



반응이란 콘크리트의 가장 일반적인 유해한 화학적 반응으로 시멘트 속의 알칼리(Alkalis)와 골재의 활성실리카(Silica) 성분의 반응이다. 그 반응은 수산화물과 골재속의 실리카 무기물이 접촉함으로써 시작된다. 반응이 시작되면, 알칼리-실리카 젤이 형성되고, 골재의 부피변화를 일으킴으로써, 무한대의 부피 팽창을 유발시키게 된다. 그 결과 연화의 기본증상들인 균열, 박리, 표면봉괴가 일어나게 된다 [Neville, 1981]. 중성화는 공기중의 이산화탄소에 의해 콘크리트 표면으로부터 산화되어 알칼리성을 소실하게 되는 현상을 말한다. 콘크리트의 중성화가 철근에 까지 이르게 되면 철근은 부식하기 쉬운 상태가 된다 [Nixon, 1987].

동결융해 : 콘크리트가 수분을 흡수하고, 외부 온도가 빙점에 도달하게 되면, 그 수분은 얼게 되고, 그 결과 빙압이 발생되어 콘크리트 표면에 표면봉괴 현상이 발생하게 된다. 또 콘크리트 표면의 온도가 빙점 이상으로 올라가게 되면 그 균열표면은 박리를 일으키게 된다 [Fujiwara, 1987].

충격파 : 콘크리트는 취성재료이기 때문에 충격파를 받을 때 박리를 일으키게 된다. 충격파의 대표적인 예는 사고에 의한 충격과 교통수단에 의한 소음 등을 들 수 있다. [Thornten, 1987].

마모(침식) : 마모는 콘크리트의 중성화보다 더욱 일반적인 현상이라 할 수 있다. 주로 물의 흐름과 직접적으로 맞닿는 부분이나 자동차가 직접 통과하는 부분 등에서 마찰이나 충격에 의해 발생하게 된다.

불량한 설계세목 : 설계세목 불량 대표적인 예는 요각의 코너 부분, 단면의 갑작스런 변화, precast slab 연결부, 처짐, 절점속의 물고임, 부적당한 배수, 시공이음, 재료와 단면들의 부적합성을 들 수 있다.

설계상 잘못 : 설계상의 잘못은 구조의 부적합, 제작의 부적합 등을 들 수 있고, 이것은 요구되는 저항용력의 부족으로 인하여 균열을 발생시키는 직접적인 원인이 된다.

### 3. 열화원인과 열화현상과의 관계.

콘크리트 구조물의 열화현상은 크게 균열, 박리, 표면봉괴로 나눌 수 있다. 이러한 열화현상들은 열화원인이 각각 다르므로 그에따라 진단방법이

표 1 열화원인과 열화현상과의 관계

기본원인	열화현상		
	균열	박리	표면봉괴
(1) 시공시 발생사고(착오)	X		
(2) 건조수축	X		
(3) 온도변화	X	X	
(4) 콘크리트의 수분흡수	X		
(5) 철근 부식	X	X	
(6) 화학적 반응	X	X	X
(7) 동결융해		X	X
(8) 충격파	X	X	
(9) 마모(침식)			X
(10) 불량한 설계세목(상세도)	X	X	
(11) 설계상 잘못	X	X	

X: 해당란 표시

달라져야 한다. 또한 구조물의 열화현상은 어느 한 형태만으로 나타나지 않으므로, 열화원인과 열화현상과의 관계를 고려하지 않는 경우 진단과정에서 불합리한 진단방법을 채택할 가능성이 매우 높다. 따라서 본 연구에서는 표 1 과 같은 배포표써 그 관계를 명확히 하고자 한다 [Sidney, 1965].

### 4. 체계적인 진단과정

본 논문에서는 전체적인 진단과정을 열화원인과 열화현상과의 관계에 따라 6단계로 나누어 실시할 것을 제안하고 있다. 각 단계의 명확한 구분은 전문가 시스템 구축을 위한 기초작업으로써 그 체계를 이루기 위해 표2와 같은 흐름도를 제시하였고, 그에 따라 각 단계별로 설명하고자 한다.

제 1 단계 : 육안에 의해 표면상태를 조사한다.

콘크리트의 외관상태로 부터 구조물의 이상유무와 열화상태를 조사하고, 그 원인을 개략적으로 판단하기 위하여 콘크리트의 표면상태를 조사한다. 조사는 주로 육안으로 관찰하여 조사하지만 crack scale 자 등을 이용한 간단한 지수측정이나, hammer의 타격음에 의한 이상 개소의 범위등을 조사 하기도 한다. "표면상태 조사 방법"에 따른 외관조사 결과 열화현상이 박리 또는 균열로 나타날 경우 먼저 가능한 응력형태 (인장, 압축, 전단, 비틀림) 를 고려하고, 응력형태와 결합 위치 및 방향의 일치 여부를 파악한 후 일치할 경우 제2단계를 실시한다. 열화증상이 표면봉괴로 나타나거나 응력형태와 결합위치 및 방향이 일치하지 않는 경우는 제3단계를 실시한다.

제 2 단계 : 설계상의 잘못과 설계세목의 불량을 검토한다.

설계상의 잘못에 대한 검토는 응력해석을 통한 안정성 여부의 판단과 세부적인 설계내용 및 구조물의 주하중 형태나 사고의 유무에 대한 검사를 통한 설계상 잘못을 검토한다. 일반적으로 구조해석을 위한 입력 데이터 (input data) 작성작업은 현장 및 실내시험 결과를 근거로 실시되며, 현재 초음파를 이용한 시험방법중 PUNDIT 가 이용 가능성 때문에 시험적으로 사용되고 있으나 현재까지는 core 채취에 의한 측정치보다 신뢰도가 떨어지는 것으로 나타났다 [Malhotra, 1976].

응력해석시 input data 는 실제 구조물의 현상상태를 근거로 입력시키는 것을 원칙으로 하고 있지만, 그 값이 현장에서 채취한 core를 이용한 공진법에 의해 추정되거나 비파괴시험(Non-Destructive Test-NDT)에 의한 측정치로부터 계산된 값이므로 신뢰도가 떨어지는 경우, 설계단면의 적격 여부를 판단하기위해 시방서에서 정하고 있는 값을 이용 할 수도 있다.

제 3 단계 : 기본적인 증상과 결합을 판별시킨다.

제1단계의 현장에서의 표면상태 조사를 통해 열화증상이 표면봉괴로 나타났거나 설계상의 오류가 발견되지 않을 경우 현장및 실내시험을 통한 결과와 2개의 열화원인을 제외한 9개의 열화원인과 열화현상을 연관시켜 다시 기본적 결합의 형태를 판단한다 (표1참고). 표1 을 통한 판단결과 기본적 결합형태가 박리와 균열로 나타날 경우 제4단계를 실시하고, 기본적 결합형태가 표면봉괴로 나타날 경우 제5단계를 실시한다.

제 4 단계 : 부식과 충격파를 점검한다.

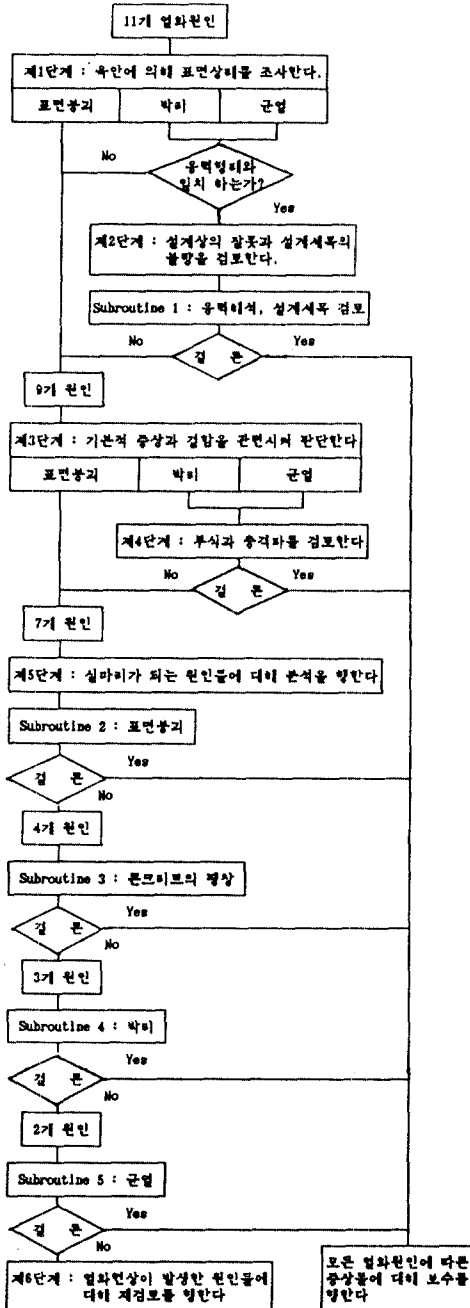
콘크리트의 부식은 그 주된 원인이 중성화 이므로, 중성화에 대해 시험을 실시한다. 중성화 시험중 가장

일반적인 방법은 페놀프탈레인 시약을 이용한 방법이다 [Schiesl, 1987]. 충격파에 의한 증상은 진동이나 소음의 영향을 크게 받는 곳에서 주로 실시하며, 그 조사는 변형 게이지(strain gage)를 이용한 동적시험과 외관상태를 이용하여 판단할 수도 있다 [Sidney, 1982].

제 5 단계 : 실마리가 되는 원인에 대해 조사한다.

앞의 각 단계를 통해 결론을 내릴 수 없는 경우 모든 열화증상에 대해 실마리가 될 수 있는 모든 열화원인을 조사한다.

표 2 열화원인 진단의 기본적인 흐름도



(1) 콘크리트의 표면붕괴 : 원인은 동결융해, 마모 (침식), 화학적 반응이며, 점검은 다음 순서로 실시한다.

첫째, 재료의 불량상태를 점검한다.

둘째, 동결융해 (온도, 수분) 상태를 점검한다.

셋째, 마모 (침식) 상태를 점검한다.

넷째, 화학적 침식정도 (부식깊이, 화학적 분석)를 조사한다. 즉 중성화 및 해수의 영향 등을 점검한다.

(2) 콘크리트의 팽창 : 원인은 화학적 반응, 콘크리트의 수분 함유, 온도 변화 이며, 점검은 앞단계에서 이미 조사된 화학적 반응에 대한 점검을 제외한 2개의 원인에 대해 다음 순서로 조사한다.

첫째, 온도 변화를 점검한다.

둘째, 수분 함유 여부를 점검한다.

(3) 박리 : 원인은 온도 변화, 철근부식, 화학적 반응, 동결융해, 충격파, 불량한 설계세목, 설계상의 잘못이며, 각 원인에 대한 조사는 앞에서 실시된 자료를 토대로 검토하되, 철근부식에 대해서는 콘크리트의 부식깊이와 철근의 노출 여부를 조사하여 판단한다.

(4) 균열 : 원인은 시공시 발생사고, 건조수축, 온도변화 동결융해, 화학적 반응, 충격파, 불량한 설계세목 설계상 잘못이며, 여기서는 남은 열화원인들, 즉, 시공시 발생사고와 건조수축에 주안점을 두어 균열깊이와 균열 침투깊이를 조사한다. 나머지 해당 열화원인에 대한 조사는 앞의 조사 결과를 참고한다.

제 6 단계 : 열화현상이 발생한 원인들에 대해 재검토를 실시 한다.

제1단계로부터 제5단계까지에서는 발생한 것에 대하여 점검 하였다. 제6단계에서는 앞의 각 단계를 통해 결론을 내릴 수 없는 경우, 그것이 일어난 원인과 설계 및 시공상에서 무엇이 열화작용을 이끌었는가에 대해 표1을 참고하여 재검토하고, 다시 판단을 내려 알맞은 보수를 행하도록 한다.

## 5. 결론

본 논문에서는 11 가지 열화원인에 따른 열화증상 및 그것을 진단하기 위한 시험방법에 대해 6 단계로 나누어 체계적으로 언급하였다. 따라서 콘크리트 구조물의 유지관리를 제시된 단계에 따라 실시할 경우 중요사항의 누락의 위험성을 피할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 진단방법 및 판정기준에 대해서는 여러가지 문헌에서 쉽게 찾아 볼 수 있으므로 자세하게 언급되지 않았으나, 진단작업에 대한 체계적인 순서를 명시하고 있으므로 컴퓨터와 연결시킬 수 있는 tool을 이용하면 충분한 데이터 축적이 이루어 지는대로 전문가 시스템 구축을 위한 작업이 가능할 것으로 본다.

## 6. 참고 문헌

1. Arthur, P. D., John, C. E. and Trevor H., "Corrosion Fatigue in Concrete for Marine Applications", ACI SP-75, 1982, PP.1 - 24.
2. Fujiwara, T., "Deterioration of Concrete used in

- Road Bridges due to Freezing and Thawing", ACI SP-100, Vol. I, 1987, PP. 805 - 818.
3. Heinz, D. and Ludwig, U., " Mechanism of Secondary Ettringite Formation in Mortars and Concretes subjected to Heat Treatment", ACI SP-100, Vol. II, 1987, PP.2059 - 2072.
  4. Malhotra, V. M., " Testing Hardened Concrete: Nondestructive Methods", Monograph No. 9, ACI, Detroit, MI,1976, PP.188.
  5. Neville, A. M., "Properties of Concrete", Pitman, 1981, PP. 158 - 163.
  6. Nixon, P. and Page, C., " Pore Solution Chemistry and Alkali Aggregate Reaction ", ACI SP-100, Vol. II, 1987, PP. 1833 - 1862.
  7. Schiessl, P., " Influence of The Composition of Concrete on The Corrosion Protection of The Reinforcement", ACI SP-100, Vol. II, 1987, PP. 1633 - 1650.
  8. Sidney, M. J., "Detrioration, Maintenance, and Repair of Structures", Mcgraw-Hill Book Co.,1965.
  9. Thornton, H. and Alexander, A., " Development of Impact/Resonant Vibration Signature for Inspection of Concrete Structures", ACI SP-100, Vol. I, 1987, PP. 665 - 680.
  10. Torben, C. H. and Alan, H. M., " Influence of Size and Shape of Member on The Shrinkage and Creep of Concrete", ACI, Vol. 63, No. 2, Feb. 1966, PP. 267 - 290.