한 특징이 있으며 장단점은 아래와 같다.

① 장 점

- 강판을 사용하고 있으므로 모든 방향의 인장력에 대응할 수 있다.
- 강판의 분포, 배치를 똑같이 할 수 있어서 균열 특성도 좋다.
- 시공이 간단하고 강판의 제작, 조립이 쉬워 현장 작업이 복잡하지 않다.
- 현장타설 콘크리트, 프리캐스트 부재 등에 모두 적용할 수 있어 응용범위가 넓다.

② 단 점

- 방청, 방화상의 문제가 충분히 검토되어 있지 않다.
- 접착제의 내구성, 내피로성이 불분명하다.
- 전단에 대한 보강에 의문이 있다.

5) 증설보공법

증설보공법으로는 합성단면 증설공법, 강형단면증설공법이 있다.

합성단면 증설공법이란 신구단면 사이에 전단력을 직접적으로 전달시키기 위해 접촉면에 앵커를 매립하고, 증설되는 강형보에 콘크리트를 타설하여 기존의 보와 일체화하도록 하는 것이다. 또한 콘크리트에 의해 증설빔을 시공할 경우에는 크리프, 건조수축에 의해 증설단면에는 인장력, 기존단면에는 압축력이 발생하는 경우가 발생하기 때문에 증설단면에 균열이 발생치 않도록 배근에 충분한 주의를 기울이지 않으면 안된다.

강형단면 증설공법이란 합성단면 증설공법과는 달리 신·구 접촉면에 전단력 전달을 위한 특별한 처리를 하지 않고 기존 보의 외연부를 절단하고 콘크리트 또는 강형의 증설보를 설치하여 단면을 증대시킴으로써 내력을 증대시키는 공법이다. 따라서 신·구 단면간의 응력분담은 축력의 경우에는 신,구 보의 단면적, 휨 모멘트의 경우에는 신,구 보의 단면 2차 모멘트의 비에 의해 분담되므로 이에 따라 응력을 검토한다.

6) 탄소섬유쉬트 보강공법

탄소섬유접착 공법은 보강을 요하는 기존 철근콘크리트 구조물의 슬래브 밑면, 보의 밑면과 측면 등에 탄소섬유쉬트를 에폭시 수지로 함침적층(含浸積層)하여 기존 구조물에 접착 일체화시키는 보강공법이다.

HM Type:고탄성(High Modulus) Type탄소섬유는 재료가 갖고 있는 고강도의 성질로 인하여 일찍부터 항공, 우주 분야의 재료로서 사용되어 왔다. 탄소섬유의 토목, 건축 분야에의 적용은 고강도, 고탄성, 비자성(非磁性), 내후성 및 경량의 성질을 이용한 기존 구조물의 보강분야에 적용되고 있다.

기존의 보강공법에 대한 탄소섬유쉬트 공법의 장점은 강판접착공법과 같이 구조부재의 내하력 향상을 기대할 수 있고, 기존에 발생한 균열을 구속하는 효과를 얻을 수 있다. 탄소섬유쉬트는 이형강봉에 비교해 강도가 8~10배, 탄성률이 거의 같은 인장특성을 지니고 이형강봉과 같이 항복점이 없고 파괴강도까지 거의 탄성체로서 거동한다. 비중은 철의 약 1/5에 해당하는 경량이므로 보강으로 인한 사하중 증가의 부담이 없고 작업성이 좋을 뿐만 아니라 작업공간이 협소한 장소에서도 작업이 용이하다. 또한 내식성이 우수하므로 염해를 받는 해안에 위치한 콘크리트 구조물의 보호와 동시에 보강에 활용될 수 있고, 구조부재의 손상정도와 손상부위에 따라 보강량이 다를 수 있으므로 이에 대하여 적층 수를 조절하므로써 적절한 보강이 가능하다.

이 공법의 단점으로는 섬유시트를 접착하는데 에폭시를 사용하므로 에폭시의 열적 성능에 의존하게 된다. 따라서 구조물이 처하는 열적환경을 신중히 고려하여 적용여부를 결정해야 한다.

① 탄소섬유의 성질

- 재료적 성질

탄소섬유는 재료적으로 고내구성, 고강도성, 고탄성의 성질을 가지고 있다. 시간의 경과에 따라 자연 부식이 이루어지는 강재와는 달리 탄소섬유는 영구적으로 사용할 수 있다. 또한 강재와 비교해서 10배 정도의 항복점과 3배 이상의 탄성률을 가지고 있으므로 하중에 대해서도 유리하다.

또한 온도의 증가에 따른 재료의 조직이완과 부피팽창으로 인한 강도, 탄성률의 저하가 강재에 비하여 적기 때문에 열에 대해서도 유리하다.

일반적으로 탄소섬유시트는 재료의 물성에 따라 중탄성, 고탄성의 탄소섬유로 구분할 수 있으며 중탄성 탄소섬유에는 17, 20, 30 Type 세 종류가 있다.

강재와 비교한 탄소섬유의 종류별 물성은 다음 【표 2.9】와 같다.

【표 2.9】 탄소섬유와 강재의 종류별 물성 비교

분 류	특 성	인장강도 (kgf/cm ²)	탄성계수 (kgf/cm ²)	단면적 (cm ² /m)	허용인장 응 력 (kgf/cm)	단위중량 (g/cm)	너비 (cm)	길이 (cm)	비고
17 Type		25,000	2.4×10 ⁶	0.97	11,100	0.0175	33	5,000	
20KR Type		25,000	2.4×10 ⁶	1.11	11,100	0.0200	-	-	
30 Type		25,000	2.4×10 ⁶	1.67	11,100	0.0300	25	10,000	
HM Type		20,000	6.5×10 ⁶	0.95	8,800	0.0200	33	2,500	
철근(SD30)		3,000	2.1×10 ⁶	-	1,500	-	-	-	
철 판(SS400)		2,400	2.1×10 ⁶	-	1,400	-	-	-	

② 보강후 단면내력

일반적으로 보강을 통한 보강효과의 평가방법은 보강전, 후 구조부재의 단면내력을 비교하므로써 가능하다. 탄소섬유쉬트에 의한 보강은 구조부재에서 압축축이 아닌 인장축에 대해 적용되므로 실질적인 보강효과는 부착된 탄소섬유쉬트의 인장응력 부담으로 인한 인장철근의 인장응력 감소로 나타난다. 참고로 폭 1m의 슬래브에 대해 탄소섬유쉬트 1층으로 보강한 효과를 개략적으로 나타내면 【표 2.10】 과 같다.

【표 2.10】 탄소섬유쉬트 1층에 해당하는 이형철근 개수

철근종류	단면적 (cm ² /개)	허용하중 (kg/개)	철근개수		
			중탄성-20	중탄성-30	고탄성
D-6	0.32	512	14	25	18
D-8	0.50	800	9	16	11
D-10	0.71	1,132	9	11	8
D-13	1.27	2,032	3	6	4
D-16	1.99	3,184	2	4	2
D-19	2.87	4,592	1	2	2
D-22	3.87	6,192	1	2	1

제 3 장 정 밀 안 전 진 단

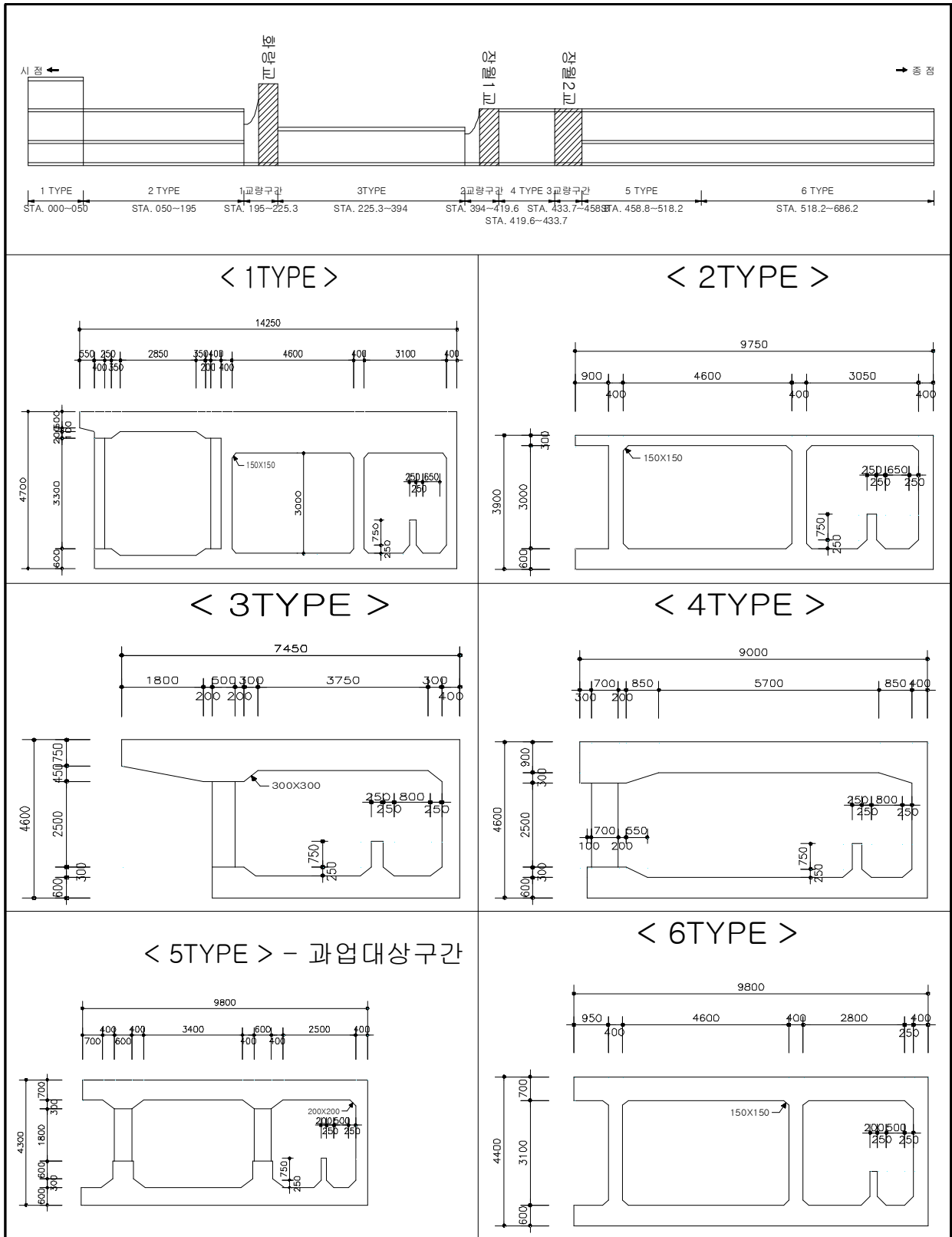
3.1 복개구조물 일반도

3.2 점검 방법

3.3 복개구조물의 손상 종류 및 점검방향

제 3 장 정밀안전진단

3.1 복개구조물 일반도



【그림 3.1】 정릉천4복개구조물 일반도

3.2 점검 항목

본 외관조사는 다음과 같은 항목으로 분류하여 조사를 실시하였다.

구 분		조 사 항 목
교면포장	아스팔트	• 침하에 의한 이음구간 포장 균열 및 변형
방호벽		• 균열, 박리, 박락, 철근노출, 부식, 공동
상부슬래브		• 박리, 박락, 철근노출, 부식, 공동 • 균열(균열 양상)
벽체		• 박리, 박락, 철근노출, 부식, 공동 • 균열(균열 양상)
하부슬래브		• 박리, 박락, 철근노출, 부식, 공동 • 균열(균열 양상) • 퇴적물 상태

3.3 복개구조물의 손상 종류 및 점검방향

3.3.1 복개구조물 상면

손상내용	추정원인	점검방향
균열, 거북등 균열	<ul style="list-style-type: none"> - 아스콘 노화 - 국부적 응력집중 - 아스콘 혼합물의 품질불량 - 계절별 온도변화 	<ul style="list-style-type: none"> · 규모 · 차량 주행성 · 균열폭이 큰 포장부 하단위치의 슬래브 누수상태
단 차	<ul style="list-style-type: none"> - 구조물 이음부 불량 및 중차량 - 아스콘 품질불량, 전압부족 	<ul style="list-style-type: none"> · 위치, 높이 · 차량 주행성
소성변형	<ul style="list-style-type: none"> - 차량통행 	<ul style="list-style-type: none"> · 차량 주행성
포트홀	<ul style="list-style-type: none"> - 아스콘혼합물 품질불량 및 전압부족 - 패칭 보수부위 접착력 불량 	<ul style="list-style-type: none"> · 규모, 위치, 깊이 · 차량 주행성
체수, 배수시설	<ul style="list-style-type: none"> - 청소불량 - 배수시설 미설치 - 노견측 차량의 국부집중하중에 의한 그레이팅 파손 	<ul style="list-style-type: none"> · 체수 발생 규모, 위치 · 배수그레이팅 청소, 파손상태
신축이음 단차, 파손	<ul style="list-style-type: none"> - 노후화, 중차량 통과 	<ul style="list-style-type: none"> · 고무판 마모, 강판노출 및 부식 · 유간 오물퇴적 · 유간부족 및 과다 · 충격음, 본체유동 및 파손



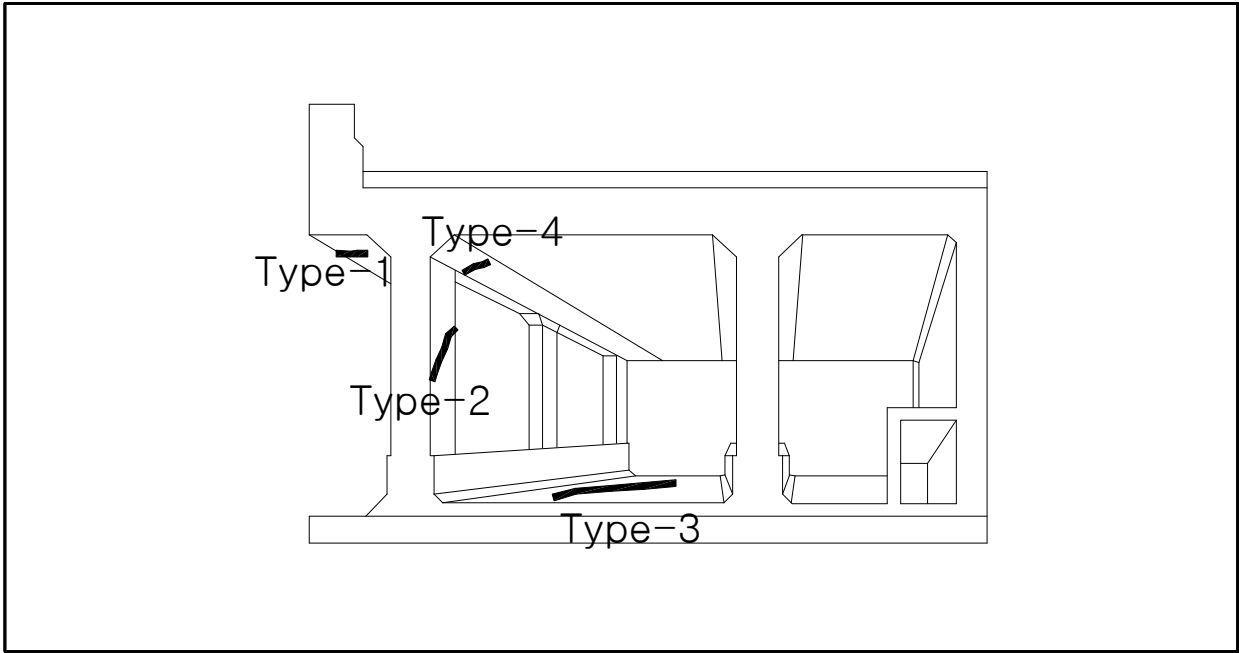
포장 덧씌우기 현황



포장균열 보수현황

3.3.2 복개구조물 내부

균열



균열형상		추정원인	조사방향
상부슬래브	Type-1	◦ 세굴에 의한 침하 균열	• 균열폭, 방향 및 연속성
기둥	Type-2	◦ 세굴에 의한 전단균열	• 균열폭, 방향 및 연속성 • 코아 채취에 의한 심도 확인
하부슬래브	Type-3	◦ 세굴에 의한 침하 균열	• 균열폭, 방향 • 코아 채취에 의한 심도 확인
거더	Type-4	◦ 세굴에 의한 침하 균열	• 균열폭, 방향 및 연속성

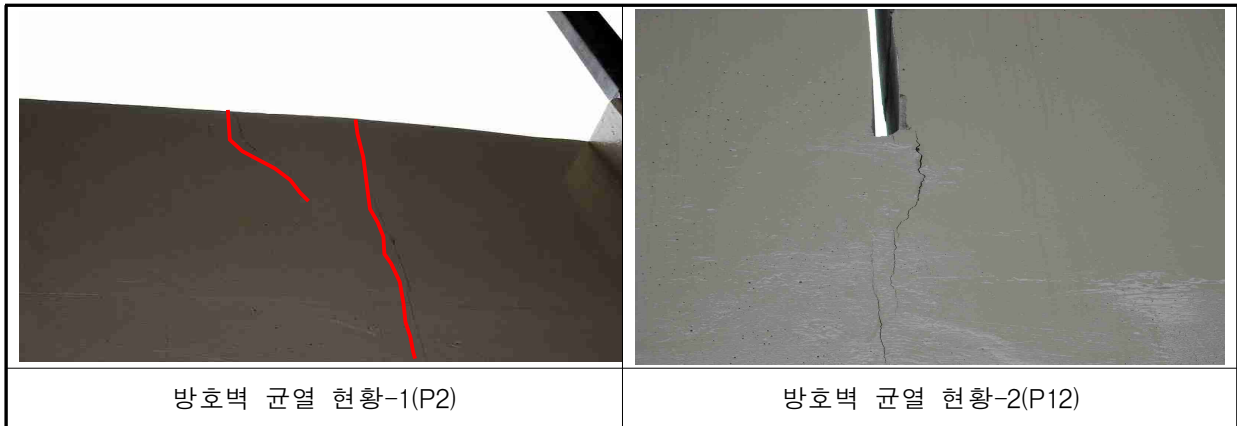
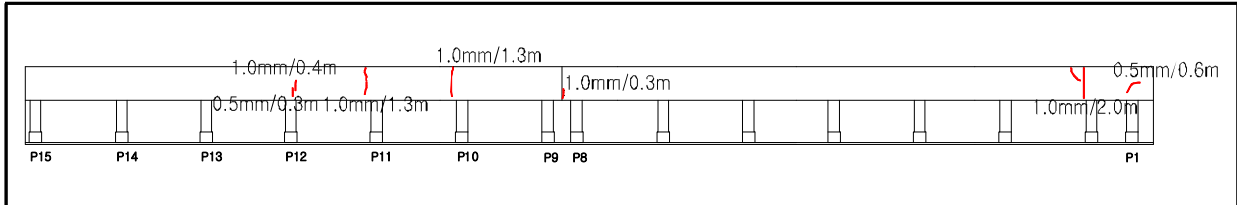
기타손상

손상발생 현황	손상원인	조사방향
파취 흔적	◦ 복원도면을 위한 철근확인 용 파취 흔적	• 보수설계시 적용

1) 방호벽

① 발생현황

상부슬래브 외측에 방호벽이 시공되어 있으며, 세굴발생 구간에 수직균열이 조사되고 일부 보수가 시행되었다.



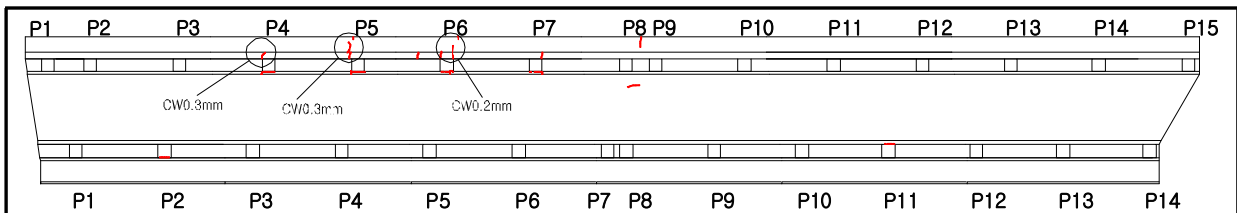
② 원인분석 및 대책

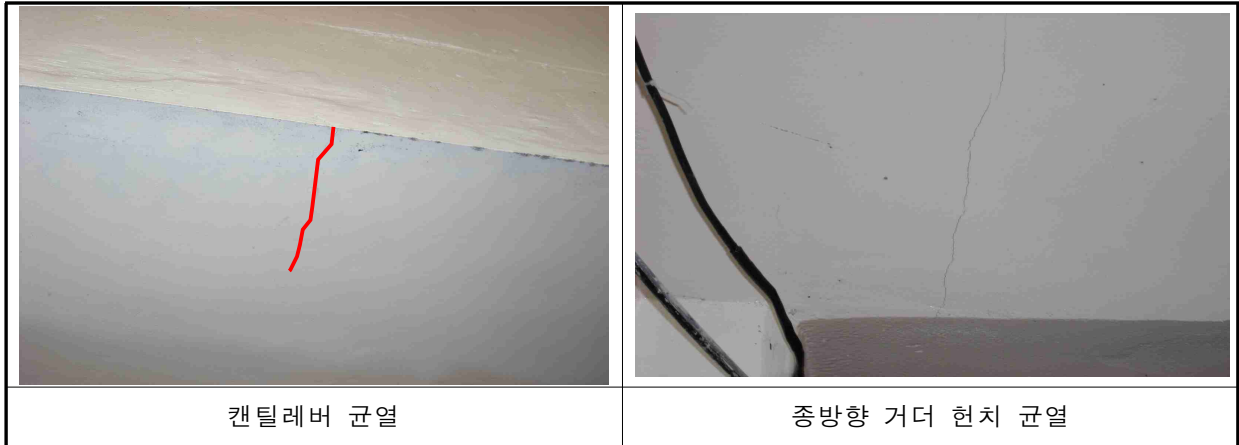
세굴로 인한 부등침하 균열로 판단되며, 긴급보강 실시후 균열의 진전이 없고 계측관리 또한 변위가 안정적인 것으로 확인되었으므로 유지관리 차원의 보수를 적용하였다.

2) 상부슬래브 (종방향거더 포함)

① 발생현황

세굴이 발생한 구간의 상부슬래브에서는 캔틸레버부와 종방향 거더에 균열이 발생한 것으로 조사되었으며, 기둥부 균열이 집중발생한 P4, P5, P6 위치부에 주로 발생한 상태이다.





② 원인분석 및 대책

슬래브와 헌치부 연결부위에서 발생한 균열 중 외측 P4~P6구간에서 발생한 균열은 하부슬래브의 부등침하에 의해 발생한 것으로 판단되며, 종방향 거더에 발생한 균열에 대해서는 적절한 대책이 필요한 것으로 판단된다.

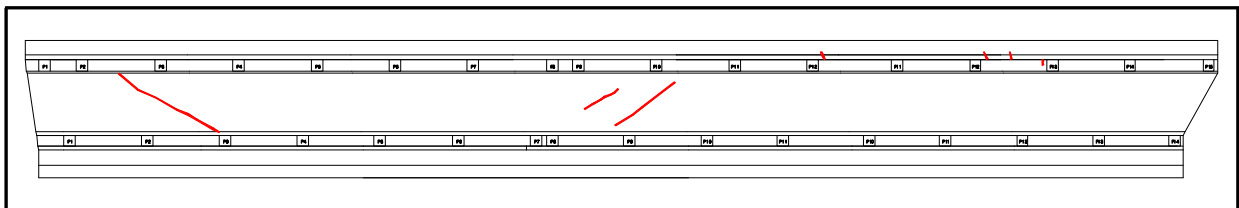
또한 신축이음 하부에서 마감처리 불량에 의한 누수오염이 일부 발생한 상태이나 내구성 저하는 없는 표면 손상인 것으로 조사되었다.

3) 하부슬래브 (종방향거더 포함)

① 발생현황

하부슬래브는 세굴이 발생한 구간에 사방향 균열과 종방향 거더부에 균열이 조사되었다.

사방향 균열의 경우 심도를 위해 코아채취를 실시한 결과 무근콘크리트(추가 타설구간)에만 균열이 진전되었으며 본체 콘크리트에는 미치지 않는 상태인 것으로 확인되었다.





② 원인분석 및 대책

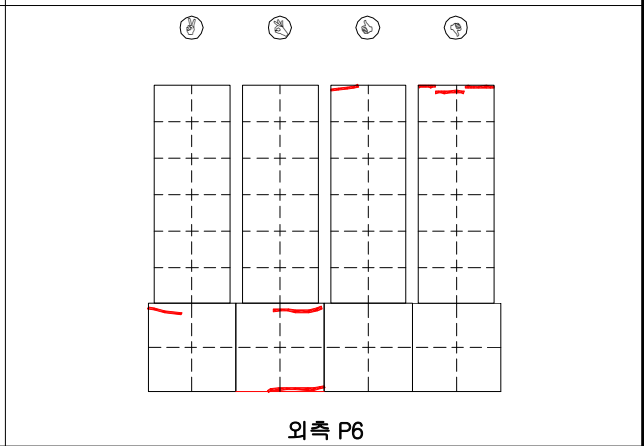
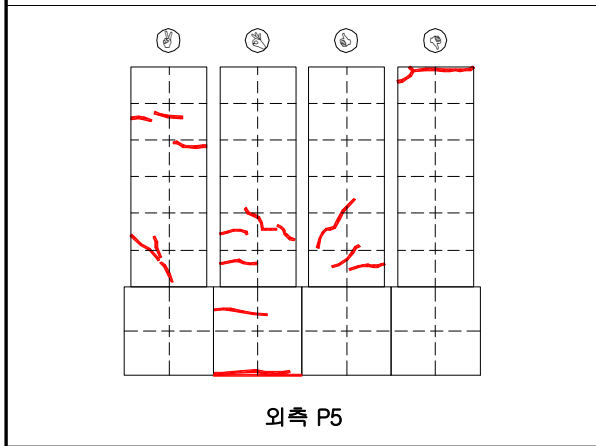
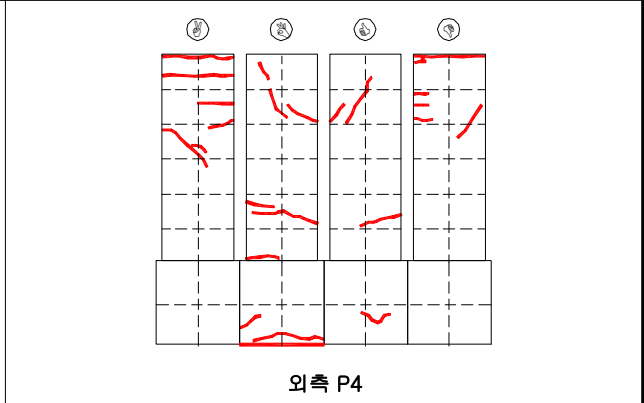
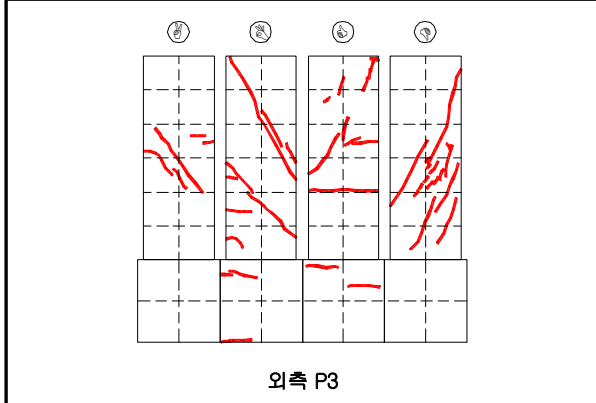
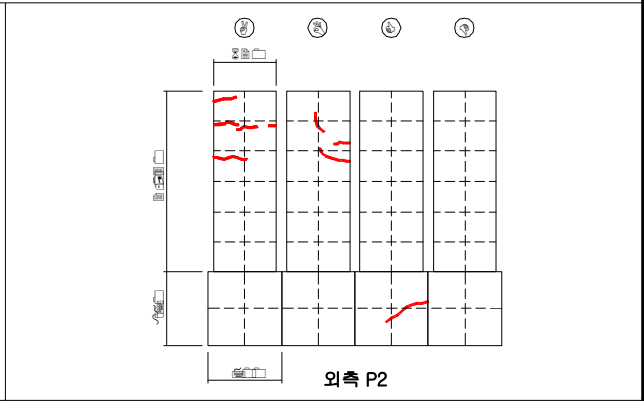
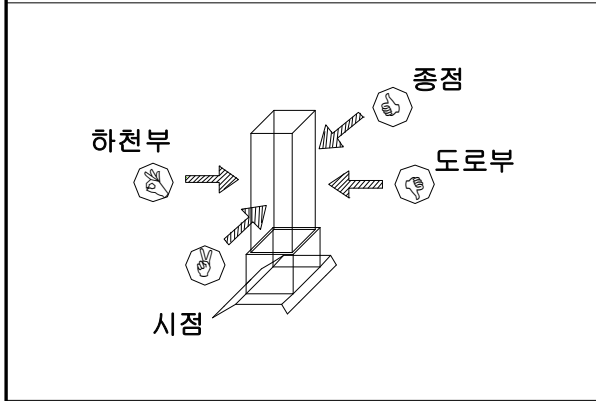
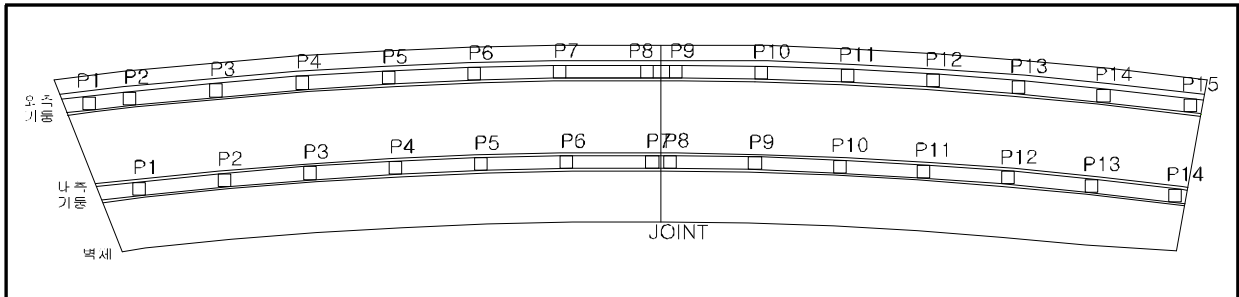
하부슬래브에 발생한 균열 중 부등침하에 의해 발생한 균열이 발생하였으며, 심도 확인 결과 본체인 하부슬래브에는 직접적인 피해가 없는 상태인 것으로 판단된다.

따라서 균열부에 대해서는 내구성 보호 차원의 보수가 적절한 것으로 판단된다.

4) 기둥

① 발생현황

세굴 발생 구간 중 기둥부에서 제일 많은 균열이 발생한 상태이며, P2~P6에서 주로 발생하였고 P3의 경우 사방향 균열이 폭이 크고 심도 또한 피복두께를 초과한 상태이기 때문에 계측기 설치 후 지속적인 관리를 시행하였다.





② 원인분석 및 대책

기둥부는 세굴이 발생후 부등침하의 직접적인 영향을 받은 부재이며, 손상 범위로 세굴 범위와 심화구간을 추정할 수 있었다.

균열이 P2~P6에서 집중적으로 발생하여 이구간은 세굴에 의한 영향이 크게 작용한 것으로 판단된다.

또한 P3 균열부를 코아링으로 확인한바 철근 피복두께를 초과한 상태이며, 방향성 또한 사방향인 구조적인 손상으로 판단되며, 구조검토 결과에서도 불안정한 상태로 평가되어 보강이 필요하다.







다만, 계측관리 결과 긴급 보강(기초부보강+강재지지)이후 변위가 안정적이기 때문에 세굴발생구간 보수·보강 설계에 따른 일괄적인 조치가 필요한 것으로 판단된다.

3.3.3 그라우팅 시공상태 확인

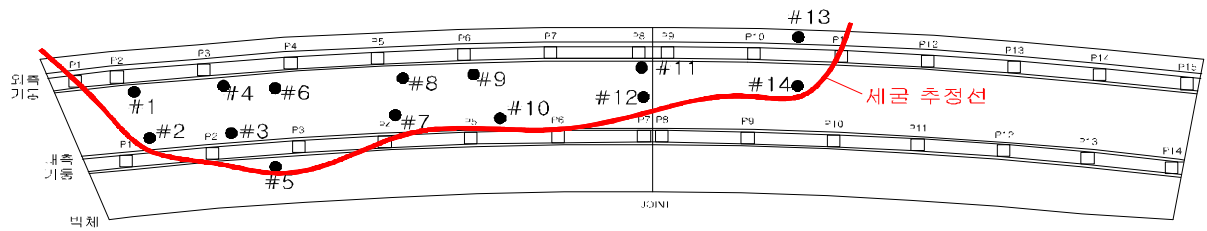
세굴 발생 직후 세굴정도를 확인하기 위하여 스테프를 이용하여 구간별로 세굴 발생 범위를 추정하였다.

세굴 범위 추정 후 긴급 보강을 시행하였으며, 긴급 보강시 기초부를 천공하여 그라우팅 주입을 시행하였고, 주입된 그라우팅의 시공상태를 확인하고자 14개소에서 코아채취 후 상태를 조사하였다.

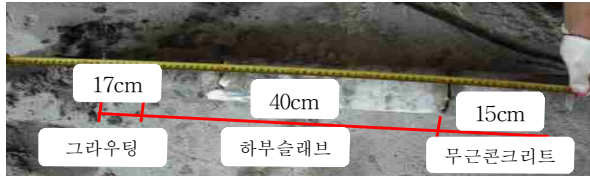
코아 채취는 그라우팅 주입상태와 세굴 심도를 추정할 수 있는 기본 자료로 활용하였다.

세굴발생 전 현황 (정릉천4복개 보수공사 시공전, 2009.3)	세굴 발생 직후 현황 (2009.7.13)
 <p>공사명: 정릉천4복개구조물보수공사 위치: 459~671 공종: 표면처리 비고: 시공전</p>	 <p>2009.07.13</p>
세굴 범위 측정 현황 - 1	세굴 범위 측정 현황 - 2
 <p>2009.07.13</p>	 <p>2009.07.13</p>
그라우팅 주입을 위한 천공 현황 (2009.7.16)	그라우팅 주입 (2009.7.16)
	

세굴 추정선 및 그라우팅 상태 확인을 위한 코어 위치



#1 : 그라우팅 두께 = 17cm



#2 : 그라우팅 두께 = 15cm



#3 : 그라우팅 두께 = 10cm



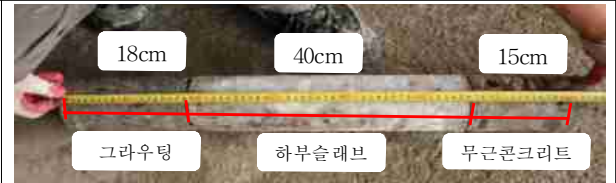
#4 : 그라우팅 두께 = 18cm



#5 : 그라우팅 두께 = 8cm



#6 : 그라우팅 두께 = 18cm



#7 : 그라우팅 두께 = 16cm



#8 : 그라우팅 두께 = 40cm



#9 : 그라우팅 두께 = 8cm



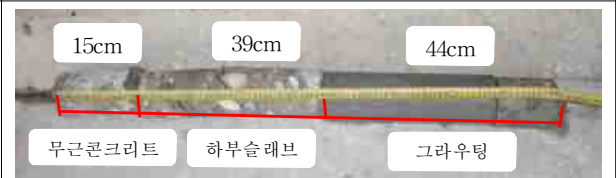
#10 : 그라우팅 두께 = 35cm



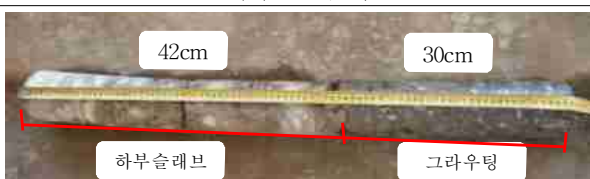
#11 : 그라우팅 두께 = 44cm



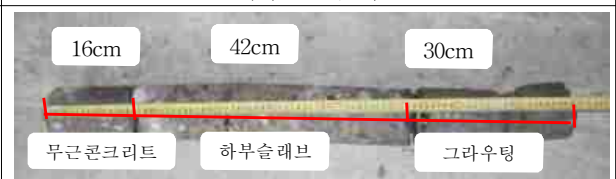
#12 : 그라우팅 두께 = 44cm



#13 : 그라우팅 두께 = 35cm



#14 : 그라우팅 두께 = 30cm



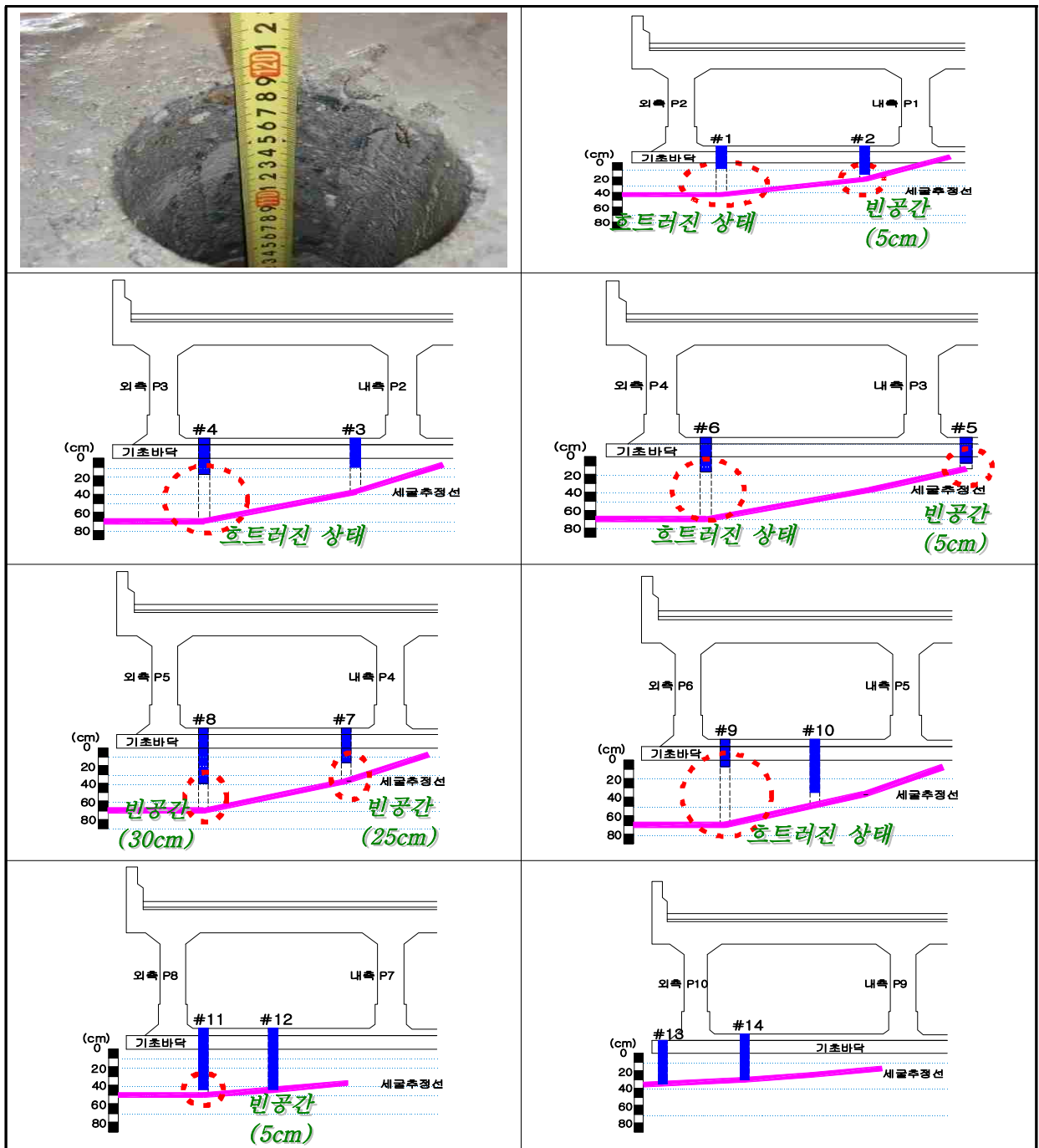
1) 조사결과

코아 시료를 확인한 결과 그라우팅의 두께는 최대 40cm인 것으로 조사되었으며, 구간별로 그라우팅 주입 상태가 상이한 것으로 판단된다.

또한 코어링 후 줄자를 이용한 내부 상태를 확인하였으며, 그라우팅 층과 모래층 사이의 공간이 조사되어 세굴 심도를 추정하였다.

세굴 심도는 최대 70cm정도인 것으로 확인하여 보수·보강시 그라우팅을 추가 주입하는 것으로 설계에 반영하였다.

코아시료와 내부 확인결과에 의해 세굴심도를 추정하여 다음과 같이 정리하였다.



제 4 장 중점점검 사항

4.1 중점관리 대상

4.2 보수·보강 이력사항

제 4 장 중점점검 사항

4.1 중점관리 대상

정릉천4복개구조물에 대하여 보수·보강공사를 실시한 이후에도 보수·보강부위에 대한 지속적인 유지관리가 필요하다.

중점적인 유지관리방안에 대하여 부재별로 정리하였다.

4.1.1 기둥부

구 분	내 용	점검방법
현황	• 사방향 균열 발생	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 단면보강부 청음 조사를 통한 시공상태 확인 ◦ 기존 콘크리트 접속부 콘크리트 이원화에 의한 탈락 여부 확인 ◦ 추가 균열 발생 여부
원인	• 세굴에 의한 압축 파괴	
대책 방안	• 피복 파취 후 철근설치 및 단면보강	

4.1.2 하부슬래브 횡방향 거더부

구 분	내 용	점검방법
현황	• 사방향 균열 발생, 안전율 저하	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 보강부 청음 조사를 통한 시공상태 확인 ◦ 마이크로 파일 접속부 콘크리트 탈락 및 주변 콘크리트 파손 ◦ 신·구 콘크리트 접합 상태
원인	• 세굴에 의한 지지력 저하	
대책 방안	• 기초 보강과 더불어 철근보강	

4.1.3 상부슬래브 횡방향 거더부

구 분	내 용	점검방법
현황	• 균열, 안전율 저하	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 보강재 부착상태(청음조사) ◦ 균열 보수부에 대한 재산상 여부 ◦ 기둥 연결부 신·구 콘크리트 접합 상태
원인	• 세굴에 의한 전단 파괴	
대책 방안	• GSP 보강재 부착	

4.2 보수·보강 이력사항

일 자	공사내용	시공자	시행청
2008.8 ~2010.3	◦ 정릉천 자연형 하천정비공사	-	성북구청
2009.2 ~2009.8	◦ 정릉천 4복개구조물 보수공사	(주)웅산건설 산업	서울특별시 북부도로교통 사업소