

철근콘크리트 구조물의 열화진단 및 보수에 관한 국내 현황

심 종 성
한양대 토목공학과 조교수

1. 머리말

철근콘크리트구조물은 건설공사비가 상대적으로 저렴하고, 그 수명이 반 영구적이기 때문에 토목 및 건축 구조물에서의 적용은 날로 증가하고 있는 추세이다. 한국레미콘 공업협회의 통계자료에 따르면 1966년 국내 레미콘 생산 시설은 1개 회사로서 연간 약 4천m³뿐이었으나, 1990년 6월에는 218개의 회사에서 연간 약 5천만m³의 생산실적을 보유하고 있는 것으로 나타났다.

그러나 각종 콘크리트구조물은 그의 내구성을 저해하는 내적 또는 외적 요인으로 인하여 발생하는 열화현상, 즉 표면붕괴, 박리, 균열 등에 의한 결함을 보수하여야만 하는 사례가 늘고 있다. 콘크리트 구조물의 내구성에 영향을 미치는 요인으로는 불량한 시공관리, 건조수축, 온도변화, 콘크리트의 수분흡수, 철근의 부식, 등결용해, 충격과, 화학반응, 마모, 피로, 불량한 설계시공, 그리고 설계상의 오류 등을 들 수 있다. 상기 나열된 각각의 원인으로 인한 열화현상은 일정한 형태로 나타나지만, 일반적으로 콘크리트구조물에 발생하는 결함은 단 한가지의 원인이 아닌 복합적인 요인에 의하여 발생되기 때문에 열화형태도 복합적이 될 수 밖에 없으며 따라서 열화된 구조물을 진단하여 그 원인에 따라 구조물을 보수하는 작업

은 매우 어려운 문제이다.

본 기술정보기사에서는 현재 국내외에서 적용되고 있는 철근콘크리트 구조물의 각종 열화현상에 대한 원인진단방법 및 열화정도에 따라 실행되고 있는 각종 보수공법 및 보수재료를 체계적으로 정리하고, 철근콘크리트구조물의 진단 또는 보수 및 보강을 위한 전문업체의 필요성을 우리나라와 유사한 실정에 있는 외국의 예를 들어 언급하고자 한다.

2. 진단방법 및 판정기준

열화된 콘크리트구조물에 대해서는 균열, 박리, 중성화, 알칼리 반응 등을 검사하는 콘크리트에 대한 조사, 철근부식에 대한 철근조사, 기초지반의 상황조사, 설계도서에 의한 구조물조사, 화학작용, 온도 등을 포함하는 환경조사, 그리고 교통량 또는 진동 등에 대한 기능성조사 등으로 분류될 수 있으나, 이들을 진단방법에 따라 크게 육안에 의한 진단방법, 물리적 진단방법, 화학적 진단방법, 그리고 비파괴시험(NDT : Non-Destructive Test)에 의한 진단방법 등으로 분류될 수 있다.

2.1 육안에 의한 진단방법

육안에 의한 진단방법이란 콘크리트구조물의 외관상태를 육안에 의하여 노후화 정도를 판단하는 방법을 말한다. 이 방법에서는 구조물을

육안으로 조사하기도 하지만, crack scale, 자 등을 사용하여 간단한 치수를 측정하기도하며, 칼이나 못으로 콘크리트 표면을 긁어서 표면경도를 조사하기도 한다. 균열에 대해서는 균열의 방향, 길이, 폭 등을 조사하며, 박리나 표면 붕괴에 대해서는 단면결손 부분의 형상의 크기와 발생위치를 조사한다. 또한 골재의 노출상태 및 표면에서 떨어진 paste나 mortar의 두께를 측정하기도 한다. 육안에 의한 조사방법은 표면상태에 따라서 구조적으로 안전, 내구성 부족, 또는 내구성 결여 등으로 분류한다.

2.2 물리적 진단방법

물리적 진단방법이란 미리 준비된 콘크리트 시편이나, 현장에서 채취한 core를 대상으로 물리적인 실험방법을 통하여 사용된 콘크리트의 물성을 판단하는 방법을 말한다. Core를 현장에서 채취하여 행하는 물리적 시험에는 동결융해시험과 압축강도측정시험이 있다. 동결융해시험에 의한 내구성의 예측 및 진단방법에는 KS F 2456(ASTM666 A법)이 있다. 이 실험에서는 재료비교시험을 실시하고, 심한 자연조건하에서의 실험을 통해 구조물의 내동결성능을 예측하게 되는데 300사이클 내구성지수가 60 이상이면 충분히 내구적이며, 200사이클의 내구성지수가 80이상이면 안전하다고 판정한다. 또한 굳지않는 콘크리트의 용적에 관한 시험방법으로서 콘크리트의 공기량을 측정하는 KS F 2449 시험방법이 있다. 이 실험으로 부터 내구성의 판단은 동결융해를 받는 콘크리트의 경우, 공기량이 25mm골재에 5.0%이상이면 양호한 것으로 판정한다. 콘크리트의 압축강도를 측정하기 위한 core boring법은 실제 콘크리트의 압축강도가 설계상의 필요강도를 확보하고 있는지를 구조물에서 직접 boring machine으로 core를 채취하여, 열화의 원인을 추정하기 위한 목적으로 수행한다. Core공시체의 압축강도 시험방법은 KS F 2422(ASTC39)에 따르며 이 실험으로 부터 실측치가 설계치가 표준편차의 합보다 크면 안전한 것으로 판정한다.

2.3 화학적 진단방법

화학적 진단방법이란 콘크리트 구조물을 구성하고 있는 콘크리트의 물성을 화학적인 실험을 통하여 예측하는 기법을 통틀어서 말한다. 화학적 진단방법에는 중성화시험, 알카리-골재반응시험, 염화물에 대한 시험 등을 대표적인 것으로 들 수 있다.

중성화시험이란 core 절제면 또는 현장절삭 V cut 절취면에 1%의 페놀프탈레인(phenolphthalein)용액을 분무하여, 콘크리트 core 및 절취면의 중성화 정도를 진단하는 방법이다. 중성화 시험에서는 페놀프탈레인 용액을 분무하여 측정할 때, 측정면의 상황에 따라 시약의 분무시기 및 중성화 깊이의 측정시기를 규정된 시간에 실시하는 것이 매우 중요하다.

중성화에 의한 콘크리트구조물의 내구성 평가는 실측한 각 점에서 중성화시험시기의 콘크리트재령, 중성화의 깊이 및 철근의 피복두께



그림 1. 중성화시험에 의하여 확인된 열화된 부분의 파쇄장면

와의 관계로부터 잔존수명을 추정함으로써 내구성에 대한 평가를 한다(그림1.참조).

알카리 골재반응에 의한 콘크리트 열화진단 방법은 실내 core실험으로써 골재의 반응시험, 현장 core 채취에 의한 실험으로써 gel 성분분석 또는 팽창시험 등이 있다. 실내에서 core를 제작하여 행하는 실험에서는 시료에 대한 균열, 동탄성계수저하율 및 초음파속도저하율을 측정하여 골재에 대한 알카리 반응성의 유무를 판정한다. 알카리 골재반응을 세분하면 알카리-실리카 반응, 알카리-탄산염 반응 등이 있다.

염화물에 의한 콘크리트 구조물의 열화는 콘크리트가 염화물 자체에 의하여 피해를 입는 것이 아니라, 콘크리트가 염분용액으로 인하여 전기적 유도체가 됨으로써 철근이 부식하게 되어 발생한다. 철근이 부식하게 되면 체적팽창을 일으키게 되며 이로인해 콘크리트 피복에 균열이 발생하거나 박리현상이 일어나게 된다. 따라서 염화물에 의한 구조물의 열화정도를 측정하는 방법은 콘크리트내의 염분함유량을 직접 측정하거나, 철근의 부식정도를 측정하는 방법이 있으며 열화도는 잠복기, 진전기 및 열화기로 나누어 진다.

잠복기는 구조물이 건전한 상태로 피복 콘크리트 속으로 염소이온이 침투되어 축적된 상태이며, 진전기는 대부분 건전한 상태이며, 열화기는 철근 축 방향으로 균열이 발생하고, 부식생성물이 유출되며, 피복콘크리트에 박리현상이 나타나는 단계이다.

2.4 비파괴시험(NDT : Non-Destructive Test)에 의한 진단방법

비파괴시험에 의한 진단방법이란 대상구조물에 피해를 줌이 없이 구성된 콘크리트 및 철근의 상태를 진단하는 방법을 일컫는다. 최근 널리 사용되는 비파괴시험은 크게 표면타격법, 음향적 방법, 국부파괴법, 전기적법, 자기법, 방사선법, 중성자법 등으로 분류된다.

2.4.1 표면타격법

표면타격법에는 경도법 및 반발경도법이 있다. 경도법에는 Williams Testing Pistol법,

Frank Spring Hammer법, Einveck Pendulum Hammer법 등이 있으나 최근에는 거의 사용되지 않는다.

반발경도법에 속하는 Schmidt Hammer법은 일반 콘크리트 구조물(N형), 벽(P형), 경량 콘크리트 구조물의 압축강도 측정에 적용되며, 비파괴시험중에서 가장 많이 사용되고 있다(그림2.참조).

이 방법은 측정이 간편하고 측정물의 크기, 형상에 관계없이 적용가능한 반면에 콘크리트 구조물의 내부품질을 판정할 수 없는 단점이 있다. Schmidt Hammer에 의한 강도 판정은 $R_o=R+\Delta R$ 로서 행한다.

여기서, R_o 는 기준경도, R 은 측정경도이며, ΔR 은 타격방향, 압축응력 혹은 양생환경에 따른 보정치이다. 또한 시공후 시간이 지나 건조상태로 보호된 콘크리트는 추정된 실제보다 상당히 큰 값으로 나타나므로 윗식에서 구한 압축강도에 시간경과계수를 곱한 값을 압축강도로 한다.



그림 2. P형 Schmidt Hammer법의 현장적용예

2.4.2 음향적 방법

이 방법에는 공진법, 음속법 그리고 Acoustic Emission법이 있다. 공진법에는 종.횡 진동법과 비틀진동법이 있으며, 이 방법은 원주 및 각주형 시편에서 동탄성계수, 대수감쇄율, 포와송비 측정에 적용된다. 장점으로는 시편에 대한 적용결과가 정확하고 콘크리트의 평균적인 성질을 알 수 있으나, 피측정물의 형상 및 크기에 제약이 있어 현장 활용에 곤란하다는 단점이 있다.

초음파법에 의한 측정방법은 transducer에 따라 직접법, 반직접법, 간접법으로 구분된다(그림3.참조). 초음파법에서는 초음파 pulse의 전파시간을 측정하게 되는데 측정된 시간에 따른 전파속도에 의하여 구조물의 결함위치 및 균열상황 또는 열화정도를 예측할 수 있다. 초음파법의 장점은 시편의 형태에 무관하고 어떤 형태의 콘크리트 구조물에도 적용가능하며, 콘크리트 내부의 품질변화를 알 수 있다는 점이



그림 3. 초음파법(직접법)에 의한 철근콘크리트보의 열화정도 측정장면

다. 반면에 표면이 거친 콘크리트에 적용하기 어렵고, 측정결과와 정확성은 측정자에 의해 어느 정도 좌우되는 단점이 있다.

충격파법과 위상법은 포장콘크리트 구조물, 벽 등에 적용되며, 측정항목은 충격파의 전파시간, 횡.종파의 파장 등이다. 이 측정치로부터 구조물의 안전도를 추정한다.

Acoustic Emission법은 고체재료의 파괴에 수반되어 발생하는 음파로 모든 시편, 구조물, 벽 등을 진단한다. AE파동은 미소파괴에 의해 발생하는 탄성파동으로서 지진파보다 발생파동의 주파수 성분이 높다. 이 AE법의 콘크리트 구조물에서의 적용은 현재 연구 단계에 있다.

2.4.3 국부파괴법

국부파괴법에는 관입저항법, 인발법 및 곡강도법이 있다. 관입저항법에는 Simbi Hammer법, Spit Pins법, Windsor Probe법이 있고, 이 방법에서는 일반콘크리트 구조물에 pin을 타격하여 관입깊이를 측정함으로써 압축강도를 추정한다. 이 방법은 측정이 용이하지만 화약을 사용하여 타격함으로써 위험하고, 시험 후에 보수를 필요로 하는 단점이 있다.

인발법(Pullout법)은 일반콘크리트 구조물에 적용되며, 이미 매립된 못, 볼트 등의 인발내력을 측정하여 압축강도를 추정한다. 이 방법은 강도추정의 정도가 비교적 좋으나, 콘크리트 타설전에 사전준비가 요구된다. 곡강도법(Break off법)은 일반콘크리트 구조물에 적용되며, core를 절취한 후 곡강도를 구하여 압축강도를 추정한다.

2.4.4 전기적법

전기적법은 철근의 부식상태를 조사하기 위한 비파괴 시험방법으로서, 전위도법(전위map법), 전기저항법, 전기저항probe법, 분극측정법 등이 있다.

전위도법(전위map법)은 자연전극전위를 측정하여 각주, 벽 등의 철근부식상태를 추정하는 데 유용하다. 철근의 전위측정법은 철근과 조합전극을 전압계의 단자에 도선으로 연결하고, 콘크리트 표면을 따라 조합전극을 이동시켜 여러점에서 철근전위를 측정한다. 측정된

전위차의 값은 ANSI/ASTM C876의 판정기준에 따르면, 전위(V(volt))가 -0.20 이상이면 부식확률은 5% 이하이며, $-0.20 \sim -0.35$ 이면 부식확률은 약 50%, 전위가 -0.35 이하이면 부식확률은 95% 이상이라고 판정한다.

전기저항법은 콘크리트 표면에 4개의 전극을 등간격으로 병렬연결하고, 양단의 전극 사이에 전류(직류 또는 교류)를 흐르게 하여 전극사이의 전위차를 측정한다. 이로부터 저항율을 산출한다. 콘크리트의 저항율과 철근의 부식성과의 관계에서 콘크리트 저항율($\Omega \cdot \text{cm}$)이 10.0 이하이면 철근의 부식성은 크며, 10.0~20.0이면 철근의 부식성은 작고, 20.0 이상이면 철근의 부식성은 없는 것으로 판정한다.

전기저항 probe법에 의한 측정은 선 또는 판 모양으로 된 특수 형상의 강재 probe를 콘크리트내에 설치하여, 부식으로 생긴 probe의 전기저항의 증가로 부터 철근의 부식량을 구하는 방법이다. 이 측정법은 철근부식량을 정량적으로



그림 4. 자기법(Profometer)에 의한 구조물의 열화정도 측정장면

로 측정할 수 있는 잇점이 있으나, 부식이 국부화되어 있는 경우에는 측정결과 해석이 용이하지 않는 단점이 있다.

분극측정법에는 직선분극법과 교류임피던스법이 있다. 직선분극법은 외부에서 미소한 전류를 가해 10~20mv의 전위변화를 발생시키는데 필요한 전류를 측정하여 부식전류를 구한다. 교류임피던스법은 외부로 부터 철근에 10~20mv의 미소한 교류신호를 주어, 임피던스의 주파수 해석에 의해 부식정도를 구한다. 그러나 이 측정방법은 실험적연구에서 그 유용성이 입증되었으나, 실제 구조물에서의 적용은 측정기술상의 어려움으로 연구개발이 필요한 분야이다.

2.4.5 자기법

자기법에는 파코메타(pachometer)법과 카비메타법이 있다. 자기법은 각주, 벽, 슬래브에서 철근의 존재에 따른 자기코일의 전류변화로 부터 철근의 위치를 탐사한다. 이 측정법은 측정이 비교적 용이하고, 동일장소에 반복측정이 가능한 잇점이 있으나, 철근이 많거나 깊게 삽입된 경우에는 철근의 탐사가 용이하지 않은 단점이 있다(그림4.참조).

2.4.6 방사선 및 중성자법

방사선법에는 x선법, γ 법(Radio Graphy법, Radio Meter법)이 있다. 방사선법은 주로 각주, 벽, 슬래브 등에 방사선을 투과하여 철근의 두께, 위치, 그라우트의 충전도, 콘크리트 공동 등 결함을 탐사한다. 이 측정법은 콘크리트 내부 상황을 직접 관찰할 수 있다는 큰 잇점이 있으나, 방사선에 의한 위험과 장비가 고가인 단점이 있다. 중성자법에는 중성자함량추정법과 중성자활성화분석법이 있다. 중성자법은 각주, 벽, 슬래브 등에 중성자 감쇄상황을 측정하여 함수율 및 단위시멘트량을 추정한다. 이 측정법은 정확도가 비교적 높으나, 방사선의 위험과 장비가 고가이며, 대형인 단점이 있다.

2.4.7 기타

상기 언급된 비파괴시험법 이외에 Micro Wave흡수법과 간역투기법이 있다. 이 두 방법은 현재 연구단계에 있으며, 그 측정대상은 각

주, 벽, 슬래브 등이며, 이러한 시험은 함수율과 투기성을 측정하기 위한 시험이다.

3. 보수공법

일반적으로 콘크리트 구조물의 앞서 언급되었던 각종 열화에 대한 진단방법을 통하여 열화의 정도 및 그의 원인이 밝혀지면 이를 근거로 행하여 진다. 현재까지의 보수공법은 균열에 대한 보수 그리고 박리 및 표면봉괴에 대한 보수공법으로 나누어질 수 있다.

3.1 균열에 대한 보수공법

균열의 보수는 균열의 길이, 폭 또는 보수 목적에 따라 적합한 방법을 선정하여 진행한다. 균열에 대한 보수공법의 종류는 표면처리공법, 충전 및 주입공법 그리고 강제앵카 및 포스트스트레스를 이용하는 공법 등이 있다.

3.1.1 표면처리공법

이 공법은 균열을 따라 콘크리트 표면에 피복을 설치하는 방법으로 통상은 좁은 균열(0.2mm이하)에서 구조적인 강도 회복을 목적으로 하지 않는 경우에 이용된다. 표면의 피막용 재료는 그 구조물의 사용목적에 따라 적당한 것을 선택하지만 일반적으로는 에폭시(epoxy)계 수지 혹은 글라스 클로스계 수지를 사용하며 균열 폭이 변동하는 균열에서 방수 목적으로 행하는 경우에는 신장성이 있는 타르, 에폭시(epoxy) 등을 사용하고 있다. 균열의 간격이 좁고 많이 존재하는 경우에는 표면전체에 피막을 설치하는 방법이 사용되고 있으며 이 경우에도 상기 언급된 각종 보수재료가 이용될 수 있다. 또한 수지에 의하지 않는 방법으로서 몰탈(mortar)불어 불이기에 의한 방법 혹은 간단히 방수만을 목적으로 할 경우에는 아스팔트 도포에 의한 방법 등도 행하여지고 있다.

3.1.2 충전공법

균열 폭이 비교적 큰(0.2mm이상) 경우의 보수공법으로서 수지 또는 무기계 재료를 균열에 충전 또는 주입하는 공법이다. 이 중에 수지주입공법은 구조부재의 강도회복의 목적에도 이

용되는 경우도 있다.

충전공법으로는 균열이 발생한 부분을 절취해내고 다시 콘크리트로 충전하는 공법과 절취한 부분에 충전재를 넣어 보수하는 방법이 있다. 이 방법에는 V형과 U형이 있지만 U형은 떼어내기가 곤란하여 일반적으로 V형이 사용되고 있다. 수지 몰탈충전인 경우에는 V형에도 문제가 없으나 몰탈충전의 경우에는 탈락하기 쉽기 때문에 반드시 U형이 요망된다. 충전공법의 시공은 절취후 콘크리트 조각을 와이어 브러쉬로 청소하여 제거한 후 필요에 따라 프라이마를 도포하고 충전재를 메워 충전재가 충분히 경화한 후, 표면을 글라인더 혹은 샌더 등으로 평활하게 마무리 하는 공정이 일반적이다.

3.1.3 주입공법

주입공법은 표면의 균열뿐 아니라 내부까지도 충전하는 공법이다. 주입용 재료로서는 일반적으로 지점성의 에폭시(epoxy)수지가 이용되고 있다. 주입공법은 균열부위를 따라 주입

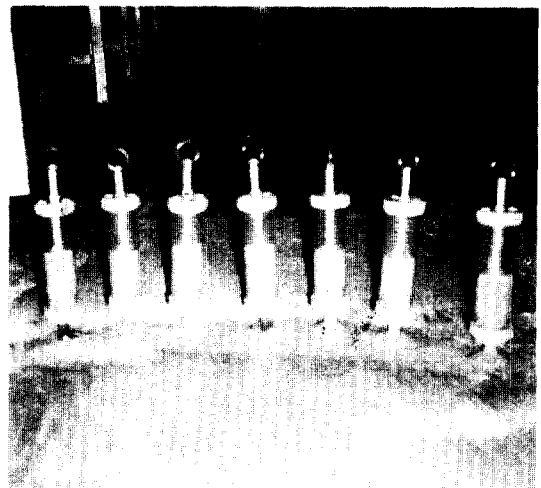


그림5. 주입공법의 시공예

용 파이프를 접착시키고 그 외부분은 V cut 충전, 표면피막 혹은 접착테이프 등으로 주입재가 흘러 나오지 않도록 하여 진동펌프, 누름 또는 제자리 펌프로 수지를 주입한다. 이때 주입하는 속도가 지나치게 크면 실패하거나 과도한 압력이 가해져 균열을 확장시키기 때문에 주의를 요한다(그림5.참조).

3.1.4 포스트스트레스에 의한 공법

포스트스트레스(post stress)공법은 PC강재를 사용하여 열화된 빔에 스트레스를 도입, 인장응력을 감소시켜 균열을 축소시킬 뿐 만 아니라 압축력을 주어 구조물의 내하력을 증진시키는 목적으로 이용된다. 이 공법에는 부재내부에 구멍을 뚫는 방법 이외에도 부재밖에서 스트레스를 도입하는 방법이 있으며, ㄷ형 앵카(stitching dogs)로 균열을 봉합하는 공법이 있다.

3.2 박리 및 표면붕괴에 대한 보수공법

박리 및 표면붕괴의 보수에 쓰이는 주요 공법은 Jacketing, 공기연행몰타르법, 프리팩트 콘크리트(건조포장), 콘크리트의 대치공법 등이었다.

3.2.1 Jacketing

Jacketing이란 열화된 부분에 거푸집을 놓고 새로운 콘크리트로 타설하여 열화된 부분을 보강하는 공법이다. 이 공법은 현재의 부재의 단면을 회복하거나 보강하며 특히 열화된 기둥, 피어, 파일의 보수에서 열화에 대한 내구성 뿐 아니라 강도회복을 주도록 단면을 보강하는 데 이용된다. 이 방법에서는 콘크리트의 수축을 줄이기 위해 혼화물이 흔히 사용된다(그림.6참조).

3.2.2 공기연행몰타르법(Pneumatically applied Mortar)

이 공법은 열화가 상대적으로 좁은 콘크리트 표면의 보수에 쓰이는 데, 침식으로 인해 박리가 생긴 표면을 보수하는 데 특히 유용하며 거의 반 세기 동안 쓰여졌으나 그 효과는 여전히 논의중에 있다. 이 공법에서는 포틀랜드 시멘트, 모래 그리고 물의 혼합물을 압축된 공기로 노즐이나 파이프를 통해 살포하는데, 노즐이나

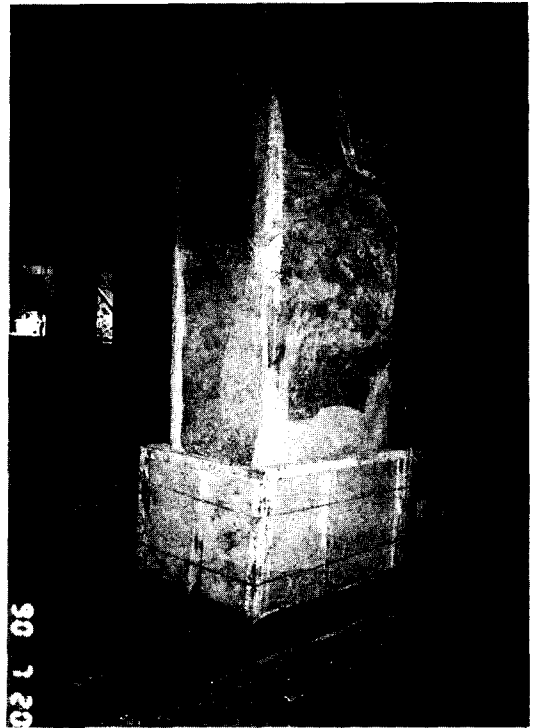


그림6. Jacketing공법의 시공예

파이프를 통해 뿌려지는 혼합물 중에 약 20~30%정도가 rebound된다. 또한 상당히 진행된 작업에서는 몰타르의 침전이 발생한다.

3.2.3 프리팩트 콘크리트

프리팩트 콘크리트란 특정한 입도를 가진 굵은 골재를 거푸집 속에 채워넣고, 그 공극속에 특수한 몰타르(mortar)를 적당한 압력으로 주입하여 만드는 것이다. 이 공법은 거푸집의 시공이 중요하며, 보수시 기초와 거푸집 사이 그리고 거푸집 이음부분에서 주입 몰타르가 새나 오지 않도록 주의해야 한다.

이 공법은 어떤 형태의 보수에도 적용된다. 예를 들면 구조물 내부의 공동을 채우고 토대를 굳히며 피어를 확장하거나 구조물의 표면을 보강하는 jacketing공법에서도 이용된다.

3.2.4 콘크리트의 대치

이 공법은 새로운 콘크리트로 열화된 기존의 콘크리트의 부분전체를 대치하는 데 이용된다. 특히 방수 구조물과 콘크리트단면을 통해 완전

히 열화가 진행된 구조물에서 요구되며 피어, 벽, 수중구조물 등에 적용된다.

4. 보수재료의 종류

보수재료의 선정은 열화현상에 따라 달라지며, 크게 균열에 대한 보수재료와 박리 및 표면봉괴에 대한 보수재료로 구분된다.

4.1 균열에 대한 보수재료

균열에 대한 보수재료로는 에폭시 계통이 널리 쓰이며 균열의 위치, 크기에 따라서 시멘트 페이스트나 시멘트몰탈이 사용되기도 한다. 균열보수에 쓰이는 합성수지재료에 대한 일반적 성질 및 용도는 다음과 같다. 열경화성 수지로 에폭시 수지는 비중이 1.83, 인장강도가 700kg/cm² 정도로 내수성, 내약품성이 크며, 구조용 접착재, 코팅재, 라이닝재, 실링재(sealing)로 쓰인다. 불포화 폴리에스테르수지는 인장강도가 300~700kg/cm²으로 상온에서 경화되고 내약품성이 적으며 에폭시 수지와 같은 용도로 쓰인다. 페놀수지는 인장강도가 250~650kg/cm²으로 내수성, 내열성(-50~150℃)이고 가격이 비교적 싸며 합판 등의 접착재, 구조용코팅재 등으로 쓰인다. 폴리우레탄 수지는 인장강도가 10~15kg/cm²으로 내열성, 내약품성이 크며 실링재(sealing)로 쓰인다.

균열에 대한 보수 재료는 보수방법(즉 표면처리공법, 충전공법, 주입공법, 강제앵카 또는 포스트스트레스를 이용하는 공법) 및 균열의 양상에 따라 선정되며 각 공법에 따른 재료의 종류와 선정방법은 다음과 같다.

표면처리공법에서는 미관을 개선하고 내구성을 증진시키기위한 재료를 선정한다. 균열의 움직임이 클 경우의 보수재료는 폴리우레탄, 폴리사루파이드, 실리콘 등이 쓰이며 균열의 움직임이 비교적 적을 경우에는 에폭시계 재료, 폴리머 시멘트, 아스팔트 및 시멘트몰탈 등의 재료가 이용된다. 충전공법에는 내구성을 증진시키고 건물의 방수성을 높이기 위한 재료를 선정한다. 균열의 움직임이 비교적 클 경우

의 보수재료는 폴리우레탄, 폴리사루파이드, 실리콘 등이 쓰이며 균열의 움직임이 비교적 적을 경우에는 납 코팅, 폴리머 시멘트 등의 재료가 이용된다.

주입공법에서는 구조물의 내구성 및 방수성을 높이기 위한 재료를 선정한다. 균열의 움직임이 비교적 클 경우에는 폴리우레탄, 고속아스팔트 등의 재료가 이용되며 균열의 움직임이 비교적 적을 경우에는 에폭시, 폴리에스테르, 시멘트 페이스트, 시멘트 몰탈, 플라이애쉬, 폴리머 시멘트몰탈 등의 재료가 이용된다.

강제앵카 및 포스트스트레스를 이용하는 공법에서는 구조내력을 높이기 위한 재료를 선정한다. 통상 콘크리트 및 철근이 이용되며 P.C 봉강, 에폭시, 폴리에스테르, 폴리머시멘트계, 강판 등도 이용된다. 또한 에폭시용봉강에 쓰이는 재료로서 스테인레스, 보통강재, 카스카이 등이 쓰인다.

4.2 박리 및 표면봉괴에 대한 보수재료

일반적으로 박리 및 표면봉괴에 사용되는 재료는 다음과 같다. 시멘트계에서는 조강 포틀랜드시멘트, 포틀랜드고로시멘트, 저열포틀랜드시멘트, 알루미늄시멘트, 내황산시멘트, 수지침가시멘트, 라텍스 수지콘크리트, 포졸란시멘트, 고황산처리시멘트 등이 있으며 연약 표면에 의한 박리 및 표면봉괴를 막기 위한 재료로는 플루오르화 마그네슘, 플루오르화 아연, 황산염화나트륨, 점질고무, 왁스 등이 쓰인다. 철근의 부식으로 인한 표면봉괴 및 박리를 막기위해서 아연, 카드뮴, 니켈, 구리 등으로 철근피복을 만들기도 하며 또한 비 부식성 철근을 사용하기도 한다.

5. 진단 및 보수, 보강전문업체의 필요성

철근콘크리트구조물의 유지관리란 기건설된 구조물의 기능을 보존하고 이용자의 편의와 안전을 도모하기 위한 목적으로 기존 구조물을 정비하고 손상된 부분을 원상복구하는 기술을 일컫는다.

국내의 철근콘크리트구조물의 유지관리역사는 매우 짧고 보수, 보강에 관해서는 정량적으로 기준화 된것이 없는 실정이어서 경험적 판단을 요하는 경우가 많다. 특히 새로운 형식의 특수 구조물에 결합이 나타난 경우에는 경험의 부족으로 예측이 불가능한 경우가 많으므로 전문기술자의 진단 및 조언을 필요로 하고 있는 실정이다. 따라서 철근콘크리트구조물의 유지관리의 역사가 짧은 우리나라의 경우 진단방법 및 보수, 보강공법에 대한 체계화 및 기준이 시급히 마련되어야 할 시점에 와 있음은 주지의 사실이다.

선진 외국의 경우, 콘크리트구조물의 열화현상에 의한 대형피해가 발생된 연후에 구조물의 유지관리기술의 체계화, 법적제도화 등이 여론화되어 구조물의 유지, 관리분야가 발전되어 왔음을 상기할때, 우리나라 실정보다는 다소 앞선 싱가포르의 이 분야현황을 간략하게 소개함으로써 앞으로 우리가 나아가야할 방향을 같이

생각해 보고자 한다. 1965년 독립이후 급속한 경제발전을 이루고 있는 싱가포르의 경우, 약 10여 년전 New World Hotel의 갑작스런 붕괴사건은 싱가포르 건설업계에 많은 충격을 주었고 그로 인하여 철근콘크리트 구조물의 진단기법 및 보수, 보강공법의 개발, 유지관리의 체계화 및 법제화의 계기가 마련되었다. 현재 싱가포르의 전문진단업체 및 보수, 보강업체를 살펴보면, 그림7에서 보는 바와 같이 진단을 전문으로 하는 업체와 보수, 보강을 전문으로 하는 업체, 또 진단 및 보수, 보강을 겸업하는 업체로 분류할 수 있지만 구조물유지관리 특성상 보수, 보강 후 결과의 확인이라는 절차가 필연적으로 수반되므로 보수, 보강전문업체도 진단에 필요한 장비 및 기술축적이 되어야 함을 보여준다.

현재 국내의 진단 및 보수 보강업체의 현황은 진단은 주로 연구단체 또는 학교연구실에서 이루어지고 있고 보수 및 보강전문업체는 이제 막 태동되는 시점이라 할 수 있으며 현재 본인이 아는 바로는 민간업체에서 진단에 필요한 비파괴검사를 주 업으로 하는 업체는 3개 업체, 보수 및 보강을 전문으로 하는 업체는 4개 업체이며 진단 및 보수, 보강을 체계적으로 발전시키는 업체는 1개 업체뿐인 실정이다. 이와 같은 실정임을 감안 할 때 향후 우리나라의 건설구조물 유지보수 분야에서의 발전은 1단계로 산.학 협동차원에서 진단은 학교연구실 또는 연구소에서, 보수와 보강은 전문건설업체에서 담당하는 형태가 일정기간 유지될 것으로 판단되며 기술축적이 이루어진 연후에는 전문진단 용역업체, 전문보수 및 보강업체, 그리고 전문 진단 및 보수, 보강겸업 업체로 분리 발전 될 것이 확실하나 이는 건설업법, 건설행정, 사회적 조건 등의 영향에 의하여 그 발전방향이 형성되어질 것으로 판단되어지지만 구조물 유지보수 기술분야고유의 특성상 보수, 보강과 진단이 독립되어 발전할 수 없는 이유로 국내에서도 전문 진단 및 보수, 보강을 겸업하는 형태의 전문업체로 육성, 발전되어지기를 기대한다.

TYPES OF SERVICES	NDT METHODS AVAILABLE										
	Corrosion	Rebar/Reinforcement Measurement	Rebound Hammer	Ultrasonic Pulse Velocity	Penetration Probe	Impulse Radar	Thermography	Radiography	Concrete Resonance Meter		
Analytical Laboratories (S) Pte Ltd											
Cast Laboratories Pte Ltd											
Geo Engineers Pte Ltd											
L & M Repair Technology Pte Ltd											
R.A.K. Material's Consultants Pte Ltd											
S.G.S. Singapore Ltd											
Solcrete Pte Ltd											
Taywood Engineering Ltd											
Tilman (SEA) Pte Ltd											
Vertec Marine Consultants Pte Ltd											

그림7. 싱가포르의 철근콘크리트구조물의 열화진단 및 보수, 보강전문업체 현황