

## 콘크리트 구조물의 유지관리 현주소

Maintenance of Concrete Structures in Modern Time



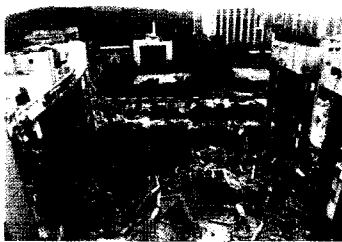
이진용\*  
Chin-Yong Lee

### 1. 머리말

콘크리트는 기원전부터 사용되었으며, 다른 건설자재에 비해서 역사가 길고, 사용량이 많은 건설자재 중 하나이다. 콘크리트는 시멘트, 골재, 물로 구성되어 있으며, 시멘트의 주원료인 석회석은 지구상에서 가장 구하기 쉬운 재료의 하나로서 다른 건설재료(철, 목재 등)에 비해서 가격이 저렴하고, 내구성이 우수하다. 그러나 콘크리트 구조물은 시공단계에서 건조수축, 자기수축 및 수화열에 의한 변형과 부실시공으로 인해서 사용 전에 결함을 지닐 수 있고 사용 환경에 따라서 탄산가스, 염소이온 및 각종 화학물질에 의해 탄산화, 염해 및 화학적 손상을 입

을 수 있다. 특히 철근콘크리트 구조물에서 철근은 외부에서 침입하는 이들 물질들의 침투 및 확산에 의해 철근부식이 발생하고 철근의 부피팽창으로 이어져서 콘크리트 단면이 탈락하는 등 심각한 구조물 손상을 유발하기도 한다. 원인별로 콘크리트의 손상을 구분하면 재료적 성질 또는 물리, 화학, 환경적인 요인에 의하여 주로 시공이후에 장기적으로 내구성능의 저하로 발생하는 콘크리트의 열화(deterioration), 설계 오류 및 시공 시 품질관리의 소홀로 발생하는 콘크리트 구조물의 결함(defect), 그리고 지진, 태풍 등의 자연재해로 인해서 발생하는 콘크리트 구조물의 손상(damage) 등 이다.

(사진 1)은 콘크리트 구조물이 열화, 결함, 손상으로 인해서 발



(a) 빌딩(삼풍백화점)



(b) 교량(카트리나 태풍)



(c) 방파제(지진)



(d) 터널



(e) 하수박스



(f) 교량의 교각

사진 1. 콘크리트 구조물의 다양한 파손 형태

\* 정희원, (주)케어콘 대표이사  
cylee561010@empal.com

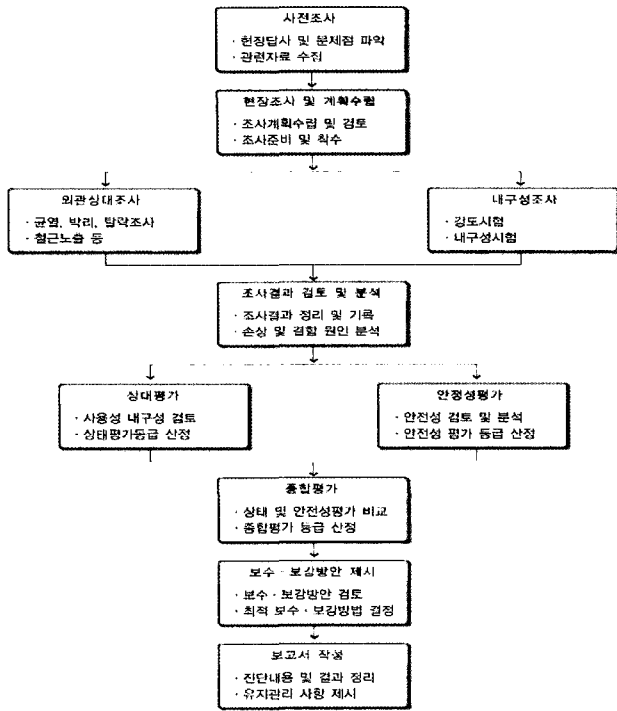


그림 1. 단계별 진단 흐름도

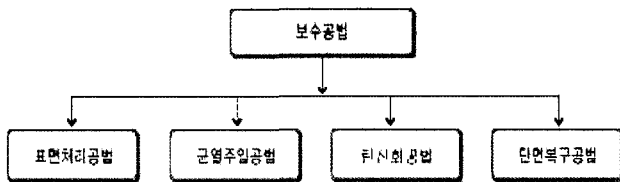


그림 2. 보수공법의 종류

생한 다양한 형태의 콘크리트 파손을 구조물별로 구분한 것이다.

우리나라는 1960 ~ 1970년대에 급속한 경제발전을 이루면서 많은 콘크리트 구조물이 건설되었지만, 그 당시에는 콘크리트 제조기술 수준이 낮았고, 공기단축을 이유로 품질관리에 소홀하였기 때문에 비교적 저품질의 콘크리트 구조물이 양산되었다. 따라서 이러한 품질관리의 부실로 인한 결과는 콘크리트 구조물의 수명단축과 조기 재건축 및 개축으로 이어졌다. 한편 콘크리트 구조물이 노후화되고, 대기의 환경오염이 높아질수록 구조물의 파손이 심해지면서, 안전성에 대한 우려가 높아졌다.

정부에서는 성수대교 붕괴이후 1995년 1월 “시설물의 안전관리에 관한 특별법(표 1, 2)”을 제정하여 도로, 철도, 항만, 하천, 댐, 상수도 및 폐기물 매립시설과 옹벽 및 절토사면 그리고 건축물 등 8개 분야의 시설물을 중요도와 규모에 따라 1, 2종 시설물로 구분하여 관리를 하고 있다. 현재 주요 콘크리트 구조물은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 따라서 관리를 하고 있지만, 콘크리트 구조물을 진단하고 손상의 원인을 파악

하여 구조물 원래의 기능으로 회복시키는 일련의 작업에 대한 필요성이 깊이 인식되지 못하고 있으며 기존 구조물의 유지보수 및 보강에 대한 관심은 신설 구조물에 비해서 엔지니어의 관심도도 낮은 편이다. 이러한 이유로 국내 콘크리트 구조물은 시간 경과할수록 노후화되고 있으며 노후 구조물의 성능회복을 위한 보수 및 보강 수요는 점차 증가되고 있다.

## 2. 구조물 진단 및 평가

콘크리트 구조물의 안정성을 평가하기 위해서는 대상 구조물의 외관조사, 내구성조사, 재하시험, 구조검토, 내하력평가를 통해서 시설물의 안정성평가를 하고 평가 결과에 따라서 보수보강방안 및 효율적인 유지관리방안을 제시한다. <그림 1>은 단계별 진단 흐름도를 나타낸 것이다.

## 3. 보수 및 보강공법

콘크리트 구조물의 열화는 다양한 형태로 콘크리트 표면에 나타난다. 표면의 색깔이 변하거나, 여러 가지 모양과 다양한 크기의 균열이 발생하면서 콘크리트 표면의 단면탈락으로 이어진다. 열화된 콘크리트 구조물을 치유하는 방법은 일반적으로 보수공법과 보강공법으로 구분하는데, 이것을 간단히 설명하면 아래와 같다.

- 보수 : 결함으로 손상된 콘크리트 구조물의 내구성, 방수성 등 내력 이외의 기능을 회복시키기 위한
- 보강 : 결함 발생으로 인한 콘크리트 구조물의 내하력 저하를 회복시키기 위한

따라서 보수와 보강은 전혀 다른 차원에서 콘크리트 구조물을 유지 관리하는 것으로 재료가 다르며, 공법의 종류도 달라진다.

콘크리트 구조물의 보수공법은 표면처리공법, 균열주입공법, 탄산화회복공법, 단면복구공법으로 분류할 수 있다. 방수성과 내구성을 목적으로 보수공법을 선정할 경우, 균열폭 0.3mm 이하의 변동성이 적은 균열에 대해서는 주로 표면처리공법을 적용하고 있다(그림 2). 균열폭 0.3mm 이상의 변동성 균열이 발생된 경우에는 주입공법이 적절하며, 단면이 탈락된 경우에는 손상된 부위를 제거하고 콘크리트 및 모르타르로 단면을 복구하는 공법을 적용한다. 그리고 외부의 열악한 환경에 노출되어서 철근부식의 직접적인 원인이 되는 탄산화의 위험성이 높은 경우에는 탄산화회복공법을 적용한다.

한편, 오래된 콘크리트 구조물은 장기간에 거쳐 초과하중에 의하여 구조물에 균열이나 파손이 발생할 수 있으며, 외부로부터

표 1. 안전진단의 구분 및 시기  
(시설물의 안전관리에 관한 특별법 제6, 7조, 동법 시행령 제6, 9조)

용역구분	대상 시설물별 시기			비고	
정기안전점검	교량 및 터널	매반기 1회	항만	매반기 1회	-
	수리시설	매반기 1회	건축물	매반기 1회	
정밀안전점검	교량 및 터널	2년 1회	항만	2년 1회	단, 항만시설물은 썰물시 바닷물에 항상 잠겨있는 부분에 대해 4년 1회
	수리시설	2년 1회	건축물	3년 1회	
정밀안전진단	교량 및 터널	5년 1회	항만	5년 1회	10년 경과 1종 시설물
	수리시설	5년 1회	건축물	5년 1회	

표 2. 대상 시설물 구분  
(시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령 제2조 제1항 및 별표1)

구분	1종 시설물	2종 시설물
1. 도로	교량 특수교량 (현수교, 사장교, 아치교, 최대경간장 50m 이상의 교량) 연장 500m 이상의 교량	연장 100m 이상의 교량으로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 교량
	터널 연장 1,000m 이상의 터널 3차선 이상의 터널	고속국도, 일반국도 및 특별시도, 광역시도의 터널로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 터널
	지하차도 연장 500m 이상의 지하차도	연장 100m 이상의 지하차도로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 지하차도
	복개구조물 폭 6m 이상으로서 연장 500m 이상 복개구조물	폭 6m 이상이고 연장 100m 이상인 복개구조물로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 복개구조물
	고속철도 교량, 터널, 역사	역사
2. 철도	도시철도 교량, 고가교 및 터널	역사
	일반철도 교량 트러스교량 / 연장 500m 이상의 교량	연장 100m 이상의 교량으로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 교량
3. 항만	터널 연장 1,000m 이상의 터널	특별시 또는 광역시 안에 있는 터널로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 터널
	항만 갑문 20만톤급 이상 선박의 하역시설로서 원유부이(BU OY)식 계류시설 및 그 부대시설인 해저충유관시설 말뚝구조의 계류시설(5만톤급 이상)	1만톤급 이상의 계류시설로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 계류시설
4. 댐	다목적댐, 발전용댐 및 저수용량 2천만톤 이상의 용수전용댐	1종 시설물외의 지방상수도 전용댐으로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 댐
5. 건축	건축물 21층 이상의 공동주택 공동주택외의 건축물로서 21층 이상 또는 연면적 5만㎡ 이상의 건축물	16층 이상 20층 이하의 공동주택 1종 시설물에 해당하지 아니하는 공동주택외의 건축물로 16층 이상 또는 연면적 3만㎡ 이상 건축물 1종 시설물에 해당하지 아니하는 건축물로서 연면적 5천㎡ 이상의 문화 및 집회시설(전시장 및 동·식물원을 제외한다), 판매 및 영업시설, 의료시설 중 종합병원 또는 숙박시설 중 관광숙박시설
	지하도상가 연면적 1만㎡ 이상의 지하도상가	연면적 5천㎡ 이상의 지하도상가로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 지하도상가
6. 하천	하구둑 특별시 또는 광역시(군 지역은 제외한다) 안에 있는 국가 하천의 수문	특별시 또는 광역시(군지역을 제외한다) 안에 있는 국가하천의 제방 및 그 부속시설(수문은 제외한다) 특별시 또는 광역시(군지역을 제외한다) 안에 있는 지방1급 및 2급 하천의 수문시(읍, 면 지역을 제외한다) 안에 있는 국가, 지방1급 하천의 수문
7. 상수도, 폐기물 매립시설	광역상수도(수원지시설을 포함한다) 공업용수도(수원지시설을 포함한다) 1일공급능력 3만톤 이상의 지방상수도(수원지시설을 포함한다) 폐기물매립시설(매립면적 40만㎡ 이상인 것에 한한다)	1종시설물에 해당하지 아니하는 지방상수도 하수처리장 매립면적 20만㎡ 이상의 폐기물매립시설로서 1종시설물에 해당하지 아니하는 폐기물매립시설
8. 도로, 철도, 항만, 댐 또는 건축물의 부대시설로서 옹벽 및 절토사면		지면으로부터 노출된 높이가 5미터 이상으로서 연장 100m 이상인 옹벽 연직높이 50m 이상(옹벽이 있는 경우 옹벽상단으로부터의 높이)을 포함한 절토부로서 단일 수평연장 200m 이상인 절토사면

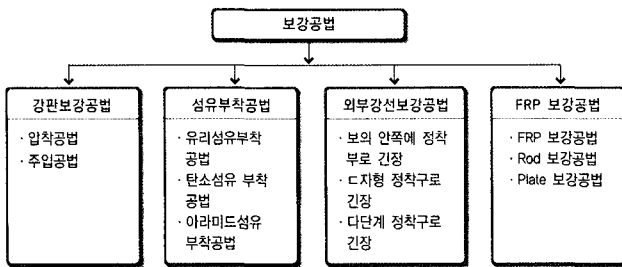


그림 3. 보강공법의 종류

터 침입한 열화물질에 의하여 철근이 부식하고 부피가 팽창함으로써 콘크리트 단면이 탈락하여 내하력의 손실을 가져오는 경우도 있다. 따라서 재료적이던 구조적이던 구조물의 내하력에 문제가 발생할 소지가 있을 경우, 적절한 보강공법을 선택하여 보강 하는 것이 중요하다(그림 3).

현재 국내에서 많이 사용되고 있는 보강공법은, 단면증설, 강판접착공법, 섬유부착공법, FRP 공법, 외부강선을 이용한 보강법 등이 있으며, 최근 들어서는 섬유봉이나 섬유플레이트를 이용한 보강공법이 사용되고 있다. 그리고 국내에서 사용되고 있는 공법의 대부분은 선진국에서 도입된 공법으로 초창기에는 사용자재들을 외국에서 수입하여 사용을 하였으나, 기술이 축적됨에 따라 현재에는 국산자재를 많이 사용하고 있다.

손상된 콘크리트 구조물의 수명을 연장시키기 위해서는 적절한 재료와 공법을 이용해서 보수 및 보강을 해야 한다. 보수공사에 사용되는 재료는 체적변화율이 적고, 내구성 및 역학적 특성이 기존 콘크리트보다 우수해야 한다. 그리고 경제성, 시공성, 미관이 충분히 고려된 보수재료를 선택하는 것이 중요하다. 보강공법의 적용 시 경제성 및 내구성이 우수한 보강재료를 선택해서 공사를 하는 것이 중요하다. 특히 보강공사에 활용되는 보강재는 철근 이상의 인장강도와 이론적으로 충분히 설계가 가능한 재료를 선택해야 한다. 보강공법을 적용할 때에는, 현장여건과 경제성을 고려해서 시공이 편리한 공법을 적용하는 것이 중요하다.

#### 4. 결론 및 제언

1995년 이후 국가에서는 주요 시설물(도로, 철도, 항만, 하천, 댐, 상수도 및 폐기물 매립시설과 용벽 및 절토사면 그리고 건축물)을 "시설물의 안전관리에 관한 특별법"에 따라서 유지관리를 하고 있기 때문에, 주요 구조물 중에서 긴급보수가 요구되는 구조물의 대부분은 보수를 끝낸 상태이고, 기타 시설물은 지속

적으로 보수를 하고 있다.

시설물 안전관리에 관한 특별법이 발효 후에 국내 주요 구조물은 성능이 개선되고, 안정성이 향상 되었다. 따라서 제2의 성수대교와 같은 사태가 일어나지 않을 것으로 기대되지만, 보다 나은 시설물 유지관리를 위해서 개선해야 할 사항을 정리하면 아래와 같다.

- (1) 체계적인 유지관리를 위해서는 신설 구조물의 설계에서부터 유지관리 편의성을 고려해야하고, 기능면에서도 구조물의 보수 및 보강을 고려한 시공이 이루어져야 한다.
- (2) 구조물의 안전성을 평가하는 방법이 현재는 일률적이어서, 구조물의 종류 및 손상상태에 따라서 달라질 수 있는 평가요소를 고려하기가 어렵고, 특별법에서 제시하고 있는 구조물의 평가방법이 기술자의 기술적 의견을 반영하기 쉽지 않아 구조물의 정확한 상태평가 및 보수 방법을 제시하는데 어려움이 있다. 따라서 구조물의 상태 평가의 기본틀은 유지하더라도 구조물의 특성별로 전문가의 의견이 충분히 반영될 수 있도록 하는 것이 정확하게 구조물의 현재 상태를 평가할 수 있는 방안이다.
- (3) 최근 들어 보수 및 보강에 관련된 신기술이 많아지고, 다양한 재료가 소개됨으로서 재료와 공법에 대한 검증을 위한 지침이 정립되기 전에 적용되는 경우가 있다. 이 경우 품질에 대한 보편적인 기대값을 설정하기 어려우므로 체계적인 검증 절차와 기술적 평가를 수행할 수 있는 기준의 설정이 확립되어야 한다.
- (4) 손상된 구조물을 보수 후에 다시 재보수를 해야 하는 경우가 종종 발생하고 있다. 그러나 재보수에 대한 지침이 확립되어 있지 않아 실효성을 평가하기 어려우므로 구체적인 재보수 및 재보강의 지침 설정이 필요하다. □

#### 참고문헌

1. 시설물의 안전관리에 관한특별법령집, 건설교통부 한국시설안전기술공단, 2003, 11, pp. 1 ~ 88.
2. 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 건설교통부 고시 제 2003, No. 170, pp. 1 ~ 24.
3. 보수보강업체 카다로그(근형기업 주식회사, 리플래쉬기술 주식회사, 주식회사 리폼 시스템, 주식회사 엠티마스타, 중앙크리텍주식회사, 주식회사 콘크리너, 주식회사 한보엔지니어링 등).
4. 한국콘크리트학회, 콘크리트 건설 제요령, 2003, pp. 1 ~ 161.
5. H.E. Peter, 콘크리트 구조물의 유지보수, 도서출판 일광, 1995, 301 pp.