

# 콘크리트 구조물의 손상, 유지 관리 및 보수·보강공법(II)

朴 承 範  
(忠南大學校 土木工學科 教授)

< 목 차 >

- |                   |                            |
|-------------------|----------------------------|
| 1. 콘크리트 구조물의 피로수명 | 4. 콘크리트 구조물의 손상            |
| 2. 콘크리트 구조물의 열화   | 5. 콘크리트 구조물의 보수·보강 공법 및 재료 |
| 3. 콘크리트 구조물의 유지관리 |                            |

## 4. 콘크리트 구조물의 손상

근에는 특히 조기에 열화하는 경우가 나타나고 있다. 구조물을 양호한 상태로 유지 보전하기 위해서는 일상의 점검이 필요하고 구조물의 안전도 진단이 중요하다.

### 4. 1 콘크리트 구조물의 안전도 조사

콘크리트 구조물은 내구성을 가진 구조물을 목표로 하여 건설되고 있으나, 하중의 급격한 증가 및 환경조건의 급격한 변화 혹은 단순한 설계·시공상의 결함을 원인으로 열화한다. 최

### 4. 2 손상의 종류 및 손상수준

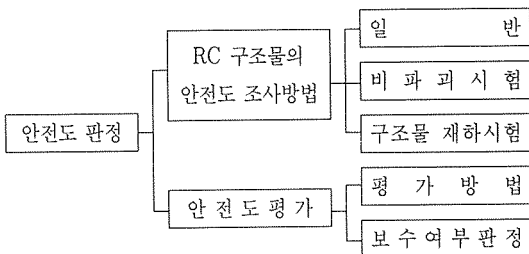
(1) 손상의 종류와 원인

<표 3. 3> 손상형태와 그 상세조사 항목

손상 형태와 목적	조 사 항 목
응력에 의한 균열	휨 균열: 재료시험(콘크리트 및 철근의 강도), 부재 유효단면측정, 철근 및 콘크리트의 응력측정, 처짐측정, 진동 전단균열: 재료시험(콘크리트 및 철근의 강도), 콘크리트 및 철근(스터럽, 절곡철근)의 응력측정
콘크리트의 박리	부재 유효단면 측정(콘크리트 및 철근의 실단면)
콘크리트의 열화	재료시험(콘크리트의 강도, 중성화 분석, 배합·화학분석 및 반응성 골재의 시험), 응력측정, 처짐측정, 유효단면 측정
화재에 의한 손상	재료시험(콘크리트 및 철근의 강도, 중성화 분석), 부재 유효단면 측정, 처짐 측정, 응력측정
동 해	재료시험(콘크리트의 강도, 중성화 분석), 부재 유효단면측정, 처짐측정, 응력측정
PC 강 재 파 단	유효단면 측정(X선 사진)
보 의 내 력	응력측정, 처짐측정

<표 4. 1> 콘크리트 구조물에 있어서의 주요 손상의 종류와 요인

대 상	구 분	손상의 종류	손 상 요 인	
			외 적	내 적
콘 크 리 트	물리적	○ 균열 ○ 박리, 단면 결손 ○ 압괴(壓壞) ○ 동해	○ 기상작용(동결융해, 건습반복, 온도 변화 등) ○ 하중작용(과대하중, 반복하중)	○ 사용재료(시멘트, 골재, 혼화재료, 물)의 품질불량 ○ 콘크리트의 품질 부적당(강도, 흡수성, 방수성, 열적 성질, 공기량, 혼합수 상태) ○ 시공상의 결함(공동, 피복두께부족, 균열 등)
	화학적	○ 침식, 분해, 변질 ○ 성분의 용출 ○ 팽창열화(알칼리 골재반응 등)	○ 火熱의 작용 ○ 산·염류의 작용 ○ 유해가스 등의 작용 ○ 전류의 작용	
강 제 (철근, PC강재)	물리적	○ 항복 ○ 파단 ○ 좌굴(座屈)	○ 하중작용(과대하중, 반복하중) ○ 火熱의 작용	○ 철근·PC강재 품질불량(강도, 항복점) ○ 설계시공상의 결함(허용응력도, 배근, 피복두께 등의 부적당)
	화학적	○ 부식	○ 공기·물의 작용 ○ 산·염류·유해가스 등의 작용 ○ 기상작용 ○ 전류의 작용 ○ 고응력의 작용	○ 철근·PC강재의 품질불량(내식성) ○ 콘크리트의 품질불량(투수성 등) ○ 사용재료의 부적당(해사, CaCl <sub>2</sub> 등) ○ 시공상의 결함(피복두께부족, 초기 균열 등)
구 조 체		○ 변형 ○ 붕괴 ○ 철근과 콘크리트의 부착파괴	○ 하중작용(과대하중, 반복하중) ○ 부등침하 ○ 온도변화 ○ 건조수축, 크리프의 영향 ○ 火熱의 작용 ○ 강재의 부식	○ 콘크리트, 철근·PC강재의 품질 불량 ○ 설계·시공상의 결함



<그림 4. 1> 콘크리트 구조물의 안전도 조사 계통도

콘크리트 구조물에 있어서의 주요 손상의 종류와 원인은 <표 4. 1>에 나타낸 바와 같다.

1) 콘크리트의 균열

콘크리트 구조물에 발생하는 균열은 구조물

의 내력, 내구성, 방수성, 미관 등의 점에서 악영향을 미친다. 균열의 발생원인은 <표 4. 2>에 나타낸 것처럼 여러 요인이 있고, 일반적으로 여러개의 요인이 복합되어 발생한다.

콘크리트 구조물의 균열 손상조사 순서를 Flow chart로 나타내면 <그림 4. 2>와 같다.

2) 단면 감소

콘크리트에 작용하는 충격 및 마모에 의해 콘크리트의 단면이 감소한다. 충격력으로는 낙하물, 교통하중, 지진력 등이 있고, 경우에 따라서는 콘크리트는 부분적으로 부서지기도 하고 붕괴한다. 마모작용은 교통차량이 주행하는 포장, 모래 등의 마모물질을 함유한 우수

<표 4. 2> 균열손상의 주요원인

분 류	내 용	분 류	내 용
재료적 성질에 관계되 는것	시멘트의 이상응결 콘크리트 침하, 불리닝 시멘트의 수화열 시멘트의 이상 팽창 골재에 함유되어 있는 진흙분 반응성골재 및 풍화암의 사용 콘크리트의 건조수축	시공에 관계 되는것	혼화재료의 불균일한 분산 장시간의 믹싱 펌프압송시 시멘트량·수량의 증량 타입순서의 차이 급속한 타입속도 불충분한 다짐 배근산란·피복두께 부족 조인트처리의 부적합 거푸집에의 타입 누 수 支保工의 침하 거푸집의 조기제거 경화전의 진동 및 재하 초기양생중의 급격한 건조 초기동해
	사용환 경 조건 에 관계 되는 것		환경 온도·습도의 변화 부재양면의 온·습도 차 동결융해의 반복 동상 내부철근의 녹 화재, 표면가열 산·염류의 화학작용
구조·외 력 등에 관계 되 는것	하중(설계하중이내의 것) 하중(설계하중을 초월하는 것) 하중(주로 지진에 의한 것) 단면·철근량 부족 구조물의 부동침하	기 타	

및 파랑에 침식하는 수공구조물에 생겨 마모에 의한 침식을 받는다.

### 3) 콘크리트의 부식

콘크리트의 부식에는 물리적 작용에 의한 것과 화학적 침식에 의한 것이 있다. 물리적인 작용에 의한 부식의 대표적인 것은 동결융해의 반복에 의해 콘크리트 표층부가 Scaling을 일으키는 경우이다. 화학적 작용으로서는 산, 알칼리, 염류에 의한 침식이 있다. 공업지대, 온천지 등에서는 강한 산에 의해 콘크리트는 침식된다. 그밖에 해수에 의한 침식, 알칼리 골재반응에 의한 열화, 천연수에 의한 침식, 화재에 의한 표층부의 박리, 폭열현상(爆裂現象) 등이 있다.

### 4) 강재의 부식

해안지대에 설치된 콘크리트 구조물 및 해사를 사용한 콘크리트는 철근이 녹슬어 단면이 감소하기도 하고, 녹에 의한 체적팽창에 의해

서 콘크리트의 균열 및 박리가 발생한다. 또한 고응력을 받는 PC강재에서는 조직의 불균일 및 상처가 원인으로 되어 응력부식이 진행되어 갑자기 파단하는 것도 있다.

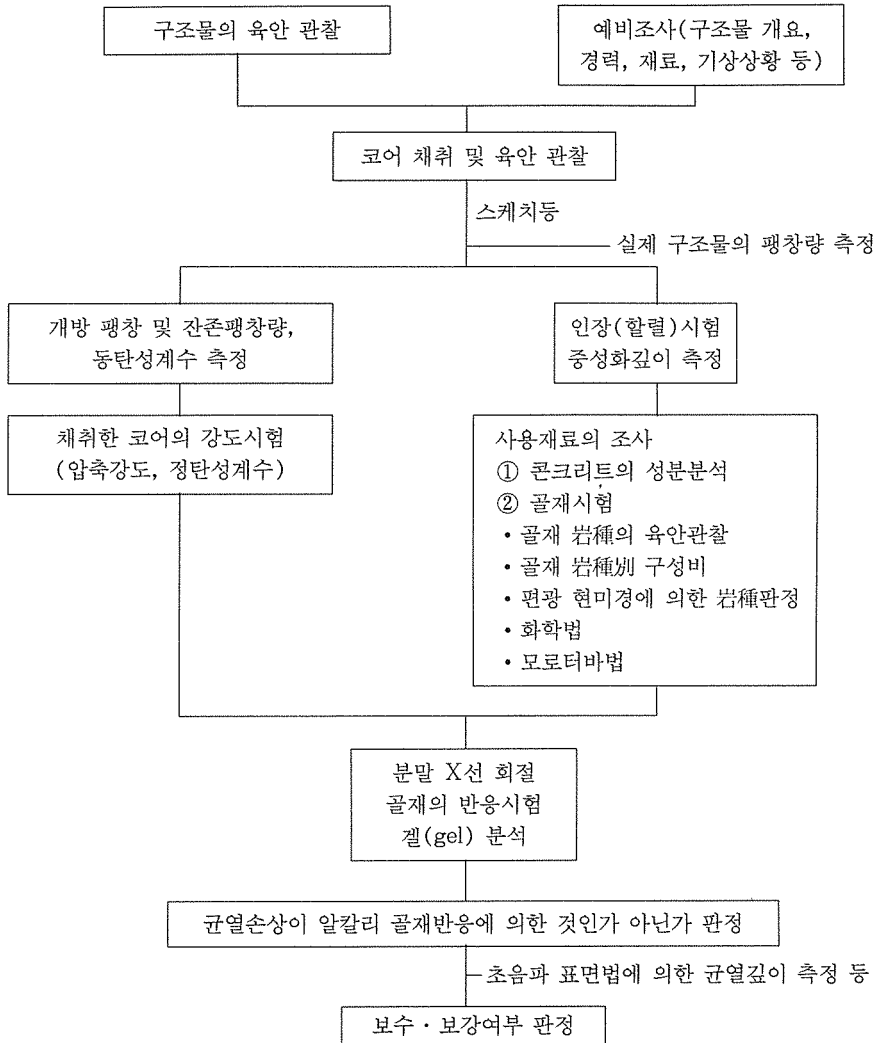
### (2) 손상수준

일반적으로 보수가 필요하게 되는 것은 사용성능면에서 안전성에 문제가 있는 경우의 손상을 가진 구조물의 경우이다. 손상정도에 따라서 손상수준을 구분한 예는 <표 4. 3>과 같다.

각 구조부재마다 내하력의 판정 및 사용성능 평가에 의해 손상의 정도를 분류하면 다음과 같다.

#### 1) 비교적 가벼운 안정적인 손상

- ① 시공직후의 소성균열인 것이 명백한 경우 또는 시공후 1~2년의 건조수축에 의해 발생한 균열이 확실한 경우



<그림 4. 2> 균열손상조사 순서에 관한 Flow chart

<표 4. 3> 손상수준

손상수준	손상 정도	손상 항목
A	응급처리를 필요로 할 정도의 현저한 손상부분	PC강재의 노출 및 파단, 지진, 화재, 충돌등에 의한 부분적 결손 또는 부재의 부분적 낙하의 위험
B	조기의 특별조사 또는 보수를 필요로 하는 부분	쉬스 및 철근의 노출, 보수를 필요로 하는 균열폭 또는 공동, 현저한 녹, 누수 및 유리석회, 이상치점
C	다음 표준조사때까지 손상조짐이 보이는 부분 및 비구조부재의 손상	보수를 필요로 하는 균열폭 미만에서 보수를 필요로 하지 않는 폭을 초월하는 균열, 표층박리, 공동, 누수 및 유리석회의 산재, 철근의 녹 또는 반점
D	현시점에서는 대책을 필요로 하지 않는 경미한 손상부분	설계시의 허용균열폭 이하 혹은 보수를 필요로 하지 않는 균열폭 이하, 가벼운 표층박리

- ② 콘크리트의 한 부분에서 불량시공에 의한 공동이 확인되었지만 다른 부분의 콘크리트는 안전한 경우
- 2) 현 시점에서는 가볍지만 진전성이 있는 손상
  - ① 전술한 원인에 의한 균열에 우수 또는 습기가 침입하여 약간의 유리석회 또는 녹이 보여지는 것, 누수가 있는 부재
  - ② 부재전체에 걸쳐 콘크리트의 공극율이 대단히 큰 경우 및 피복 두께가 지나치게 작은 부재는 가시균열이 없어도 강재부식의 위험성이 크다.
- 3) 손상이 현저하게 나타나 있지만 내하력에는 문제가 없는 경우
  - ① 철근부식에 의해 체적팽창을 일으켜, 피

- 복콘크리트가 박리한 부재
- ② 균열에 물이 침투해 콘크리트 중의 석회분이 큰 영역에 걸쳐 유리되어 있는 것, 현저한 녹의 유출
- 4) 내하력에 의문이 있는 손상 및 구조물의 사용에 지장이 생긴 손상
  - ① 노출한 철근의 녹이 심하여 강재단면이 부족하게 되어 있을 가능성이 있는 것
  - ② 전단작용영역의 철근이 노출되어 전단내력에 의문이 있는 부재
  - ③ 구조적으로 중요한 부재의 콘크리트의 큰 결손
- 5) 설계상 또는 시공상 실수가 밝혀지게 되어 보수를 요하는 경우 및 사용조건이 변하여 보강을 요하는 경우

<표 4. 4> 콘크리트 구조물의 조사항목과 그 방법

조 사 항 목	조 사
1. 균열 a) 길이 b) 폭 c) 폭의 변화 d) 깊이	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 스케일 등에 의한 측정</li> <li>○ crack scale, 현미경 등에 의한 측정</li> <li>○ 변형 게이지, 콘택트 게이지 등에 의한 측정</li> <li>○ 절취 및 초음파법에 의한 측정, 코어채취에 의한 조사</li> </ul>
2. 콘크리트의 품질 a) 중성화 깊이 b) 콘크리트의 강도 c) 배합·화학분석 d) 반응성 골재	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 페놀프탈레인, pH계에 의한 측정</li> <li>○ 초음파 전파속도측정, 코어에 의한 압축강도 추정, 슈미트 해머에 의한 강도추정</li> <li>○ 코어에 의한 배합·화학분석</li> <li>○ 켈 및 反應 메카니즘의 확인, 코어에 의한 팽창량의 측정</li> </ul>
3. 철근의 조사 a) 피복두께, 철근직경 b) 철근의 부식 c) 철근의 항복강도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 절취에 의한 측정, 철근탐사기에 의한 추정</li> <li>○ 절취에 의한 측정, 자연전극전위법에 의한 추정</li> <li>○ 절취 철근片的 팽창시험</li> </ul>
4. PC강재 a) 강재의 위치, 그라우트의 유무 b) 강재의 파단	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 절취에 의한 조사, 초음파법에 의한 측정, 방사선 투과에 의한 그라우트 조사</li> <li>○ 파단면 관찰에 의한 원인 추정</li> </ul>
5. 변형상태의 조사 a) 처짐 b) 진동 c) 응력	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 변위계에 의한 측정</li> <li>○ 진동계, 가속도계에 의한 고유진동수, 감쇠정수 측정</li> <li>○ 계산서에 의한 응력 조사, 응력측정</li> </ul>

단순한 설계실수, 시공실수외에 과거의 설계에서는 고려되지 않았던 하중조건(온도변화, 부등침하 등)도 포함해 고려할 필요가 있다. 보강에 관해서는 부재에 손상이 있는 경우와 없는 경우에 대책은 다르다.

#### 6) 단기적인 재해에 의한 손상

지진, 홍수, 충돌, 화재등에 의한 손상은 피해의 종류에 따라서 손상형태가 다르다. 특히 화재에 의한 손상은 연소시간, 연소온도의 추정 중요하다.

### 4. 3 보수·보강을 위한 조사

보수·보강을 위한 구체적인 점검 및 조사 항목과 그 방법은 <표 4. 4>와 같다.

상세조사는 손상의 상황을 상세하게 조사분석하여 발생원인의 구명, 내하력, 내구성 평가 등 보수·보강여부와 그 설계 및 공법설정을 위하여 실시된다. 상세조사시에 최근 널리 행해지고 있는 유용한 조사방법은 다음과 같다.

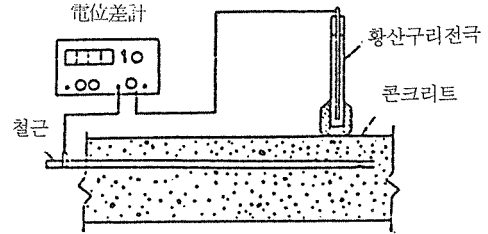
#### (1) 코어에 의한 조사

구조물에서 코어를 채취하여 물리시험 및 화학분석을 행하는 것으로, 여러 개의 코어에 의해서 콘크리트의 품질을 추정할 수 있다. 이들은 압축강도, 동탄성계수, 정탄성계수, 중성화 깊이측정 및 콘크리트의 배합, 염소함유량, 반응성골재의 유무(겔 및 팽창량의 확인)의 분석등이 있다. 또한, 코어조사는 채취 위치에 따라 오차가 발생하기 쉽고, 구조물에 국부적인 손상을 주는 경우가 있기 때문에 주의할 필요가 있다.

#### (2) 자연전극전위법

콘크리트중에 있는 강재의 부식은 보통 전기화학반응에 의해 생기고, 강재는 부식상태에 대응해 전위분포를 나타낸다. 자연전극전위법을 콘크리트중의 강재와 콘크리트 표면상의 照合電極과의 전위차를 측정하여 비파괴적으로 강재의 부식상태를 검토하는 것이다<그림 4. 3>. ASTM에 의하면 전위 E[단위는 포화황

산구리 전극기준에서의 전압(V)]가 측정된 그 부분에서의 강재의 부식상태는 다음과 같다고 되어 있다.



<그림 4. 3> 자연전위측정법

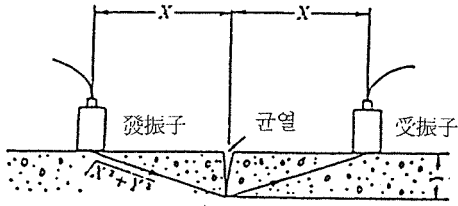
- 0.20 < E 90%의 확률로 부식이 일어나 있지 않음
- 0.35 < E ≤ 0.20 불확정
- E ≤ -0.35 90% 이상의 확률로 부식이 일어나 있음

#### (3) 철근탐지기에 의한 조사

콘크리트중에 배치되어 있는 철근의 위치와 방향, 철근의 피복두께 측정 및 철근직경을 추정할 수 있는 철근탐지기가 이용되고 있다. 측정원리는 평행공진회로의 댐핑(damping)에 기초하고 있고, 주어진 진동수의 교류전위가 탐침코일에 흘러 여기에 교류자기장을 발생하여 피복두께와 철근직경에 의해서 한쪽의 코일 전압이 변화하는 것에 의하고 있다. 콘크리트는 일반적으로 비자성체이기 때문에, 그 측정에는 거의 영향을 주지 않는다. 실제 구조물에 있어서의 조사에 의하면 피복두께, 철근의 위치 탐지는 가능하지만, 온도 및 주변의 금속류의 영향을 받기 쉽기 때문에 신중한 배려가 요망된다.

#### (4) 초음파법

이 방법은 초음파 펄스(pulse)를 콘크리트에 발사시켜 기지거리간의 전파시간을 측정하여 음속을 구하고, 이것으로부터 콘크리트의 품질을 판정하는 것이다. 그 특징은 공시체,



<그림 4. 4> 균열깊이 측정법

구조물의 형태에 관계없이 10~20mm에서 수 cm의 크기까지 측정가능하고, 강도판정 이외에도 시멘트 및 콘크리트의 응결과정, 경화콘크리트의 재료분리 상태, 균열깊이를 측정할 수 있다. 예를들면, 초음파법에 의한 균열깊이의 측정은 <그림 4. 4>에 나타낸 것처럼, 균열로부터 등거리 X의 위치에 발·수진자를 설치

해 놓고 균열선단을 회절하여 오는 초음파 펄스의 전파시간  $T_c$ 를 계측함에 의해 균열깊이 Y를 구하는 것이다. 이때 동일 콘크리트에서 균열이 없는 전파거리가 2X의 경우의 전파시간을  $T_s$ 로 하면 균열깊이 Y는 다음식으로 계산할 수 있다.

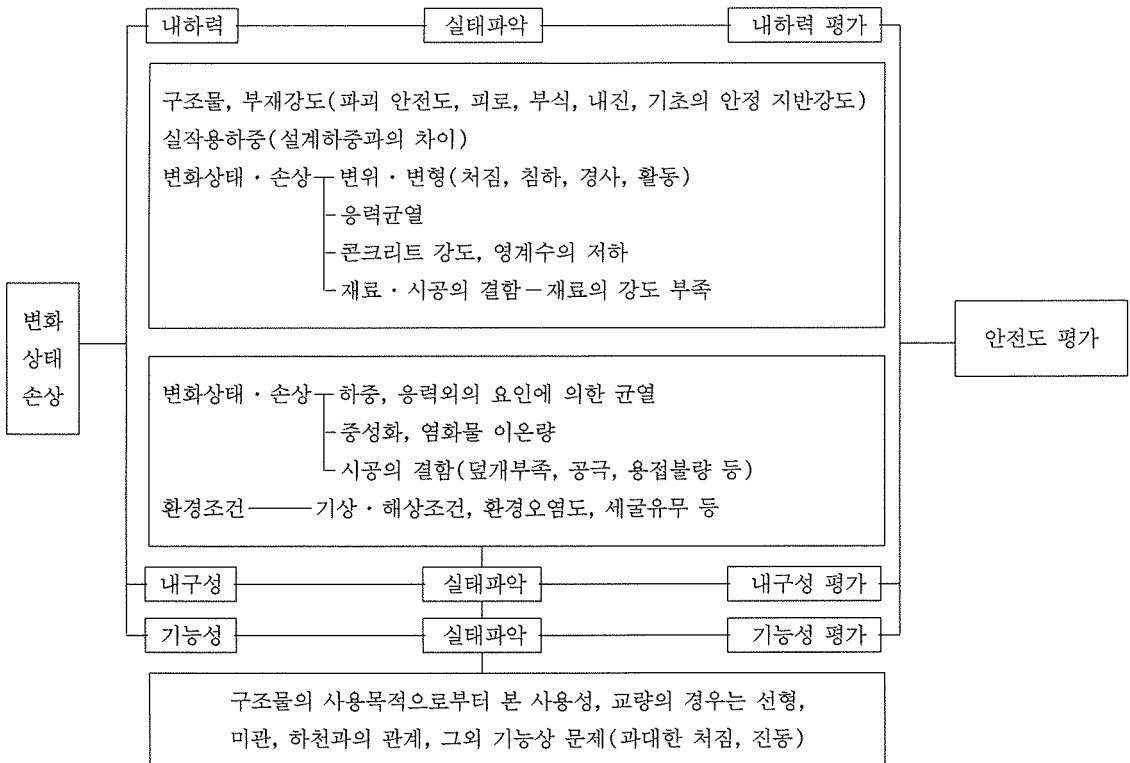
$$Y = X\sqrt{(T_c/T_s)^2 - 1}$$

공시체를 이용한 실험에 의하면, slit狀의 균열에 대해서는 90~100%, 실제구조물에 발생해 있는 휨균열에 대해서는 70~80%의 精度로 균열깊이를 추정할 수 있다.

#### 4. 4 안전도 평가

##### (1) 평가 방법

일반적으로 구조물에 생기는 결함은 각종 요인이 있고, 그 현상도 복잡하다. 따라서 결함의



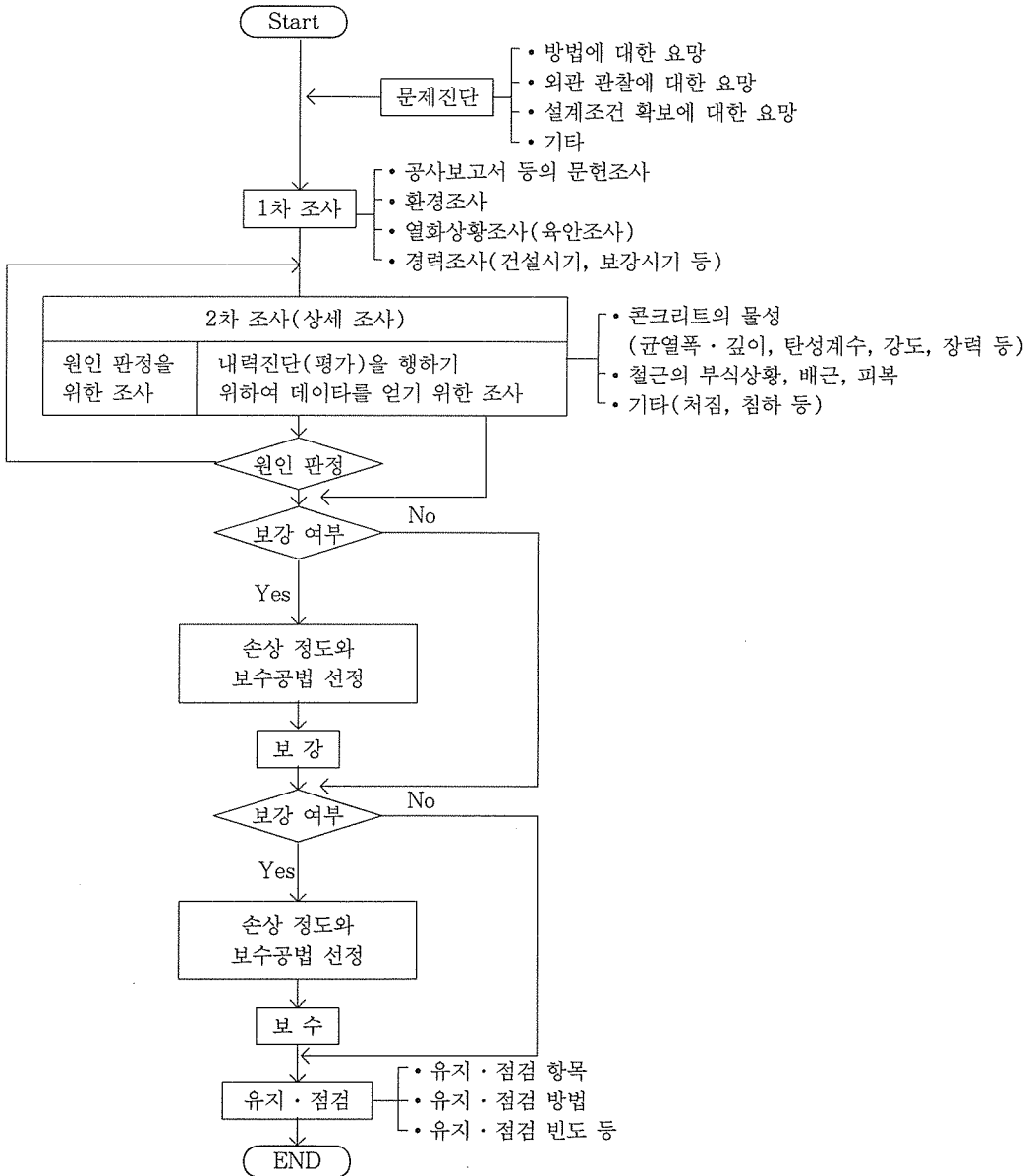
<그림 4. 5> 구조물의 안전도 평가

원인을 조사하고 구조물의 내하성, 내구성, 변형성 등의 기능 전반 및 미관에 관해서 검토하여 보수의 필요성을 판정하는 것이 필요하다.

1) 내하력 평가

우선 안전도를 Check할 필요가 있으며 그 방법으로는,

- ① 균열폭을 토대로 철근의 응력도를 산출하는 방법
- ② 결함에 의한 결손단면을 고려해 철근, PC강재, 콘크리트의 응력도를 검토하는 방법
- ③ 코어 채취에 의하여 콘크리트의 강도를



<그림 4. 6> RC 구조물의 안전도조사순서



Check하는 방법

④ 재하시험에 의해서 내하력을 측정하는 방법 등이 있다.

2) 내구성 검토

철근, PC강재의 부식 진행도가 문제로 되기 때문에 균열폭, 균열깊이가 강재의 부식 및 콘크리트의 중성화에 미치는 영향의 정도를 검토할 필요가 있다.

3) 변형성 검토

그 자체의 원인에 의한 것과 다른 원인에 의한 것이 있고, 전자는 균열 등이 구조체를 어떤 모양으로 변화시키고 있는가 하는 것이고, 후자는 下部工에 어떠한 영향을 미치고 있는가 하는 것이다.

(2) RC구조물의 안전도 판정조사방법

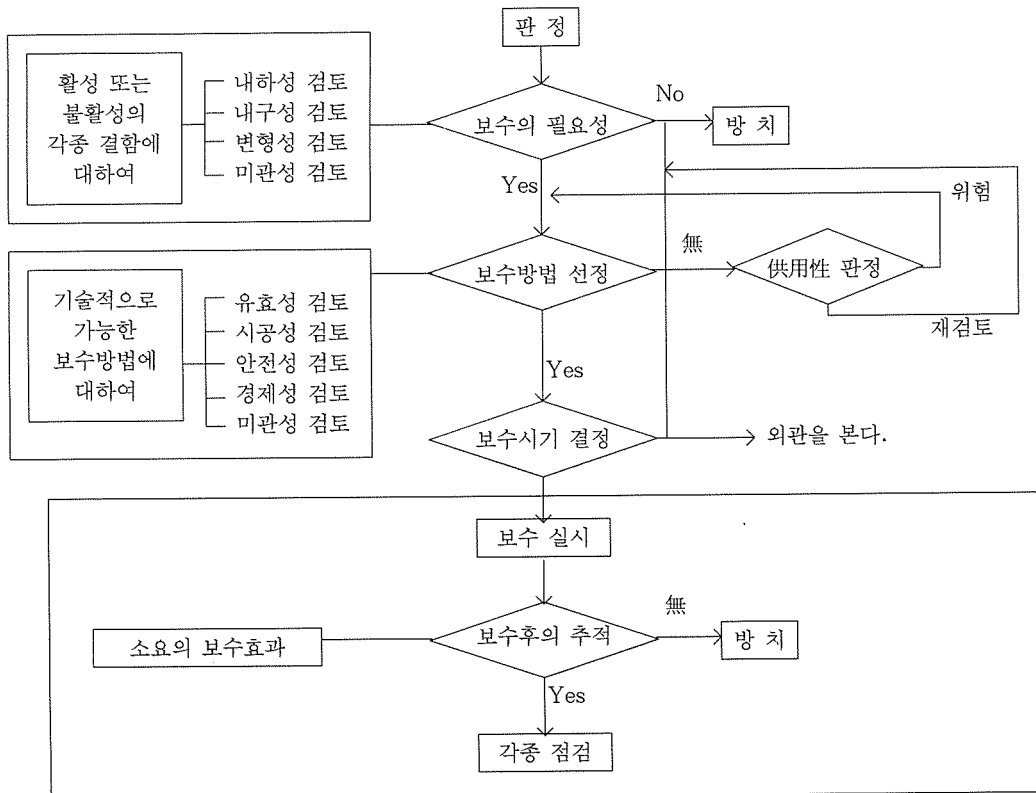
현재 행하여지고 있는 RC 구조물의 안전도 조사의 Flow chart는 <그림 4. 6>과 같다.

(3) 보수·보강 여부의 판정

열화·손상된 구조물에 대한 대책은, 주로 보수와 보강으로 구분되는데, 그 여부의 판정 구분은 손상의 구조물에의 영향도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 예산 등의 경제적 조건에 의해 다르다.

1) 균열에 대한 판정 방법

균열이 어느 정도까지 허용되는가에 관해서는 구조물의 중요도, 기능면 등에 따라 다르다. 균열이 발생해서 그것이 콘크리트 또는 철근, PC강재의 단면적이 부족한 경우에는 원칙적으로 보수하지 않으면 안된다. 또 응력적으로 콘크리트 또는 철근, PC강재의 단면적이



<그림 4. 7> 보수 필요성의 판정 순서

<표 4. 5> 보수여부에 관한 균열폭의 한도

구 분	환경*2 기타요인*1	내구성에서 본 경우			방수에서 본 경우
		엄한경우	중 간	느슨한 경우	……
보수를 필요로 하는 균열 폭(mm)	大	0.4이상	0.4이상	0.6 이상	0.2 이상
	中	0.4이상	0.6이상	0.8 이상	0.2 이상
	小	0.6이상	0.8이상	1.0 이상	0.2 이상
보수를 필요로 하지 않은 균열 폭(mm)	大	0.1이하	0.2이하	0.05이하	0.05이하
	中	0.1이하	0.2이하	0.05이하	0.05이하
	小	0.2이하	0.3이하	0.05이하	0.05이하

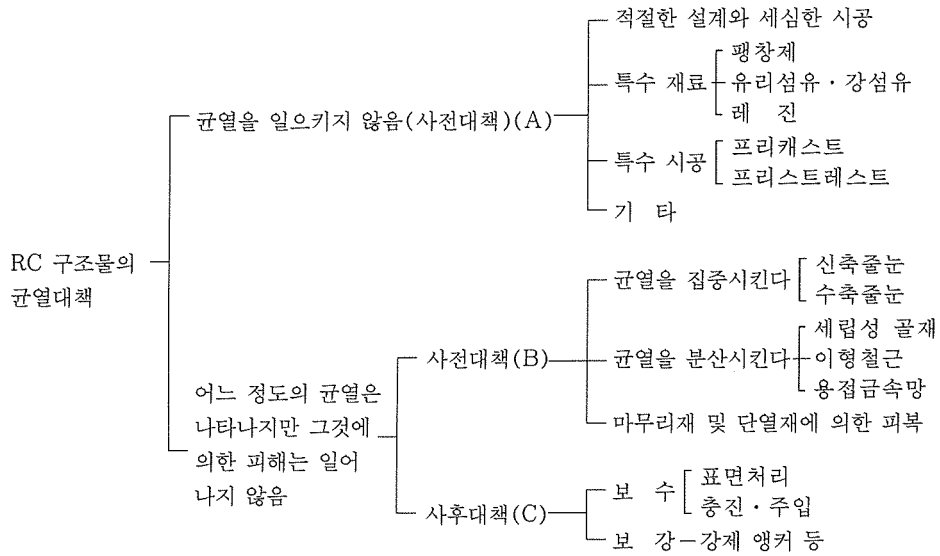
\*1 ○ 기타요소(大, 中, 小)로는, 콘크리트 구조물의 내구성 및 방수성에 미치는 유해성 정도를 나타내고, 아래 요인의 영향을 종합 판단하여 정한다.

○ 균열깊이, 패턴, 피복두께, 콘크리트 표면피복 유무, 재료·배합, 조인트 등

\*2 ○ 주로 철근의 녹 발생조건외의 관점에서 본 환경조건

<표 4. 6> 각국에서의 콘크리트의 허용균열 폭

나라명	종 류 별	허용균열폭(mm)	비 고
일 본	도로교 시방서 및 해설(합성보)	0.2	일본 도로 협회 운수성
	항만 구조물	0.2	
	원심력 철근 콘크리트 말뚝(Pole) { 설계하중시, 설계 휨모멘트 작용시 { 설계하중, 설계 휨모멘트 개방시	0.25	JIS A 5309
		0.25	
영 국	BSI 규정	0.3 0.004d	CP-110
	{ 일반 구조물 { 특별히 심한 침식성의 환경		d : 주철근의 피복
스 웨 덴	{ 사하중 { 사하중+활하중의 0.5배	0.3	도로교 규정
		0.4	
구 소 련	CHh규정	0.3 0.2 0.2 0.1	Chrπ II -B-1-62
	비 부식성		
	약 부식성		
	중 부식성		
미 국	ACI 규정	0.4 0.3 0.175 0.15 0.1	ACI 318-71
	건조한 대기중 또는 보호층이 있는 경우		
	습한 공기중, 흠중에 있는 경우		
	동결 방지용의 약품에 접하는 경우		
	해수, 해수비말에 의해 건설 반복을 받은 경우		
수밀한 구조부재			
유 공 동 체	유럽 콘크리트 위원회	0.1 0.3 0.2 0.1 0.3 0.2	CEB-FIP  } 지속하중 및 1년이상 } 재하된 변동하중에 } 대하여 } 지속하중과 변동하중의 } 불리한 조합
	상당한 침식작용을 받은 구조부재		
	보호공이 있는 보통의 구조부재		
	보호공이 없는 보통의 구조부재		
	현저하게 노출되어 있는 부재		
	보호공이 없는 부재		
	현저하게 노출되어 있는 부재		
프 랑 스		0.4	Brocard



<그림 4. 8> 철근 콘크리트의 균열대책 분류

<표 4. 7> 구조물의 안전도 판정 구분(日本國有鐵道)

판정구분	운전보안 등에 대한 영향	변형상태의 검토	조 치
A	AA 위험	증대함	즉시 조치
	A 1 조만간 위험을 느낌	변형상태가 진행되어 기능저하	조급히 조치
	A 2 이상 외력의 작용시 위험	도 진행	
	A 2 장래 위험을 느낌	변형상태가 진행되어 기능저하가 우려됨	필요한 시기에 조치
B	진행하면 A상태로 됨	진행하면 A상태로 됨	감시(필요에 따라 조치)
C	현상태에서는 이상 없음	경미함	중점적으로 검사
S	영향 없음	없음	

충분한 경우는 하중의 재검토를 행하여 외관을 보고 보수여부를 결정하는 것이 좋다.

#### 2) 콘크리트 구조물 전반에 대한 판정

콘크리트 구조물의 전반에 대한 안전도 판정의 기준 예는 <표 4. 7>과 같고, 공사용 등 바리 상에서의 점검 및 교량, 보 위에서의 점검 등의 판정 규정 예는 <표 4. 8>과 같다.

### 4. 5 보수·보강계획, 조사, 설계 및 공사

점검결과, 보수·보강의 필요성이 있다고 판단되면 <그림 3. 4>에 나타낸 순서로 보수

· 보강을 실시한다. 긴급적인 대책을 제외하면 단기, 중기, 장기의 보수계획을 수립하여 구조물 개개에 대해 보수·보강의 상세조사 및 설계를 행하여 이것을 기초로 해서 공사를 행한다. 보수계획, 조사 및 설계는 이들의 전제조건이 되는 要보수·보강 개소, 열화·손상정도, 원인등의 정확한 정보를 토대로 행할 필요가 있고, 계획, 조사 및 설계상의 검토항목에 대한 개요를 <표 4. 9>에 나타내었다. 또한, 보수·보강공사는 신설공사와는 달리 그 구조물의 현재 기능을 정지시키는 것은 아니며 저해되더라도 최소한의 조건이 요구되는 것이 많

다. 따라서 공사시간, 장소 등이 제약되고 야간작업 및 위험한 장소에서 작업이 이루어지는 경우도 많다. 그리고 공사에 착수하여 절취작업 등에 들어가면 열화·손상부가 예상외의

정도·규모이기 때문에 구조물의 설계·시공내용이 다르기도 하고, 누수되고 있거나 물이 고여 있기도 해서 당초의 계획을 변경해야 할 때도 있다. 따라서 공사는 면밀하고도 탄력적

<표 4. 8> 공사용 동바리 및 교각, 보위에서의 점검(日本首都高速道路公團)

수준 항목	A	B	C	D	E
균열	○ 콘크리트의 결락 등이 있고, 교통의 안전 또는 제3자에게 지장을 끼칠 우려가 있다고 판단되는 경우	○ 최대폭이 RC는 0.3mm, PC는 0.2mm 이상이고 깊이가 균열방향의 단면치수의 2/3이상인 경우 ○ 최대폭이 0.3cm 이상이고, 균열간격이 50cm 이하인 경우 ○ 최대폭이 0.3mm 이상이고 철근에 녹이 발생한 경우	○ 최대폭이 RC는 0.2mm, PC는 0.1mm 정도이고, 깊이가 균열방향 단면치수의 1/2이상. 더구나 균열간격이 50cm 이하인 경우	○ 최대폭이 RC는 0.2mm, PC는 0.1mm 미만의 경우 또는 균열이 없는 경우	○ 손상정도가 명확하지 않은 경우 및 이상한 손상이 있는 경우로, 다른 방법에 의해 점검할 필요가 있는 경우
박리 및 강재 노출	상 동	○ 철근, PC강재 및 PC용 슈스가 노출해 있는 경우 ○ PC강재의 정착체가 노출해 있는 경우 ○ 강재의 부식이 있는 경우	○ 박리는 있지만 철근이 노출해 있지 않은 경우	○ 박리 및 철근 노출이 없는 경우	상 동
열화 변색	상 동	○ 철근의 녹발생 또는 그것에 의해 콘크리트의 박리 우려가 있는 경우 ○ 슈미트 해머 등에 의한 강도 부족이 있는 경우	○ 열화는 있지만 강도 부족이 없는 경우	○ 열화가 없는 경우	상 동
공동	상 동	○ 철근, PC강재 및 PC용 슈스가 노출해 있는 경우 ○ PC강재 정착부 부근에 발생해 있는 경우	○ 공동은 있지만 강재가 노출하지 않는 경우	○ 공동이 없는 경우	상 동
누수	○ 제3자에게 지장을 끼칠 우려가 있는 경우	○ 균열부 또는 콘크리트 조인트부에서의 누수가 있는 경우	○ 누수가 있으나 강재 부식의 우려가 없는 경우	○ 누수가 없는 경우	상 동

<표 4. 9> 보수·보강의 계획·조사·설계상의 검사항목

보수 계획	단기·중기·장기의 보수계획			
	① 예산화, ② 보수대상의 개소·범위의 선정, ③ 시공체제의 확보, ④ 보수에 따른 기능저해·정지의 영향과 대책, ⑤ 보수시기, ⑥ 보수방법의 선정			
보수 조사	검 사 결 과 보 완		손상의 내용, 수량 및 현지조건등 정확하게 파악한다.	
	상 세 조 사		손상의 원인 및 요인을 조사분석하고, 보수설계를 위한 자료를 얻는다.	
보수 설계	목 적	보수·보강할 성능 유지·개선수준	내하력, 내구성, 기능, 제3자에 대한 위험방지, 미관등 ① 현상유지(진행억제), ② 실용상 지장이 없는 성능까지 회복 ③ 초기수준 이상으로 개선	
		보수 방법	철근·콘크리트의 단면수복, 균열복구, 노화·부식방지, 피복두께 증대 強度·剛度증대(단면확대, 보강재의 첨가)	
	보수 재료	시멘트계 강재수지계 라이닝재시트재	보통, 조강, 초조강, 초속경, 무수축, 알루미늄 시멘트 강판, 형강, 철근, PC강재, 볼트 레진콘크리트, 레진모르타르, 폴리머 시멘트·모르타르, 코팅용수지, 합침용수지 Glass-close, 라이닝용수지 고무계, 수지계, 아스팔트	
		보수 공법	보수	표면처리 균열 단면결손
	보강		직접적방법 간접적방법	콘크리트 덧붙이기 공법, 교체공법, 강판접착공법, 합성보 공법, 프리스트레스 도입공법 부재증설공법

<표 4. 10> 보수·보강이 필요한 부분의 확인 항목

대 구 조 물	구조계	무근, RC, PC		
	구조종류별	교량	난간, 상판, 보, 교각, 기초	
		건축	구조부	지붕, 발코니, 벽, 마루, 보, 기둥, 토대
범위	전체, 부분, 국부			
열화·손상상 황	형태	부재의 파손, 변위·변형, 균열, 박리, 단면결손, 강재부식·파단, 콘크리트 품질열화, 마모, 누수 등		
	원인	구조물	○ 설계상의 미비 ○ 사용재료의 품질 불량	구조의 부적합, 설비 및 도면의 불비 시멘트, 골재, 혼화재료, 물
		외적작용	○ 콘크리트의 품질 부적당 ○ 철근, PC강재 ○ 시공상의 결함	강도, 특수성, 공기량, 함수상태 품질불량(강도), 배근, 그라우트 실수 뒹개부족, 공동, 초기균열
	정도	물리적	하중(과대하중, 반복하중), 부동침하, 기상작용(동결융해, 건습, 온도변화), 마모작용, 火熱作用, 크리프, 건조수축	
		화학적	물, 공기, 산, 염류, 유해가스, 전류작용	
정도		① 외관을 별도로 하고 사용상 문제는 없다. ② 안전성, 내구성, 기능저하(진행성 有無) ③ 내하력적으로는 그다지 문제는 없으나, 이용자, 제3자에 대해서 위험 ④ 사용, 중국한계에 가까이 있어서 위험		
보수·보강 시기 필요		① 즉시, ② 빠르게, ③ 빠른시기, ④ 필요한 시기, ⑤ 상태를 본다.		

<표 4. 11> 유지관리 기술의 현황과 사후 필요한 연구개발

	현황			사후의 연구개발	
	실제상황	설	명	필요성	가능성
열 화 예 측	△	철근부식에 의한 열화의 예측이 가능하고, 개발되고 있으나 전반적으로 어렵다.		유	유
검	육안점검	○	객관적 평가로서는 문제가 있다.	유	유
	화면점검	△	전반적으로 개발이 늦어지고 있다.	유	유
	비 파 피 진단기술	△	육안을 대신하는 비파피 진단기술은 불충분.	유	유
	부분파피 진단기술	○			
	재하시험	○			
평 가 판 정	내부결함	△	상당히 큰 결함이 아닐 경우 곤란.	유	유
	재료평가	○			유
	제 3 자 에 대한 위험도 평가	△	국부적인 콘크리트의 박리에 의한 콘크리트의 떨어짐을 미연에 안다는 것은 상당히 어렵다.	유	유
	종합판정	△	열화인자와 열화도의 관계, 판정기준, 구조물의 수명 등, 불확정한 곳이 많다.	유	유
대	선 정	△	객관적인 선정 기준은 불명확	유	유
	보 수	△	수명 불명확	유	유
	보 강	○	수명 불명확	유	유
	해 체	○	공해에 문제가 있음	유	유

○ : 현재 가능한 기술이고, 일단 대응 가능하다.  
 △ : 현재 가능한 기술이고, 사후 검토, 개선이 요망된다.

인 시공계획을 세워 기술자의 적절한 현장지도 및 지시에 따라 실시할 필요가 있다.

#### 4. 6 콘크리트 구조물의 유지관리 기술의 현황

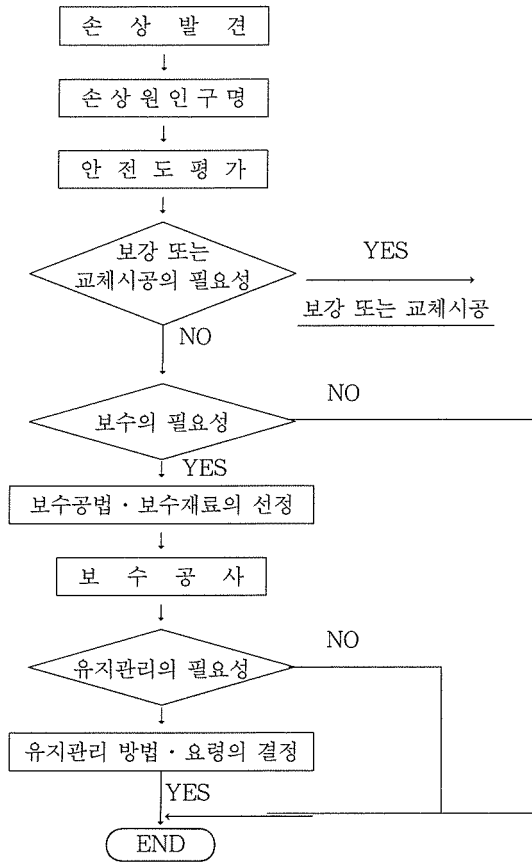
콘크리트 구조물의 유지관리 기술의 현황과 앞으로 연구개발이 필요한 분야에 대한 개요를 나타내면 <표 4. 11>과 같다.

#### 5. 콘크리트 구조물의 보수·보강 공법 및 재료

보수·보강의 목적은 열화·손상된 구조물

의 중요도, 열화도, 손상도에 따라 다르지만, 크게 나누어 보면 다음과 같이 구분된다.

- ① 현 상태의 내력 등의 안전성·내구성, 기능성 등의 성능을 유지하기 위하여 열화·손상의 진행을 억제
  - ② 열화·손상되었거나 또는 그 가능성이 있는 구조물에 대하여 실용상 지장이 없는 소요의 성능 회복
  - ③ 열화·손상되었거나 또는 그 가능성이 있는 구조물에 대하여 그 성능을 초기의 수준 이상으로 개선
- 보수·보강은 이런 목적에 부합되도록 적합한 방법으로 행할 필요가 있다.



<그림 5. 1> 보수작업순서

## 5. 1 보 수

### (1) 보수 개요

일반적으로 보수라는 것은 손상을 받은 콘크리트 구조물의 기능을 회복 시키는 것이라고 생각되고 있으나, 기능을 회복시키는 것만으로는 손상을 일으킨 어느 경우에서도 동일한 형태의 손상이 다시 생길 가능성이 크고, 특히 환경·하중작용에 대한 추정부족에 기인하는 경우에는 현저하다. 따라서 보수시에는 손상원인을 제거하거나 혹은 손상열화에 대한 저항성을 향상시켜서 대상 구조물의 성능을 개선하는 것이 주목적으로 된다. 보수는 신설구조물에서의 설계·시공과는 달리 각종의 제약조건을 일반화하는 것이 곤란하기 때문에 아직 정립된 보고는 거의 없고, 규격, 지침 등에 관해서도

거의 없는 것이 현실적이다.

콘크리트 구조물의 보수 순서는 <그림 5. 1>과 같다.

보수를 위하여 가장 먼저 실시하는 것은 손상이 생긴 원인을 밝혀내는 것이고, 그 원인구명작업이 適確해야만 보수작업을 적절하게 실시할 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 및 하중작용에 의한 콘크리트의 박리, 동결팽창에 의한 박리 등도 각각 그 원인에 따라서 보수방법이 다르다. 따라서 손상의 원인구명에서는 손상이 단순한 것처럼 보여

도 설계계산서, 설계도면, 사용한 재료, 하중작용, 환경작용, 손상의 현상태와 지금까지의 경과에 관해서, 검토를 덧붙여 종합적인 판단을 행하여야 하며, 필요에 따라서는 재료 및 구조물에 관한 실험적인 검토를 행하거나 전문가의 의견을 구하는 것도 필요하다.

다음에 손상을 받은 구조물의 안전도 평가를 행하여, 보수 및 보강에 의해서 기능을 수복시킬 수 있는지, 아니면 새롭게 건설할 것인지 판단할 필요가 있다. 본질적으로 재료의 강도 및 부재의 재력이 부족해 있는 경우에 어떤 보수를 행하여도 또다시 동일 형태의 손상이 나타나는 것은 분명할 것이다. 그래서 보수공법의 선정에 있어서는 보수재료의 역학적 성질 및 내구성, 보수된 구조물의 성능, 보수법의 경제성 등이 선정기준으로 되지만, 손상을 수복해서 구조물의 기능을 회복함과 동시에 염해 및 알칼리 골재반응에 의한 균열 혹은 화학작

용에 의한 열화의 경우와 같이 열화를 일으킨 콘크리트에의 환경작용을 완화 또는 정지시키기 위한 공법에 관해서도 검토가 필요하다. 또 보수공법의 선정에는 필요에 따라서 실험적인 검토를 행하는 것이 중요하고, 시공에 및 시공실적으로 부터 보수공법의 성능을 평가하는 것도 필요하다.

보수공법의 성능은 보수공사의 良否에 좌우되는 경우가 많다. 균열에 수지가 주입되는 정도, 주입한 수지와 콘크리트의 접착력 또는 단면 수복에 이용되는 재료와 기초와의 접착력 등도 시공의 良否에 크게 영향된다. 따라서 보수작업시에도 구조물의 신설시와 마찬가지로 공사방법, 시공요령 및 시공관리에 관하여 충분한 검토가 필요하다. 또한 문제에 따라서 장기 내구성을 보증하는 보수법을 선정하는 것이 곤란하면 「最良」조건에서 보수법을 선정하지 않으면 안되며, 또 보수 후 다시 손상이 발생

<표 5. 1> 손상의 성질에 따른 보수시의 기본적인 고려사항

손상의 종류	손상의 성질	보수의 기본적인 고려사항	보수방법 예
콘크리트의 균열	아주 경미하지만 큰 손상으로 발전할 우려가 있음	균열을 seal하고, 물의 침입을 방지한다.	시일재에 의해 표면을 seal
	상당히 진전하여 강재에 녹을 유출시킨 경우	균열에 시일재를 주입해 물의 침입을 완전히 방지한다.	시일재의 주입
	손상이 진행해 철근이 부식하고, 콘크리트가 박리한 것	부식된 철근을 노출시켜 녹을 제거한 후 박리한 부분을 충전한다. 또 철근의 단면결손이 있는 경우는 철근을 보강한다.	절취, 철근의 녹 제거 후 에 폭시 도장, 부분적인 콘크리트의 교체보강
	구조물에 치명적인 균열발생 (전단력에 의한 균열등)	콘크리트 단면의 내하력을 기대할 수 있도록 부가적인 단면보강이 필요	필요단면의 부가, 부분적 혹은 전면 교체보강
콘크리트의 부식	동해 및 황산염 등에 의한 표층부의 열화	열화된 부분을 교체하고 표면을 seal하며 물 및 침식물의 침입을 방지한다.	표층부의 교체보강 및 표면도장
	특수한 골재에 의한 열화 (알칼리 골재반응)	콘크리트의 내부 깊게까지 진행해 있는 경우, 부가적인 단면보강이 필요	가벼운 경우 위와 같이함. 필요 단면의부가 또는 전면교체보강
강재부식	콘크리트의 균열, 열화에 의해 철근에 녹의 발생이 보이는 경우	부식한 철근을 노출시켜 녹을 제거한 후 충전한다. 또 철근의 단면결손이 있는 경우는 철근을 보강한다.	절취, 철근의 녹제거후 충전, 보강철근의 부가 및 부분적인 피복콘크리트의 교체보강
	PC케이블의 노출 또는 그라우트 불량 쉬스의 노출	노출한 케이블을 제외한 내하력 검사	부가 케이블의 시공



하는 것을 전제로 하여 유지와 재보수에 대응하는 편이 경제적인 경우도 있기 때문에 보수에서는 보수후의 유지에 관해서도 검토해 놓을 필요가 있다.

보수의 기본적인 고려사항, 방법은 손상의 상황, 구조물에 요구되는 내용년수, 환경, 미관 및 유지관리비를 고려한 경제성에 의해 판단하는 것이지만, 일반적인 보수시의 고려사항의 한 예를 <표 5. 1>에 나타내었다.

(2) 보수공법

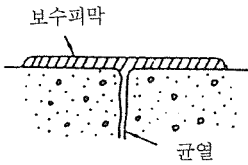
보수공법은 일반적으로 콘크리트 부재에 대한 표면보호공, 단면보수공, 균열보수공 및 강재보수공 등이 있고 이들의 목적, 종류, 재료를 일괄하여 나타내면 <표 5. 2>, <표 5. 3>과 같다. 그러나 알칼리 골재반응 또는 화학작용에 의해서 생긴 손상과 같이 손상을 일으키게 한 환경작용이 보수후에도 계속해서 존재하는 경우에는 손상을 수복하는 것만으로는 보수로서 충분하지 않고 환경작용을 완화 또는

<표 5. 2> 보수공법과 재료

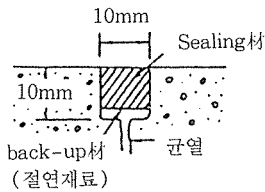
공법	효용성	종류별	재료계	비교	
표면보호공	방수, 방습, 지수, 차염, 손상片的 낙하방지, 염화방지	폴리머 함침공법	공극충진계 코팅계 撥水계	메타크릴酸 메틸 에폭시, 아크릴, 폴리에스테르계 실리콘, 시란계	
		코팅공법(콘크리트 도장제)	수지계 아스팔트·타르계	에폭시, 폴리우레탄, 폴리에스테르, 비닐에스테르계	
		라이닝 공법	시멘트계 FRP계	글라스 파이트	
		모르터 스프레이 공법	아스팔트·타르계 모르터		
		시트공법	고무계, 수지계		
		판부착공법	타일, FRP, 강판		
단면보수공	박리, 欠落, 공동, 열화, 취약부	교체공법	시멘트계	팽창시멘트	
		충진공법	보통시멘트 모르터, 콘크리트, 초속경시멘트(모르터·콘크리트) 무수축모르터		
		Patching 공법	복합계(시멘트+수지)	폴리머시멘트·모르터 폴리머시멘트·콘크리트	고무라텍스계, 수지에멸선계, 수용성계
		프리팩트 콘크리트 공법	수지계	레진모르타르 레진콘크리트	에폭시계, 폴리에스테르계, 비닐에스테르계
균열보수공	방수, 보강	주입공법	시멘트그라우트 수지계	에폭시계, 폴리우레탄계	
		seal공법	수지계 모르타르		

<표 5. 3> 강재관계의 보수

	목 적	보수 방법	재 료
철 근	부 식	방 청 처 리 녹 의 안 정 화 처 리	시멘트 슬러리, 폴리머 첨가 시멘트 슬러리, 수지 도포
	단 면 결 손	철 근 보 강	마그네 타이트
PC 강 재	그 라 우 트 실 수 PC 강 재 파 단	그 라 우 트 주 입 PC 강 재 보 강 강 판 접 착 보 강	시멘트系 또는 수직系 그라우트



(a) 표면처리공법



(b) 충전공법(U-cut)

<그림 5. 2> 균열보수공법

정지키시기 위해서 손상수복후의 라이닝(코팅)이 동시에 필요하다.

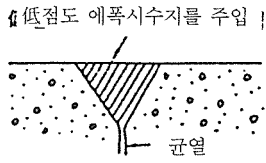
1) 균열의 보수

- ① 표면처리공법 : 균열을 따라서 콘크리트 표면에 피막재를 설치하는 공법이다<그림 5. 2(a)>. 일반적으로 0.2mm이하의 미세균열에 대해서 구조적인 강도회복을 목적으로 하지 않은 경우에 이용한다. 피복재료는 일반적으로 에폭시수지계가 많이 이용되지만, 모르타 스프레이, 아스팔트 도포에 의한 경우도 있다.
- ② 충전공법(seal 공법) : 충전공법은 균열

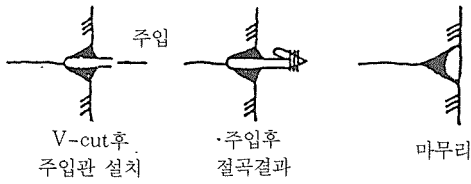
에 의한 콘크리트 표면을 V-cut 또는 U-cut하여 그곳에 시일재(seal材)를 충전하는 공법으로 <그림 5. 2(b)>, 변동하는 균열 및 가는 균열의 보수에 적합하다. 일반적으로 시일재는 시멘트풀, 모르타, 아스팔트, 수지 모르타 등이 있다. 시공할 때는 V-cut 또는 U-cut한 구멍을 와이어브러쉬로 청소해 제거한 후 back-up재를 설치해 시일재를 충전하여 충분히 경화한 표면을 그라인더, 사포 등으로 매끄럽게 마무리 한다.

- ③ 주입공법 : 균열보수에 가장 일반적으로 사용되는 방법으로 주입공법은 균열내부에 낮은 점성의 에폭시수지를 주입하는 공법이다<그림 5. 3(a)>. 일반적으로,
  - ㉠ V-cut을 해 소정의 간격으로 주입관을 설치해 시일재가 경화한 후, 주입관을 그리이스펌프 또는 수동펌프로 가압 주입하는 방법<그림 5. 3(b)>, ㉡ <그림 5. 3(c)>에 나타난 것과 같은 간격으로 테이프를 평평하게 부여 그 위에 시일재를 도포해 주입하는 방법, ㉢ <그림 5. 3(d)에 나타난 것처럼 고무압에 의한 주입공법이다.

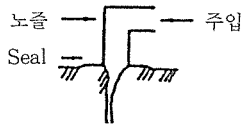
에폭시수지의 주입작업 순서는 <그림 5. 4>와 같고, 사용하는 에폭시수지의 점도 및 주입압력은 균열폭 및 깊이, 주입시간 등을 고려해 선정한다. 에폭시수지 주입에 의한 역학적 성능의 회복효과에 관해서 수지의 탄성계수가 콘크리트에 비해서 작고 균열의 미세한 부



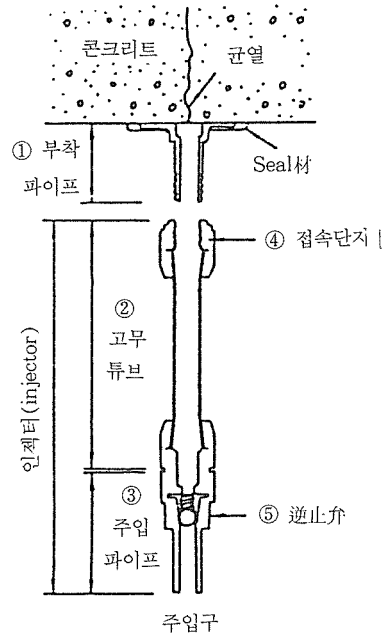
(a) 유입에 의한 수지주입공법



(b) V-cut에 의한 주입공법

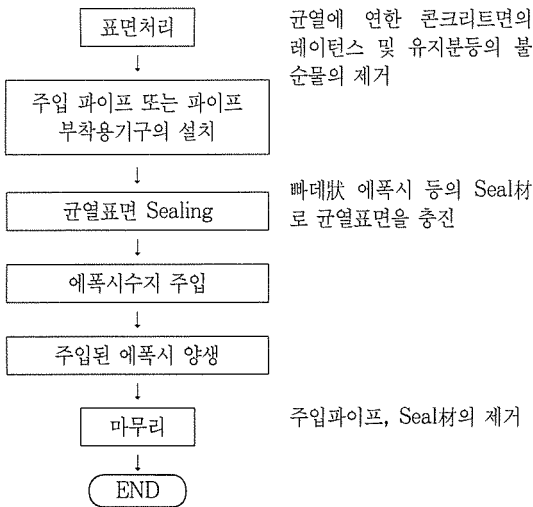


(c) V-cut이 필요없는 주입공법



(d) 고압에 의한 균열주입공법

<그림 5. 3> 주입공법



<그림 5. 4> 에폭시수지 주입순서

분까지 주입이 곤란하다는 등의 이유로 부터 처음부터 그다지 기대할 수 없다는 의견이 있

었으나, 그 후의 연구에 의해 ㉠ 부재의 강성은 균열이 없는 것과 동등수준으로 회복하고, ㉡ 휨 및 전단내력도 거의 회복하며, ㉢ 철근과의 부착강도도 회복한다고 밝혀지게 되어, 적절한 시공을 행하면 에폭시수지 주입에 의해 역학적 성능이 수복된다고 생각할 수 있다.

저수시설 및 건축물의 외벽 등에는 역학적으로는 특히 장애가 없지만 누수를 방지 또는 정지시킬 필요성으로부터 에폭시수지 주입에 의한 균열보수가 행하여지는 것이 많다. 철근의 방식을 목적으로 하여 수지 주입이 행하여지는 것도 있지만, 주입에 의한 방식효과는 부식상태에 따라서 다르다. 또 주입만으로는 방식을 목적으로 한 보수로서는 충분하지 못한 경우가 많다.

## 2) 표면 보호공

콘크리트 표면의 열화에 의한 손상은 화학적

<표 5. 4> 표면보호의 塗膜工法

종 류	내 용
방 수 도 막 공 법	수압하의 투과를 방지하기 위해 표면 또는 구조에의 처리
방 습 도 막 공 법	수압이 없는 상태의 물의 투과를 막기 위한 표면 또는 구조에의 처리로써, 물 또는 수증기의 흡수, 투과를 지연시킨다.
보 호 도 막 공 법	화학약품에 의해 콘크리트의 품질저하를 보호하기 위한 처리
장 식 도 막 공 법	외관변화의 안정화 및 미적 착색

용, 동결융해, 마모작용 등에 의해서 생긴다. 이들의 원인에 의해서 생긴 콘크리트 표면의 열화를 보수하기 위해서는 열화부분을 완전하게 제거한 후 단면을 수복할 필요가 있고, 다음에 환경작용을 완화 또는 정지시키기 위한 보수가 필요하다. 또한 심한 마모작용 및 공동(Cavitation)작용을 받은 댐 월류부 및 감세공 또는 도수로 터널의 표면열화를 보수하기 위해서 고강도 콘크리트 및 섬유보강 콘크리트를 덧붙여 타설한 예가 보고되고 있으나, 이와 같은 마모작용 및 cavitation 작용을 완전히 정지시키는 것은 곤란한 경우도 많다고 한다.

한편, 염해, 알칼리 골재반응, 화학작용, 동결융해작용을 완화 또는 정지시키기 위해서 콘크리트 표면의 라이닝(코팅)이 행하여 진다. 콘크리트 표면의 라이닝(코팅)의 역사는 대단히 짧기 때문에 재료의 내구성 및 유지방법 등 충분히 밝혀져 있지 않은 점이 많으나, 라이닝 방법을 대체할 수 있는 방법이 아직 없기 때문에 앞으로 라이닝(코팅)의 사용은 증가할 것이다.

콘크리트 표면 라이닝에 요구되는 기능으로서, ① 콘크리트에의 충분한 접착력(예를들면, 기초콘크리트의 인장강도 이상)을 갖는 것, ② 콘크리트의 균열에의 추종성이 좋은 것, ③ 목적으로 하는 환경작용의 정지 또는 완화성능이 있는 것(습기, 염소이온, 산소, 탄산가스 등에 대해서), ④ 내후성이 높은 것, ⑤ 필요에 따라서 난연성인 것 등이 중요하다.

라이닝에는 에폭시수지, 섬유보강, 에폭시수지, 우레탄 수지 등의 도장계재료가 이용된다. 라이닝재의 피막두께로는 필요에 따라서 0.1~1.0mm 정도의 것이 사용된다. 프라이머(primer)로서는 내알칼리성의 측면에서 에폭시계가 우수하다. 에폭시수지는 氣密性에서는 우레탄계보다 우수하지만 균열에의 추종성 및 콘크리트내 습기의 외부로의 발산측면에서는 우레탄계가 우수하다. 또 라이닝의 표면에는 내후성이 비교적 양호한 우레탄계 도료를 마무리칠하는 것이 잘 행하여진다.

콘크리트 표면 보호공을 효용성의 관점에서 분류하면 <표 5. 4>와 같다.

### 3) 단면 보수공

국부적인 박리 및 박락도 콘크리트 구조물이 받는 일반적인 손상이다. 차륜하중 및 지진력 등의 외력, 철근의 부식팽창압, 동결팽창압 등이 원인으로 되어 박리 및 박락이 발생한다. 이와 같은 국부적인 단면결손의 수복에는 보통 시멘트 모르타(콘크리트), 속경성 시멘트 모르타(콘크리트), 래진 모르타(콘크리트), 폴리머 시멘트 모르타(콘크리트), 샷크리트(shotcrete), 프리팩트 콘크리트 등 많은 재료가 사용된다. 이들의 단면수복재료는 소요의 강도를 가지고, 기존콘크리트와의 부착이 양호하며, 타설후의 경화 또는 건조수축이 작은 것 이라야 하고, 콘크리트와의 열팽창계수의 차가 작고, 보수후의 사용환경하에서 내구적인 것 이라야 한다. 속경성 시멘트를 사용한 모르타 및 콘크리트 또는 래진 콘크리트는 그 속경성을 이용하여 장시간의 공용정지가 어려운 포장콘



<그림 5. 5> 빠데에 의한 보수

콘크리트 및 교량상판의 보수등에 사용된다. 숯콘크리트도 기초와의 부착이 우수하고 거푸집이 필요없으며, 보 및 상판의 下面 및 터널 복공 등에서의 시공도 비교적 쉽다고 하는 등의 이유로 보수에 이용되는 것이 많다.

숯콘크리트는 보수면적이 크고 보수층의 두께

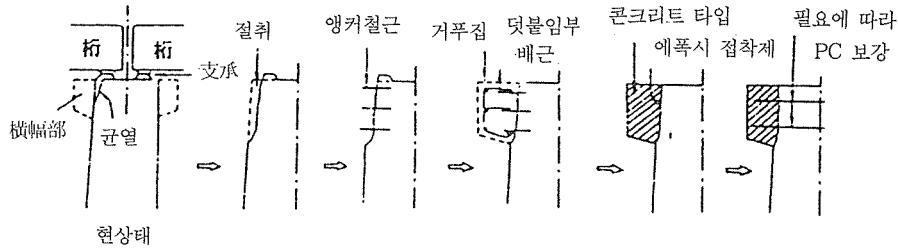
가 비교적 작은 부재, 예를 들면, 슬래브 下面 또는 벽 등의 보수 혹은 피복두께를 보충하는데 적합하다. 기초처리는 규사를 이용한 샌드 블라스트(sand-blast)가 가장 효과가 있고, 스프레이층은 1회당 2~5cm 정도가 좋다.

콘크리트 구조물의 표층부에 박리 및 열화 등의 결함이 생겨 단면이 부족해진 경우 그 부분을 빠데(Putty)에 의해 보수하여 내부콘크리트 및 철근을 보호한다<그림 5. 5>. 빠데 재료로서는 에폭시수지, 레진콘크리트, 시멘트 모르타 · 콘크리트 등이 이용된다.

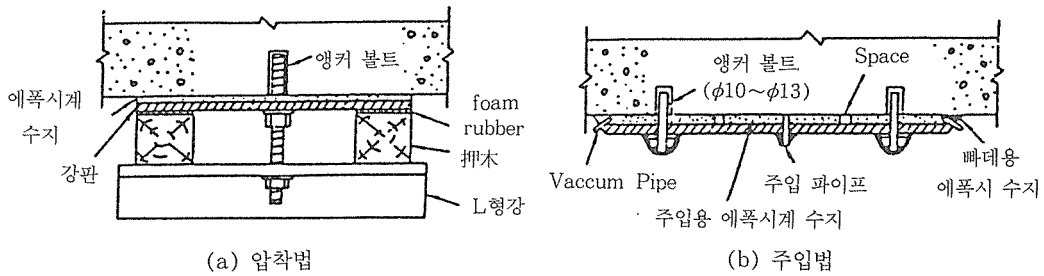
또한, FRP 접착공법은 콘크리트면에 FRP를 접착해 기존의 부재와 일체화시킨 공법으로, 접착하는 콘크리트면의 불순물을 제거한 후 에폭시수지 접착제를 바르고 1층용 FRP

<표 5. 5> 보강공법과 재료

구분	공 법	종 류 별	개 요	사 용 재 료
직접적 방법	강판 접착공법	압 축 공 법	보강용강판을 접착용 수지에 의해 콘크리트면에 압착시킨다.	강판, 접착용 수지
		주 입 공 법	보강용 강판과 콘크리트 사이의 주변을 seal하고 수지를 압입한다.	강판, 주입용 수지
	FRP 접착공법		콘크리트면에 FRP를 접착해 기존부재와 일체화시킨다.	FRP
	프리스트레스도입 공법		부재외면에 PC케이블을 배치해서 보강한다.	PC강재, 콘크리트
	콘크리트 덧붙이기 공법	합 성 보 공 법	기존 콘크리트면에 RC단면을 덧붙여 新·舊콘크리트를 일체화시켜 합성단면으로 한다.	철근, 콘크리트
		철근증설, 모르타르스프레이공법	보충철근을 기설철근에 첨가하고 모르타를 뿜어 붙여 두께를 증가해 보강한다.	철근, 모르타
		단면증가공법	압축측에 콘크리트를 덧붙여 단면을 증가해 보강한다.	콘크리트
		着 筋 工 法	콘크리트를 덧붙인 면에 착근하여 덧붙인 부분의 철근을 연결해 新·舊콘크리트를 일체화시킨다.	철근, 콘크리트
	접침보법		콘크리트 보에 鐵製 보 또는 콘크리트 보를 겹쳐 新·舊보를 접침보로 한다.	강재, 콘크리트
	콘크리트 교체보강공법	부 분 교 체 공 법	열화 · 손상한 국부부분을 제거하고, 새로운 콘크리트로 교체해 보강한다.	콘크리트
전 면 교 체 공 법		열화 · 손상을 입은 부재 전체를 새로운 콘크리트로 교체해 보강한다.	콘크리트	
간접적 방법	보증설, 가로보 보강공법		세로보, 가로보 등을 증설하여 내하력을 증대시킨다.	강재
	기둥증설공법		기설 보의 중간에 기둥을 증설하여 내하력을 증대시킨다.	강재, RC, PC



<그림 5. 6> 橋脚頂部の 幅擴張 補強例



<그림 5. 7> 강판접착공법

시트 1장을 붙이고, 소정의 두께까지 필요한 매수의 FRP 시트를 반복해서 접착하는 적층 성형방법이다. FRP는 영계수가 콘크리트보다 작기 때문에 부재의 강성을 기대하는 개소에 사용하지 않는 것이 좋다. 지금까지의 예로서는 휨부재의 인장단면보강, 콘크리트의 열화진행 방지 목적으로 사용되고 있는 예가 많다.

## 5. 2 보 강

### (1) 보강 개요

보강을 수반한 보수의 경우는 舊설계계산서, 열화원인 및 상황, 보강공법을 고려한 보수설계 계산서의 작성이 필요하다. 보강공법을 선정할 때는 ① 보강개수 부근의 공간, ② 보수재료의 자중, ③ 손상상태, ④ 보수후의 수명, ⑤ 유지관리를 고려한 경제성 등을 고려할 필요가 있다. 그러나 보강공법에 관해서는 현재까지 그 기술은 확립되어 있지 않기 때문에 과거의 적용예, 구조물의 종류, 손상

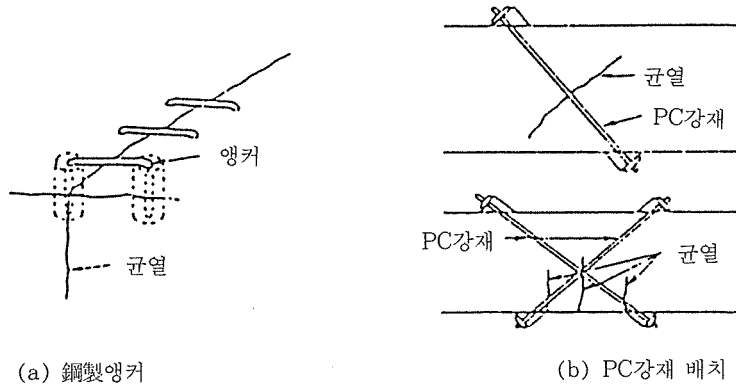
의 정도 등을 충분히 감안한 뒤에 결정하는 것이 좋다.

### (2) 보강공법

보강공법을 크게 나누어 보면, 당해 부재에 보강대책을 실시하는 직접적 방법과 당해부재의 작용하중을 경감시킴에 의한 구조계로서의 보강대책을 세우는 간접적 방법이 있다. 여기에서는 주로 기존부재의 내하력을 향상시키기 위한 보강공법에 대하여 설명하고, 이를 <표 5. 5>에 나타내었다.

#### 1) 콘크리트 덧붙이기 공법

기존의 부재에 콘크리트를 덧붙여 단면을 증가시켜 내력의 증강을 도모하는 경우와 콘크리트를 덧붙임에 의해 구조물 자체를 개조하여 구조물의 기능향상을 도모하는 경우가 있다. 본 공법에 있어서는 新·舊콘크리트의 일체화를 도모하는 것이 대단히 중요하므로 덧붙임부분에 배치하는 철근의 기설구체에의 앵커, 新·舊콘크리트의 조인트처리 등이 특히 중요하



<그림 5. 8> 鋼제 앵커 및 프리스트레스에 의한 보강

다. 시공예로서 RC교각의 頂部幅을 확장하는 경우를 <그림 5. 6>에 나타내었다.

2) 강판 보강 공법

본 공법은 RC부재의 인장측 균열외면에 강판을 접착해 전단력의 전달을 도모함으로써 기존의 RC부재와 강판을 일체화시켜 내력향상을 도모하는 공법이다. 접착하는 강판으로서, 일반적으로 4.5~6mm 두께의 중판을 이용하고, 접착제로서는 에폭시수지계 접착제가 이용된다. 강판접착공법에는 다음과 같은 2가지가 있다.

① 강판면에 접착제를 바르고, 이것을 콘크

리트면에 압착하여 앵커 볼트로 고정하는 방법(압착법)

② 강판을 콘크리트면에 앵커로 고정하여 콘크리트와 강판의 사이에 접착제를 압입하는 방법(주입법)

3) 강제앵커에 의한 방법

이 공법은 <그림 5. 8(a)>에 나타낸 고리형 앵커를 균열을 가로질러 설치해 균열을 봉합 시키는 공법이다.

4) 프리스트레스에 의한 보강

프리스트레스 도입에 의한 보강은 프리스트레스를 부여함으로써 부재에 작용하는 인장력

<표 5. 6> 재료의 적합성 조건

항 목	목	조 건
목적 · 조건	사용목적에 대한 적합성 콘크리트 기초조건에 대한 적합성 균열조건 적합성	방수, 열화방호, 단면보수·보강 등 건조, 습윤, 체수(침수) 진행성, 균열폭·깊이
재료	재료요건에 대한 적합성	콘크리트와의 부착성(접착성), 방수성(흡수성, 투습성), 차 염성, 내약품성, 내유성, 균열추종성, 수축성, 크리프, 강도, 탄성계수, 내구성
시공	시공요건에 대한 적합성	유동성, 안정성, 시공시간, 사용개방시간, 작업조건 안전성
기타	경 제 성 유지보전성	청소성, 재보수성

을 감소시켜 균열을 봉합시킬 뿐만 아니라 압축응력을 부여하는 것을 목적으로 하는 공법으로서, 구조적인 균열의 보수·보강을 행할때 유효하다<그림 5. 8(b)>. 또, 이 공법은 콘크리트의 덧붙이기 공법과 병용할 수 있으며, 이 경우는 기설단면과 덧붙인 단면과를 프리스트레스에 의해 긴결시켜 양자의 일체화를 도모한다.

### 5. 3 보수·보강재료

콘크리트 구조물의 보수·보강재료는 <표 5. 2>, <표 5. 3> 및 <표 5. 5>에 나타난 것처럼, 기본적으로 콘크리트와 강재에 의해 이루어지며, 최근에 시멘트로 대표되는 결합재, 접착제, 코팅재 등 각 용도에 따라 액상고분자계의 각종 합성수지가 널리 이용되고 있다. 보수·보강재료에 요구되는 조건으로서는 <표 5. 6>에 나타난 것처럼, 사용목적, 피보수면의 기본조건, 재료품질요건, 시공요건에 대한 적합성 및 경제성, 유지보전성 등이 있다.

일반적으로 보수재료를 선택할 때에는, ① 철근부의 처리재료에 유기계의 도료 및 프라이머를 사용하지 않고, ② 결손부를 충분히 매우고 되돌아온 에폭시수지 모르터를 사용하는 것과 강도가 콘크리트보다 이상하게 높은 것은 사용하지 않으며, ③ 실적이 풍부한 것이어야 하고, ④ 재료 또는 공법에 철근콘크리트의 내구성에 대한 해려가 되어 있는 것이어야 한다. 또한 ⑤ 장기적인 접착성이 실증되어 있는 것이어야 하고, ⑥ 기술자료가 완비되어 있는 것이어야 하며, ⑦ 시공체제가 완비되어 있고, 시공자의 교육이 이루어져 있는 것이어야 한다. 이들 보수·보강재료의 종류에 대하여 간단히 설명하면 다음과 같다.

#### (1) 수지계 재료

콘크리트 구조물의 보수에 있어서는 균열주입재, 빠테(Putty)재, 접착제, 도막방수재로서 액상고분자재료인 각종 합성수지가 널리 이용

된다. 수지계 재료로는 에폭시 수지, 폴리에스테르수지, 폴리우레탄 수지 등이 사용되고, 그 중에서도 에폭시 수지가 가장 널리 이용되며, 한 예로써 일본의 경우 에폭시 수지의 품질규격에 및 에폭시수지 모르타르·콘크리트의 품질 규격예를 <표 5. 7>, <표 5. 8>에 각각 나타내었다.

#### 1) 균열주입용 수지

주입용 수지에는 에폭시수지계와 폴리에스테르 수지가 있고, 일반적으로 상온경화용의 에폭시수지가 널리 이용되고 있다. 이것은 二液型으로 주제와 경화제를 사용직전에 혼합시켜서 경화반응을 일으키는 것이다. 폴리에스테르 수지는 에폭시수지에 비해 수축이 크고 접착강도가 작으며 시멘트에 대한 내알칼리성도 나쁘지만, 에폭시보다도 양생온도가 낮고, 경화시간의 조정이 쉬우며, 점성도 낮게 할 수 있기 때문에 균열폭이 작은 경우에 유리하다고 하는 등의 장점도 있다. 주입용 수지로서 필요한 성질은, ① 균열폭의 대소에 따라서 점도를 조정하기 용이하여 균열세부까지 주입이 가능한 것, ② 기초콘크리트의 견습에 관계없이 접착력이 충분한 것, ③ 사용시의 온도에 따라서 사용시간을 쉽게 조절할 수 있을 것, ④ 경화수축이 작고, 인장·휨·압축강도 및 탄성계수 등의 기계적 성질이 가능한 한 콘크리트와 유사할 것, ⑤ 내구성, 내후성이 양호한 것이어야 한다.

#### 2) 레진콘크리트용 수지

레진콘크리트용으로 이용되는 수지는 에폭시수지와 폴리에스테르 수지이고, 이것에 미립의 충전재, 잔·굵은 골재를 혼합하여 레진콘크리트를 제조한다. 콘크리트 부재의 단면수복 등에는 거꾸집을 설치해 골재를 채워넣고 골재간극중에 수지를 주입하는 프리팩트(Prepack) 공법으로 시공한다.

#### 3) 접착용 수지

접착용 수지에는 에폭시 수지, 폴리에스테르 수지 등이 있으나 에폭시수지가 많이 사용되는데, 접착용 수지는 콘크리트 부재에 강판을 접



<표 5. 7> 에폭시수지 품질규격 예

項目	日本道路公團			首都高速鐵道公團					阪神高速鐵道公團					建設省	
	Seal용	鋼板 주입용	보주입용	EPX-1 (압착용)	EPX-2 (Seal제)	EPX-3 주입용	EPX-3C (균열주입용)	빠데 Seal용	콘크리트 그라우트용	신구콘크리트 조인트용	레진 모르타르	레진 콘크리트	Seal材	주입제	橋梁修繕(鋼板接着公法) 工事修記 方法書
比重	1.7±0.2	1.2±0.2	1.2±0.2	1.1~1.9	1.1~1.9	(허용오차 : 5%)		1.5~1.9	1.1~1.4	1.1~1.4	1.0~1.4	1.0~1.4	1.7±0.2	1.2±0.2	
粘度 (cP)	-	2000± 1000	5000± 2000	35000 65000	-	6000이상 (9000이상)	-	-	2000± 1000	5000± 2000	5000이하	-	-	5000이하	
可 使 時 間 (min)	60이상	30이상	30이상	60이상 [ 60이상 ]	60이상 [ 60이상 ]	60이상 [ 60이상 ]	-	-	-	-	-	-	60이상	30이상	
壓 縮 降 伏 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	550이상	500이상	500이상	700이상 (700이상)	700이상 (700이상)	700이상 (700이상)	600이상	600이상	600이상	500이상	350이상	300이상	600이상	600이상	
引 長 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	200이상	200이상	200이상	200이상 (160이상)	200이상 (160이상)	200이상 (160이상)	200이상	200이상	300이상	200이상	100이상	100이상	200이상	200이상	
靱 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	350이상	400이상	400이상	400이상 (320이상)	400이상 (320이상)	400이상 (320이상)	350이상	350이상	500이상	400이상	150이상	150이상	350이상	400이상	
引 長 剪 斷 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	100이상	100이상	100이상	150이상 (120이상)	100이상 ( 80이상 )	150이상 (120이상)	100이상	100이상	100이상	70이상	100이상	100이상	100이상	100이상	
衡 擊 強 度 (kg·cm/cm <sup>2</sup> )	1.5이상	1.5이상	1.5이상	2.0이상 (1.6이상)	2.0이상 (1.6이상)	2.0이상 (1.6이상)	1.5이상	1.5이상	1.5이상	1.5이상	1.5이상	1.5이상	1.5이상	3.0이상	
壓 縮 彈 性 係 數 (kg/cm <sup>2</sup> )	10 <sup>4</sup> 이상	10 <sup>4</sup> 이상	10 <sup>4</sup> 이상	10 <sup>4</sup> 이상 4×10 <sup>4</sup>	이상	10 <sup>4</sup> 이상	2×10 <sup>4</sup>	2×10 <sup>4</sup>	1.5×10 <sup>4</sup>	1.5×10 <sup>4</sup>	(0.5~2)	(0.5~2)	(1.0~6)	(1.0~6)	
硬 度 (H <sub>n</sub> D)	80이상	80이상	80이상	-	-	-	80이상	80이상	80이상	75이상	70이상	80이상	80이상	80이상	
備 要	20℃, 7일 양생			20℃, 7일 양생 ( )은 50℃ 양생, [ ]은 10℃ 양생시					20℃, 7일 양생					20℃, 7일 양생	

<표 5. 8> 예폭시수지 모르터 · 콘크리트의 품질규격 예

機關	日本道路協會	日本道路公團			阪神高速道路公團		
規準等	道路橋伸縮 裝置 便覽	維持修繕等 共通方法書		設計要領, 第二集	土木補修工事 共通 方法書		
種 別 項 目	수 지 모르터 (1:5)	수 지 모르터 (1:5)	수 지 콘크리트 (1:3:5)	수 지 모르터	수 지 모르터 (1:4)	수 지 모르터 (1:5)	수 지 콘크리트 (1:3:5)
	비 중	2.05±0.3	2.15±0.10	2.25±0.10	2.15±0.10	1.9~2.3	1.95~2.35
휨강도(kg/cm <sup>2</sup> )	-	250이상	170이상	250이상	250이상	250이상	150이상
압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )	500±50	500이상	500이상	500이상	500이상	500이상	500이상
압축탄성계수(kg/cm <sup>2</sup> )	45000±500	(4~8)×10 <sup>4</sup>	1.0×10 <sup>5</sup> 이상	(4~8)×10 <sup>4</sup>	4×10 <sup>4</sup> 이상	4×10 <sup>4</sup> 이상	3×10 <sup>4</sup> 이상
압축최대변형	(270±10)×10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-	-	-

착하는 경우 및 콘크리트 부재끼리 접촉할 경우 및 기설 콘크리트에 새로운 콘크리트를 접목하는 경우의 조인트에의 도포 등에 이용된다.

#### 4) 도막용 수지

도막용 수지로서는 반응경화형 에폭시수지, 폴리우레탄 수지, 프란 수지, 폴리에스테르 수지 등이 있고, 저점도의 것이 이용되는 경우가 많다. 최근에는 염해 및 알칼리 골재반응 또는 동결융해에 의한 열화가 시작된 콘크리트 부재에 대하여 열화진행방지를 위한 도장을 행하는 것이 증가하고 있는데, 이와 같은 목적으로 수지를 이용하는 경우는, ① 콘크리트와의 부착성이 좋을 것, ② 콘크리트의 변형에 충분히 추종할 수 있는 것, ③ 내후성을 가져야 하는 것 등의 성능이 요구된다.

#### (2) 강화플라스틱(FRP, Fiber Reinforced Plastic)

FRP는 유리섬유를 주요 보강재로 하는 저압성형용 열경화성 수지의 적층성형품이다. FRP의 수지로서는 에폭시, 불포화 폴리에스테르, 그밖의 수지가 이용되지만, 에폭시수지를 이용한 FRP는 강도 및 내구성이 우수하기 때문에 널리 이용되고 있다. 구조물 보수용의 FRP는 보강재로서 일반적으로 로빙 크로스

(Roving-close)가 이용되는데, FRP의 영계수는 일반적으로 플라스틱 정도이고 콘크리트에 비해서 작기 때문에 강성이 거의 관계없는 부분에 이용할 필요가 있다.

#### (3) 시멘트

각종 시멘트 중에서 보수용으로는, ① 조강포틀랜드 시멘트, ② 초조강포틀랜드 시멘트, ③ 초속경 시멘트, ④ 알루미늄 시멘트 등과 같은 경화속도가 빠른 것이 주로 이용된다.

### 5. 4 보수 · 보강공법의 선정

보수 · 보강공법의 선정에 있어서는, 그 목적 · 효과의 평가, 기술신뢰도 및 각종 조건설정의 비중을 두는 쪽에 따라서 선택폭도 크다. 예를들어, 유지관리의 중요성을 환기시켜 주게 되었던 “황폐한 미국의 공공시설”로 소개되어 있는 미국의 교량 RC상판에 적용된 보수방법에는 각종의 공법이 채용되고 있지만, 기술 · 평가가 확립되어 있지 않은 단계에서는 피할 수 없는 면도 있다. 따라서 보수 · 보강에 있어서는 정량적 근거를 기초로 함과 함께 보수 · 보강 후에는 추적조사를 행하여 효과를 평가할 필요가 있다. 또한 보수 · 보강공법에 있어서는 RC상판의 강판접착공법과 같이 완성단계에서 소요단면이 결정되지 않기 때문에 시공조건상



으로부터 결정되는 경우 또는 시공도중 단계에  
서의 조사가 필요한 경우도 있다.

바람직한 보수·보강공법을 선정할 때에는  
① 경제적이고, ② 재료의 품질이 좋은 것이  
며, ③ 설계이론이 분명한 것이어야 하고, ④  
시공기간이 짧아야 한다. 또한, ⑤ 안전성이  
문제가 되지 않고, ⑥ 미관상 문제가 없으며,  
⑦ 환경문제가 적은 것이어야 한다.

### 5. 5 보수·보강후의 검사 및 사후의 문제

#### (1) 추적 점검

보수·보강후에는 재료검사, 시공완성 후 검  
사 및 보수·보강부재의 품질, 성능이 시간경  
과에 따라 소정의 효과를 발휘하는지 추적점검  
을 확인하여야만 한다.

보수·보강을 위한 검사요령으로는, ① 각  
시공단계에서 검사항목을 설정하고, ② 검사내  
용과 방법을 설정하며, ③ 검사수량을 설정하  
고, ④ 규격값을 설정하여야 한다.

#### (2) 앞으로의 과제

우리나라의 경우 콘크리트 구조물의 유지관  
리 및 보수·보강에 관해서는 초보적인 단계  
에 접어들었을 뿐이며, 현 상태에서는 열화·  
손상의 정량화, 그리고 이것을 보수하는 경우  
의 재료요건에 대한 적합성의 판단기준을 확실  
하게 정량적으로 확립된 것도 없고, 특히 수지  
재료는 사용경험이 비교적 적은 것도 있어서  
앞으로 검토해서 적용해야만 할 과제가 되고  
있다. 또한, 아직까지 보수·보강공법에 관한  
정확한 기술이 확립되어 있지 않기 때문에 이  
에 대한 연구개발 및 기술 축적이 요구되고 있  
다.

따라서 새로운 보수·보강재료를 개발하고  
열화·손상을 받는 구조물에 정확한 새로운  
보수·보강공법을 개발할 필요가 있다. 그리  
고, 완성 구조물의 품질안정을 검사하기 위한  
비파괴시험법을 도입하고, 보수·보강효과의  
확인을 위해 확실하고 신속한 검사법이 도입되

어야 할 것이다.

### < 參考文獻 >

1. Vlight, G. E., et. al., "The repair of rein-  
forced concrete structures affected by  
alkali-aggregate reaction", Civ. Eng. S,  
Afril 26[11], 1984.
2. Okada, K., et. al., "Chloride corrosion of  
reinforcing steel in cracked concrete",  
Pub. ACI SP-65, 1980.
3. Berkovitch, I., "Maintenance concrete",  
Middle East Constr [11], 1980.
4. Fattuhi, N. I., et. al., "Testing repair  
materiasls for concrete cracks", Durabili-  
ty Build Mater 3[1], 1985.
5. "Proposed ACI standard 530.4 : Standard  
specification for repairing concrete with  
epoxy mortars", J. of ACI 75[9] pp. 454-  
459, 1978.
6. Miller, J. B., "Chloride removal and cor-  
rosion protection of reinforced concrete",  
Proc. of Strategic Highway Research Pro-  
gram and Traffic Safety on Two Conti-  
nents in Gothenburg, Swedish Road and  
Traffic Research Institute, Set. 1989.
7. 岡田 清 外, 「土木構造物の診断」, 1990.
8. 「コンクリートのひびわれ調査, 補修·補  
強指針」, 日本コンクリート工學協會,  
1989.
9. 竹中貞夫: 「コンクリート構造物の非破壊  
検査」, 鐵道土木 25[5], pp. 361-369,  
1989.
10. 「鐵筋コンクリート造のひびわれ對策(設  
計·施工)指針案, 同解説」, 日本建築學會.
11. 「コンクリートのひびわれ防止對策」, 建  
築業協會, 建築現場安全施工委員會
12. 大澤茂樹: 「既存コンクリートの塗裝に  
よる補修·改修」, 塗裝工學 21[1] pp. 31-  
50, 1986.

13. 戸塚 學：篠原敬治：「鐵筋コンクリート造建物のひび割れとの樹脂補修ポイント」, 建築士と實務 6[9] pp. 33-39, 1983.
14. 佐藤直昭：「建築・土木の接着技術と新工法・新材料」, 建築界 32[1] pp. 72-79, 1983.
15. 小林茂敏, 森浜知正, 高橋正志, 高橋弘人：「非壊形式の異なるRCげりの樹脂注入補修効果」, セメント技術年報 [37] pp. 549-552, 1983.
16. Tabor, L. J., "The evaluation of resin systems for concrete repair", Mag. Concr. Res. 30[105] pp. 221-225, 1978.
17. Raithby, K. D., "Crack control in concrete beams by surface reinforced with glass fibers", PB Rep[PB81-135105] 26p, 1980.
18. 江口博昭：「エポキシ樹脂によるコンクリートクテック補修工事について」, 防水ジャーナル 12[3] pp. 75-79, 1981.
19. 片脇清士：「鹽害とひびわれコンクリート構造物の腐食とひびわれ」, セメントコンクリート [451] pp. 94-102, 1984.
20. 高村昭久, 山崎鷹生, 幸左賢人：「コンクリート構造物の維持と補修」, 橋りょう 21 [6] pp. 51-57, 1985.
21. 森 光作：「補修・補強の必要となる構造物の設計・施工上の問題点」, コンクリート工學, 14[12] pp. 74-80, 1976.
22. 鶴田康産：「材料, 合成樹脂と中心にコンクリート構造物の補修・補強」, コンクリート工學, 14[12] pp. 65-69, 1976.
23. 鶴田康産：「コンクリート構造物のひびわれ補修方法」, コンクリート工學, 14[12] pp. 55-64, 1976.
24. 加賀秀治, 武田一久：「ひび割れの原因調査と補修対策」, 施工[109] pp. 129-144, 1975.
25. Crumpton, C. F. et. al, "Epoxy injection repairs delaminated bridge decks", Civ. Eng., 44[11] pp. 55-57, 1974.
26. 嶋谷宏文ほか：コンクリート硬化體の表層に及ぼす無機質系弾性補修材の影響について, セメント技術年報 42, pp. 351-354, 1988.
27. 富田六郎, 松里廣昭, 城所卓明：補修用ポリマーセメント系材料の遮鹽性, セメント・コンクリート論文集 43, pp. 526-531, 1989.
28. 小野博宣, 大岸佐吉, 棚橋 勇：新素材無機ポリマー含浸モルタルの遮水, 遮鹽, 中性化等の抑制効果, セメント・コンクリート論文集 44, pp. 442-447, 1990.
29. 松林裕二 ほか：鐵筋防汚材及び断面修履材による鐵筋コンクリート造の鹽害劣化補修効果に關する研究(その2. 鐵筋の腐食状況および補修効果), 日本建築學會大會學術講演梗概集 A, pp. 145-146, 1990.
30. Bickley, J. A. and Liscio, R. : Repair and Protection Systems for Parking Structures, Concrete International, Vol. 10, No. 4, pp. 21-28, 1988.
31. Vaysburd, A. M. : Rehabilitation of an Elevated Roadway Bridge, Concrete International, Vol. 12, No. 9, pp. 45-50, 1990.
32. 鳥場明生 ほか：コンクリートの中性化に及ぼす含浸材の効果, 日本建築學會大會學術講演梗概集 A, pp. 253-254, 1987.
33. 宮谷利平 ほか：かぶりコンクリート欠損部の補修方法に關する實驗的検討(その1) 實驗計劃, 日本建築學會大會學術講演梗概集 A, pp. 413-414, 1989.
34. Papadakis, V. G., Fardis, M. N., Vayenas, C. G. : Effect of Composition, Environmental Factors and Cement-Lime Mortar Coating on Concrete Carbonation, Materials and Structures, Vol. 25, No. 149, pp. 293-304, 1992.
35. 宮本文穂, 大村英幸, 栗原愼介, 栗原正 : ARS 判定システムの實用化に關する基礎

- 的研究, *セメント技術年報* 42, pp. 323-326, 1988.
36. Cohen, M. D. and Mather, B. : Sulfate Attack on Concrete-Research Needs, *ACI Materials Journal*, Vol. 88, No. 1, 1991.
37. Detwiler, Dalgleish and Williamson : Assessing the Durability of Concrete in Freezing and Thawing, *ACI Materials Journal*, Vol. 86, No. 1, 1989.
38. 牛鳥 榮ほか: 콘크리트劣化防止塗膜材のひびわれ追従特性に関する研究, *コンクリート工學年次論文報告集*, Vol. 12, No. 1, pp. 579-584, 1990.
39. Kline, T. : Crack Repair An Engineer's Perspective, *Concrete International*, Vol. 13, No. 6, pp. 47-49, 1991.
40. 富田六郎, 井上 潔, 綾口陸史: ポリマーセメント系材料で補修したはり試験體の繰返し載荷試験, *セメント技術年報* 40, pp. 487-490, 1986.
41. 北後征雄, 瀧本昌一, 峰松敏和: 補強鐵筋と吹付けモルタルを用いた既設構造物の補強に関する研究, *セメント技術年報* 40, pp. 487-490, 1986.
42. 峰松敏和, 野村和弘, 内田美生: 超速硬セメント・コンクリートと既設コンクリートとの打継目附着特性, *セメント技術年報* 40, pp. 245-248, 1986.
43. Andrews, G. and Sharma, A. K. : Repaired Reinforced Concrete Beams, *Concrete International*, Vol. 10, No. 4, pp. 47-51, 1988.
44. Trikha, D. N. et al. : Repair and Strengthening of Damaged Concrete Beams, *Concrete International*, Vol. 13, No. 6, pp. 53-59, 1991.
45. 重倉裕光ほか: RC部材の補修工法に関する研究, *日本建築學會大會學術講演梗概集*, A, pp. 417-418. 1988.

## 기술서적출간

### 特殊 콘크리트 製造, 特性 및 活用

레미콘산업의 기술개발과 새로운 기술정보 보급을 목적으로 당협회는 오랜기간의 준비와 동시에 저자의 연구성과를 집대성하여 드디어 「특수콘크리트-제조, 특성 및 활용」을 출간하게 되었습니다.

레미콘 관계실무자 및 연구자에 유익한 참고서로서 역할을 다할 것으로 확신합니다.

#### ■ 주요내용

- 고성능 및 고강도 콘크리트
- 폴리머 콘크리트
- 섬유 콘크리트
- 경량 콘크리트

■ 저 자 : 오 병환(서울대 토목공학과 교수)

■ 면 수 : 국판 204쪽

■ 발 행 : 한국레미콘공업협회

■ 보급가 : 8,000원

■ 문 의 : 서울 강남구 역삼동 726(아세아 타워 6층) 한국레미콘공업협회 기획과  
TEL : (02)566-7162, FAX : (02)554-7420