

# 비파괴 검사와 정밀 안전진단

김세운 / 연구개발부 사원

**성** 수대교와 삼풍백화점 붕괴 이후 기존 구조물의 안전진단에 관한 사회적 관심이 열풍처럼 불고 있다. 그러나 안전진단에 대한 사회적 인식이 올바르게 정립되지 못하고, 안전진단이 마치 만병 통치약인 양 생각하는 사람들이 적지 않다.

본고에서는 95년 이후 꾸준히 진행되고 있는 당사의 안전진단 시스템 구축과 더불어 계속 보강된 안전진단 장비 중에서 비파괴 검사장비에 관한 간략한 소개와 사용범위에 대한 소개를 통하여 안전진단과 비파괴 검사에 대한 올바른 이해를 돕고자 한다.

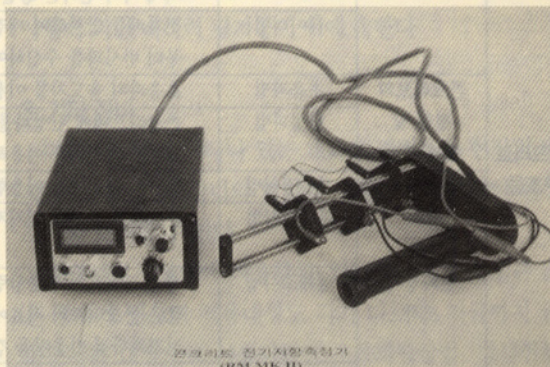
## 비파괴 검사의 개요

구조물의 특성 파악에 절대적으로 필요한 구조요소(철근 및 콘크리트의 상태, 염분량, 부식정도 등)는 외부에 노출되지 않고, 도료나 마감, 피복 등으로 포장되어 있어 그 내부상태를 알아보기란 그리 쉬운 일이 아니다. 따라서 구조물의 손상을 최소화하며 구조적 특성이나 손상정도를 알아보기 위한 기법이 필요한데, 이러한 조사 방법을 비파괴 검사(Non-Destructive Test : NDT)라 한다. 이는 재료나 제품 또는 구조물 등의 검사 혹은 조사대상물의 손상없이 성질, 상태 또는 내부구조 등을 알아보기 위한 조사기법을 말한다.

구조물의 비파괴 검사는 구조 형식에 따라 '콘크리트 구조물의 비파괴 검사', '철구조물의 비파괴 검사'로 구분될 수 있으며, 조사 항목에 따라 강도검사, 배근조사, 결합조사, 염분 및 수분함량조사, 중성화 조사 등으로 구분된다.

## 비파괴 검사의 필요성

구조물의 내구연한은 구조방식과 사용 목적, 유지관리



〈사진 1〉 분극 저항법중 콘크리트 전기저항 측정장치



〈사진 2〉 염해조사법중 염분농도계

여부에 따라 달라질 수 있으나, 일반적으로 콘크리트 구조물의 내구연한은 50~70년이라고 한다.

그러나 구조물은 설계나 시공상의 결함이라든가 사용 중의 손상, 그리고 무엇보다도 시간이 경과함에 따라 필연적으로 겪게 되는 노후화 때문에 구조물 원래의 기능은 서서히 상실하게 된다.

그러므로 사용중에 있는 구조물은 적절한 유지관리가



〈표 1〉 각종진단 장비의 측정항목 및 용도

구분	조사내용	검사기법	원리 및 방법	당사보유장비	비 고
콘크리트 구조물	강도조사	반발경도법	콘크리트의 반발도에 의한 압축강도 추정	슈미트 헤머	3대 보유 Anvil보정 필요
		초음파법	초음파의 전달 속도에 의한 강도 측정	PUNDIT / MARK II	
		복합법	반발경도와 초음파법의 합성법		
	배근조사	코아채취법	코아 공시체를 채취하여 압축강도 측정	코아 채취기 / UTM	
		전자유도법	탐침코일에서 발생된 전자장이 철근의 위치에 따라 변하는 성질을 이용함	Profometer <sup>3</sup> Farroscan	배근상태 조밀시 측정곤란
	콘크리트의 결함 및 두께 조사	레이더법	전자파를 발사하여 매질이 다른 대상으로부터 반사파를 수신하여 배근상태 측정	R.CRadar	
		초음파법	초음파의 속도차를 이용한 밀실도 측정	PUNDIT / MARK II	
		탄성파법	콘크리트내에 탄성파를 발생시켜 고유의 진동수와 진폭을 이용하여 파장을 분석	Docter	
		부식상태 조사	자연전위법 분극저항법	철근의 전위차를 이용한 부식도 검사 콘크리트 표면의 전기저항 차이를 이용	Potential Wheel 콘크리트 전기저항 측정장치
	열화상태 조사	염해조사법	생 콘크리트의 염분함량 시험기 굳은 콘크리트의 시료에 포함된 염분의 전기화학적 반응량을 감지하여 검사	염분농도계 CL-1000	2ea보유
		수밀도조사법	콘크리트에 공기와 물을 주입하여 밀실도 측정	투수투기시험기	
		공기량측정법	생 콘크리트의 공기량 측정	공기량측정기	
		수분측정법	내장 센서에 의해 대상물의 함수율 측정	수분측정기	침투깊이 약 25mm
		중성화조사법	pH 정도에 따라 색깔의 농도가 달라지는 페놀프탈레인을 이용하는 시각적 검사방법	Conkit	
철구조물	결함상태 조사	초음파법	초음파를 이용하여 철구조물의 내부나 용접부위의 결함 탐지	철골용접부위측정기	초음파 펄스 속도 추정
		탐상기법	자성체를 가진 대상물에 교류 자장을 발생	자분탐상시험기	

필수적이며, 이러한 유지관리의 한 방편으로서 안전점검이나 안전진단이 실시된다.

구조물에 대한 안전진단은 완공후 초기에는 설계나 시공 등에서 오는 결함에 의한 내구성 저하가 가장 큰 원인이지만, 사용연수가 지남에 따라 열화(노후화)나 손상에 의한 내구성 저하의 평가를 위하여 실시하는 경우가 많다.

따라서 비파괴검사는 안전진단을 통하여 구조물의 현재상태를 점검하고 성능 저하의 원인을 분석하여 내구년 한과 잔존수명을 예측하기 위한 도구로서의 역할을 하고 있다.

## 비파괴 검사장비

현황조사나 육안조사를 통하여 물리적, 화학적 검사 단계가 필요하다고 선별된 구조물에 대해서는 비파괴 검사를 통하여 보다 정밀하고 상세한 결과를 유추해낼 수 있다.

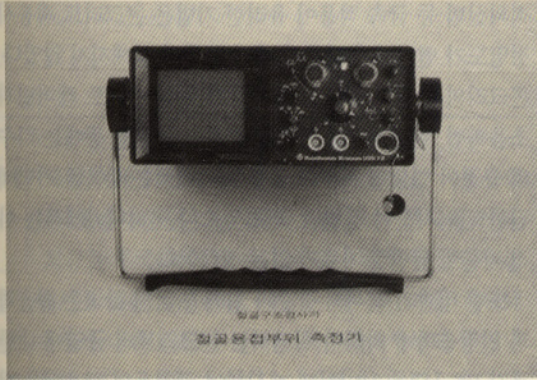
### 1. 콘크리트 진단용 장비

시간이 경과함에 따라 각종 구조물은 원래의 기능을 발휘하지 못하는 경우가 있기 때문에 구조물의 손상정도를 측정항목에 맞는 현장 진단용 장비를 사용, 콘크리트의 상태 및 내구성, 배근상태 등을 조사할 수 있다. 측정항목 별로 사용되는 조사장비는 〈표 1〉과 같다

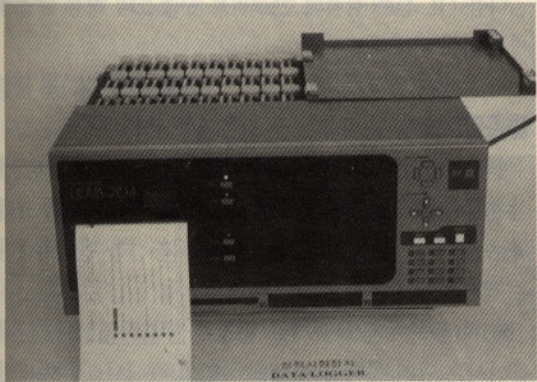


비파괴 검사는 재료나 제품 또는 구조물 등의 검사 혹은 조사대상물의 손상없이 성질, 상태, 내부구조 등을 알아보기 위한 조사기법이다.

## 경량목조주택



(사진 3) 초음파를 이용한 철골용접부위 측정기



(사진 4) 정적 시험장치중 Data Logger

### 2. 부재의 변형이나 구조물의 침하량 측정장비

〈표 2〉는 비파괴 검사와 화학적 검사 결과를 토대로 하여 심층 분석과 안정성 등을 평가하는 단계에서 사용하는 장비이며 국부파괴시험에 의한 압축강도시험 정적, 동적 시험에 의한 내하력 평가등이 이에 속한다

### 3. 기타 장비

다음 〈표 3〉에 나타나 있는 계측용 장비들은 현장의 비파괴 검사이 보조장비의 역할을 수행하여 불확실한 현장 조사를 보완할 수 있다

콘크리트 구조물에 적용할 수 있는 비파괴 검사법은 많은 종류가 있으며 적용대상도 각기 다르다. 지금까지 급속분야를 대상으로 사용되었던 초음파탐상법, 방사선투과법 등은 콘크리트 기술자가 상용하기 어려운 단점도 있었으나 근년에는 기술혁신에 의해 콘크리트에 적용시 보다 정밀도가 높은 장비들이 등장하고 있으며 다른 여러 부문에도 비파괴검사의 적용이 예상된다.

### 비파괴검사법과 허용 균열폭의 규격과 기준

현재 활성화되고 있는 비파괴 검사에 대한 문제점으로 는 비파괴 검사의 신뢰성과 효율성의 확보가 가장 큰 관건이 되고 있다. 비파괴 검사법의 일부중 방사선법이나

(표 2) 부재의 변형 및 변화량 측정장비

구분	조사내용	검사기법	원리 및 방법	당사보유장비	기 타
구조물의 변위 변형 및 진동 측정	정적시험 장비	코아채취법	가력장치를 이용한 압축강도 측정	UTM	
		재하시험법	하중 분배를 통하여 안전성을 검토하고 구조물의 변형을 관찰	Data Logger Load Cell 다이알게이지 등	30ch.
	동적시험 장비	동적거동에 의한 시험법	인접건물공사, 충격하중에 의한 구조물의 피해를 진동주기와 진폭등을 이용하여 동적특성을 규명	Dynamic Amplifier FFT Analyzer Data Recorder 소음측정기 진동측정기 가속도계 등	



비파괴검사는 안전진단을 통하여 구조물의 현재상태를 점검하고 성능 저하의 원인을 분석하여 내구년함과 잔존수명을 예측하기 위한 도구로서의 역할을 하고 있다.

〈표 3〉 기타 계속용 장비

분류	원리 및 방법	당사보유장비	기타
균열조사	균열의 형태 및 폭 관찰	균열폭현미경	
장비	균열의 진전 상태 조사	균열측정기	침에 의한 진전 관찰
계속용	적외선 레이저빔을 이용	거리계	100m까지 측정
	적외선 레이저빔을 이용	수평계	
	수평도 측정 중력의 일방성 이용	경사계	

〈표 4〉 외국의 콘크리트 구조물 허용 균열폭

규 준	환경조건	허용 균열폭(mm)	
미국 ACI 318	옥외부재	0.33	
	옥내부재	0.41	
미국 ACI 225	건조한 기후, 보호막이 있을때	0.41	
	습기, 습한공기, 흙	0.30	
	화학물질이 접하는 곳	0.18	
	해수또는 해수가 뿌려지는 곳	0.15	
	물 저장 구조물, 도수관	0.10	
영국 BSI	일반 구조물	0.3	
	특별히 심한 침식성 환경	0.004d d:주철근의 덮개	
러시아 SNIP	비부식성	0.3	
	약부식성	0.2	
	중부식성	0.2	
	강부식성	0.1	
일본 도로공단 유지보수 요령	교외 및 상태가 양호한 곳	0.3	
	습기가 많은 곳	0.2	
	해수나 우수의 영향을 받는 곳	0.1	
유럽 CEB-FIP	노출등급	영구하중과 장기변동하중	영구하중과 변동하중의 불합리한 조합
	1	0.1	0.2
	2	0.2	0.3
	3또는4	0.3	미관상의 검토

적외선법 등 금속 적용이 유리한 기법은 콘크리트 적용시 정밀도가 떨어지기 때문에 아직 규준이 정해지지 않았다. 콘크리트의 품질과 강도를 조사하기 위한 슈미트 해머법과 초음파법, 탄성계수를 목적으로 하는 공진법 등에는 다수의 규정이 있으며 서구의 일부 국가에서는 항목별 기법에 관한 판단기준이 정립된 곳도 있으나 우리나라에서는 아직 기준이 될만한 지표가 없는 상태이다.

또한 비파괴 검사의 규준과 함께 외국의 각국은 힘응력과 인장응력에 의하여 발생하는 콘크리트의 균열에 대한 규격 및 규준을 시방서에 제시하여 균열폭의 허용값을 정하고 있다.

다음 〈표 4〉는 각국의 콘크리트 구조물의 허용 균열폭에 대하여 나타내고 있다.

### 맺음말

단지 비바람을 피하면 된다는 식의 주거에 대한 사고방식은 구조물의 상태에 따라 페인트를 칠하고 벽지를 교체하는 등의 보수만으로도 쾌적한 휴식공간을 만들어내는 생각을 낳았다.

80년대에는 환경에 대한 문제가 부각되었고, 90년대 들어서는 안전 문제가 새로운 국민의 관심사로 대두되면서 어떻게 관리와 보수를 해서 내구연한을 늘릴 수 있을까 하는 것이 주요사항으로 고려되는 시대로 전환되었다. 이처럼 안전의식의 강화는 첨단 진단장비 개발의 계기가 되었으며 궁극적으로는 인간의 삶을 윤택하고 안락하게 만들었다고 할 수 있다.

당사에서는 장비의 활용도를 높여 현장의 품질향상에 기여하고 공기지연과 손해배상 등에 따른 손실을 최소화하기 위해 현장과의 공조를 강화하여, 효율적인 협조 및 연계를 통한 업무효율의 극대화로 무한경쟁시대의 건설 시장에 대응하고자 한다. **SS**