

비파괴 검사 및 안전진단 업체의 국내현황

Current Status of Nondestructive Testing and its Industry in Korea



최기봉*

〈편집자 주〉

비파괴 검사는 구조물의 평가에 있어서 중요한 과정 중 하나입니다. 불투명한 물체의 내부를 검사하거나 진단하려는 기술적 노력은 일찍이 군사, 의학분야에서 시작되어 기계, 항공, 그리고 최근에는 건축, 토목 분야에서 활발히 시도되고 있습니다. 특히, 구조물의 붕괴사고가 잇따라 일어나고 있는 우리나라의 현 상황에서 신뢰할 수 있는 비파괴 검사 시스템의 개발과 응용이 절실히 요구됩니다. 이러한 때에 시기적절한 비파괴 검사 분야의 연구 활성화와 실무 적용에 도움이 되고자 이번 호 특집을 마련하였습니다. 특집에서는 콘크리트 구조물에 적용하고 있는 비파괴 검사 방법과 국내 진단업계의 현황을 소개하고, 국제적 연구 추세와 그 내용을 살펴보았습니다. 이어서, 콘크리트 구조물에 대한 대표적인 검사 방법인 표면 경도 시험법, 전자파와 탄성파를 이용한 시험법, 그리고 중성화, 화재 손상부 검사 방법을 다루었습니다. 끝으로, 바쁜 시간중에도 특집 기사를 맡아주신 필진 여러분께 감사드립니다.

임홍철(연세대학교 건축공학과)

1. 개요

콘크리트의 비파괴 시험에 관한 연구는 1934년 경에 시작되어 현재에 이르고 있다. 현재까지 개발되어 콘크리트에 적용되는 비파괴 시험법은 적용목적에 따라 크게 콘크리트의 강도추정을 목적으로 하는 비파괴 시험방법 및 콘크리트 강도 이외의 물성 또는 상태를 조사하기 위한 목적을 가진 비파괴 시험방법의 두가지 유형으로 분류할 수 있다.

본 특집기사에서는 일반적인 비파괴 시험의 종류 및 특징에 대해 기술하고, 또한 시설물 안전관리에 관한 특별법에 의거 일정기술과 장비를 갖추어 정부로부터 지정을 받고 있는 안전진단 업체의 국내현황에 대해 간략히 서술하고자 한다.

* 정희원, 경원대학교 건축학과 부교수

표 1 콘크리트 비파괴 시험법의 종류 및 특징

종 류		측정내용	적용범위	특 징	결 점	비 고
방사선·중성자법	방사선법 X선법 γ선라디오그래피법 γ선라디오메트리법	방사선 투과상황의 촬영	• 내부결합의 탐사 • 철근탐사	콘크리트 내부의 상황을 직접 관찰할 수 있다.	• 방사선에 의한 위험이 따른다. • 장치가 대형	• 방사선·중성자 등의 위험에 제한이 있어 그다지 실용되고 있지 못하다.
	중성자법 중성자함수량측정법 중성자활성화분석법	중성자의 감쇄 상황의 측정	• 콘크리트의 함수량의 추정 • 단위시멘트량 추정	측정정도가 비교적 좋다.	• 위험이 따른다. • 장치가 대형	
기	마이크로웨이브 흡수법	파장(0.3~300)의 마이크로웨이브의 불에 의한 감쇄율의 측정	콘크리트의 함수율의 측정	측정이 비교적 용이	추정정도는 그다지 좋지 않다.	연구단계
	표면흡수법	콘크리트표면에 들어간(수심 약20cm)의 흡수속도와 흡수량의 측정	공극율에서 동결융해저항성을 추정	특별한 기기를 필요로 하지 않는다.	수평부재의 뒷면의 밖에 적용할 수 없다.	적용에는 적다
	수화도·공극율법	수은압입법에 의한 공극율과 화학분석법에 의한 수화도 측정	압축강도 추정	• 콘크리트조각이 있으면 강도추정이 가능 • 강도추정정도가 좋다.	측정이 곤란	연구단계
	이코스틱·에미션법	재하에 따른 콘크리트내부의 균열발생음의 계속	• 콘크리트품질의 측정 • 재하이력의 추정	커이지효과를 이용하여, 대상 콘크리트의 파괴 재하이력을 추정할 수 있다.	• 측정이 곤란 • 측정장치가 고가	연구단계
타	표면경도법 낙회식행머법 스프링행머법 회전식행머법 피스톨 강구타격법 등	좌측의 각 기기를 이용하여 콘크리트 표면을 타격하고, 파인면의 길이, 직경, 면적 등을 측정	압축강도의 추정	• 측정이 비교적 용이 • 피측정물의 형상·치수에 관계없이 적용할 수 있다.	• 측정부위가 콘크리트의 표층부에 국한된다. • 동일위치에 다시 측정할 수 없다.	최근에는 그다지 사용되지 않는다.
	반발도법 슈미트행머법 등	좌측의 기기에 의해 콘크리트의 표면을 타격하고 그 반발도를 측정	압축강도의 추정	• 측정이 간편 • 피측정물의 형상·치수에 관계없이 적용할 수 있다.	위와 같음	• 최근 많이 사용되고 있다. • 슈미트행머의 기종은 풍부 보통콘크리트용:N, NR형 경량콘크리트용:P형 매스콘크리트용:M형
동	공진법 중 공진법 힘 공진법 뒤틀림공진법	특정형상·치수의 콘크리트공시체의 공진진동수·대수감쇄율 등의 측정	• 동적특성(동탄성계수·동진단탄성계수·동포아송비 등)의 측정 • 동결융해저항성의 측정 • 압축강도의 추정	• 측정이 비교적 간편 • 동일공시체에 반복하여 적용할 수 있다.	• 피측정물의 형상·치수에 제약이 있다. • 동적특성을 단독으로 이용하는 경우에는 강도추의 정도가 그다지 좋지 않다.(복합법 조합)	이미 JIS·ASTM에 규격화 되어 있고 많이 사용되고 있다.
	음속법 초음파법 충격파법 위상법	• 초음파 펄스(종파)의 운반속도의 측정 • 충격파(종파·횡파)의 전파 속도의 측정 • 표면파(LL파)의 전파속도의 측정	• 콘크리트의 두께의 측정 • 콘크리트내부의 결함 추정 • 동탄성계수의 측정 • 압축강도의 추정	• 피측정물의 형상·치수에 그다지 제약되지 않는다. • 동일개소에 반복하여 적용할 수 있다.	• 사용주파수가 높아질수록 지향성은 좋아지지만 음파의 감쇄가 커진다. • 단독으로 이용하는 경우, 강도추정정도는 좋지 않다.	초음파법은 최근 많이 이용되고 있는데, 충격파법 및 위상법은 그다지 이용되지 않고 있다.
북	음속·슈미트행머법	초음파음속과 슈미트행머 반발도의 측정	압축강도의 추정	음속법·슈미트행머법을 단독으로 이용하는 경우보다는 추정정도가 좋다.	강도판정식이 확립되어 있지 않다.	강도추정정도의 향상을 기대하고 있다.
	음속·음파감쇄율법	초음파의 음속과 감쇄율의 측정	압축강도의 추정	음속만에 의한 것보다도 강도추정정도가 좋다.	감쇄율의 측정이 곤란	연구단계
	동탄성계수·대수감쇄율법	동탄성계수와 대수감쇄율의 측정	압축강도의 추정	동탄성계수에 의한 것보다도 강도추정정도가 좋다.	피측정물의 형상·치수에 제약이 있다.	최근에는 많이 이용되고 있지 않다.
국부 파괴법	관입법 **법, 피스톤법 원저프루브법	관입깊이의 측정	압축강도의 추정	측정이 비교적 용이	• 화약을 이용하기 때문에 위험 • 시험후의 보수가 필요	일본에서의 사용례는 그다지 없다.
	인발법 못, 볼트등의 인발법	콘크리트에 매입해둔 못·볼트 등의 인발내력 측정	압축강도의 추정	강도추정정도가 비교적 좋다.	• 콘크리트의 타설전에 준비례야 한다. • 시험후의 보수가 필요	소련에서 이미 규격화되어 있고, 미국에서도 규격화되고 있는 중이다.

표 1 콘크리트 비파괴 시험법의 종류 및 특징(계속)

종 류		측정내용	적용범위	특 징	결 점	비 고
	국부압축법	-	압축강도의 추정	강도추정정도가 비교적 좋다.	• 실시가 약간 곤란 • 시험후 보수가 필요	적용에는 적다.
전 자 기 법	전기저항법 유전율법 자연전극전위법	• 전기저항의 측정 • 유전율의 측정 • 자연전극전위의 측정	• 콘크리트의 두께·밀도·함수율 등의 측정 • 콘크리트중의 철근의 부식상황의 추정	• 측정은 비교적 용이 • 동일개소에 반복적용할 수 있다.	추정정도는 그다지 좋지 않다.	연구단계에 있기 때문에 적용에는 비교적 적다.
	파코메터법 커버메터법	철근의 존재에 의한 자기의 변화	철근탐사	• 측정은 비교적 용이 • 동일개소에 반복적용할 수 있다.	• 표면철근의 경우 탐사가 곤란 • 깊은 위치에 있는 철근에서는 적용 곤란	시판되고 있는 기기도 있고, 상당히 널리 실용되고 있다.

2. 비파괴 시험법의 국내현황

각종 비파괴 시험법은 일본, 루마니아를 비롯한 유럽에서 50여년 전부터 발전되어 현재는 수십여가지에 달하고 있다. 표 1에 이 개요를 표시하였다.

국내에서는 1960년대 후반부터 경제개발계획에 발맞추어 많은 구조물을 급속히 건설하기 시작했으나, 기술적인 품질관리나 유지관리 및 안전성에 대한 고려가 전혀 마련되지 않았다. 1990년도에 이르러 철근 콘크리트 구조물의 안전성에 대한 문제점이 중요한 사회문제로 대두되면서 비파괴 시험법에 대한 관심이 증폭되고 있으나, 그 진단기법이나 평가기법에 있어서 우리의 현실을 전혀 고려치 않고 외국에서 사용하는 그대로 적용하고 있거나 답습하고 있는 것이 사실이다. 현재 대형구조물의 건설이 계속 증가되고 있고, 전국적으로 산재되어 있는 경관된 수많은 구조물들에 대하여 현재의 안전상태를 정확히 파악하기 위하여, 각종 구조물에 대한 비파괴 시험법의 적정한 진단기법이나 평가기법에 대하여 우리 현실 여건에 맞도록 연구개발되어 신뢰성을 높여야 하겠다.

3. 안전진단 업체의 국내현황

현재 정부지정 안전진단 업체는 정부출연기관인 시설 안전기술공단을 비롯하여 154개(1997년 12월 현재)업체로 업체중에는 교량 및 터널, 항만, 수리시설 및 건축의 4개분야를 종합적으로 지정받았거나 1~2개 분야만을 전문으로 지정받은 경우가 있다.

국내 안전진단 기관의 인력, 장비 현황과 1997년도의 수주실적을 시설물 안전진단 협회의 비공식 통계자료를 통하여 살펴보면 다음과 같다(표 2~표 5).

표 2 안전진단전문기관 지정 현황

(1997. 12. 현재)

구 분	전 문 분 야 별 지 정					취 소	실 제 업체수
	4개분야(총합)	3개분야	2개분야	1개분야	계		
합 계	10	6	25(1)	111(3)	152(4)	5	147

* 지정취소 : 4 (쌍용양회공업, 시강안전기술단, 경남구조기술사사무소, 인터세크)
 휴업 : 1 (우원ENG건축사사무소), 실제활동업체 : 146개사
 (1)는 취소

표 3 기술인력 보유 현황

(1997. 12. 현재)

구 분	전 문 분 야 별 지 정					비 고
	4개분야	3개분야	2개분야	1개분야	계	
업체수	4개	2개	17개	83개	106개	
법정인력	128인	48인	272인	664인	1,112인	*시특법상
실제인력 (기술사)	222인 (40)	55인 (8)	322인 (46)	931인 (141)	1,530인 (235)	1개분야 당 법정 인력:8인
실제인력대비 업체당평균보유인력	55.5인	27.5인	18.9인	11.2인	14.4인	

* 건설교통부지정 전체업체수 : 152개 업체중
 지정취소 : 5개, 휴업 : 1개, 실제업체수 : 146개

표 4 진단장비 보유 현황

구 분	지 정 분 야 별					비 고
	4개분야	3개분야	2개분야	1개분야	계	
업체수	4개	2개	17개	83개	106개	*시특법상
법정장비	76개	38개	323개	1,577개	2,014개	(중견규정)법
실제보유장비력	98개	57개	439개	1,896개	2,490개	정장비:19개

* 진단업체 중 상당수업체는 법정장비외에 특수장비로서 GPR(지중탐사기), 압축강도추정기, 적외선 촬영분석기 등 고가장비를 보유하고 있음

표 5 1997년도 안전진단 실적

(1997. 1~1997. 12)

구 분	5억미만	5억이상 10억미만	10억이상 30억미만	30억이상 50억미만	50억이상	계
업체수	56개	36개	12개	-	2개	106개
대 비	52.8%	34.0%	11.3%	-	1.9%	100%

표 6 1종시설물 및 2종시설물의 범위

구분	1종시설물	2종시설물
1. 도로		
• 교량	• 특수교량(현수교, 사장교, 아치교, 최대경간장 50m 이상의 교량)	• 연장 100m 이상의 교량으로서 1종시설물에 해당하지 아니하는 교량
• 터널	• 연장 500m 이상의 교량 • 연장 1000m 이상의 교량 • 3차선 이상의 터널	• 고속국도·일반국도 및 특별시도·광역시도의 터널로서 1종시설물에 해당하지 아니하는 터널
2. 철도		
• 고속철도	• 교량, 터널 및 역사	• 1종시설물 외의 터널 및 역사
• 도시철도	• 교량, 고가교 및 하저터널	• 연장 100m 이상의 교량으로서 1종시설물에 해당하지 아니하는 교량
• 일반철도	• 트러스트교량	• 특별시 또는 광역시 안에 있는 터널로서 1종시설물에 해당하지 아니하는 터널
- 교량	• 연장 50m 이상의 교량	
- 터널	• 연장 1000m 이상의 교량	
3. 항만	• 갑문시설 및 말뚝구조의 계류시설(5만톤급 이상)	• 1만톤급 이상의 계류시설로서 1종시설물에 해당하지 아니하는 계류시설
4. 댐	• 다목적댐, 발전용댐 및 저수용량 2천만톤 이상의 용수전용댐	• 1종시설물외의 지방상수도전용 댐으로서 1종시설물에 해당하지 아니하는 댐
5. 건축물	• 21층 이상의 공동주택	• 16층이상 20층이하의 공동주택
	• 공동주택외의 건축물로서 21층이상 또는 연면적 5만㎡ 이상의 건축물	• 1종시설물에 해당하지 아니하는 공동주택외의 건축물로서 16층이상 또는 연면적 3만㎡이상의 건축물
		• 1종시설물에 해당하지 아니하는 건축물로서 연면적 5천㎡이상의 공항청사·철도역사·자동차여객터미널·종합여객시설·종합병원·판매시설·관광숙박시설 및 관람집회시설
6. 하천	• 하구둑	• 특별시 또는 광역시 안에 있는 직할하천의 제방 및 그 부속시설(수문은 제외)
	• 특별시 또는 광역시 안에 있는 직할하천의 수문	• 시 안에 있는 하천의 수문으로서 1종시설물에 해당하지 아니하는 수문
7. 상하수도·폐기물매립시설	• 광역상수도 및 부대시설	• 지방상수도 및 부대시설
	• 공업용수도 및 부대시설	• 하수처리장
	• 폐기물 매립시설(매립면적 40만㎡이상)	• 매립면적 20만㎡이상의 폐기물매립시설로서 1종시설물에 해당하지 아니하는 폐기물매립시설
8. 기타	• 제2조 제3항의 규정에 의하여 지정된 1종시설물	• 제2조 제3항 또는 제4항의 규정에 의하여 지정된 2종시설물

* 비고 : 위표의 건축물에는 건축설비·소방설비·승강기 및 전기설비는 포함하지 아니한다.

진단업체들의 업무범위로는 기존 시설물 중 특별법에서 정하고 있는 1, 2종 시설물(표 6)에 대한 정기안전점검 및 정밀안전진단과 건설기술관리법에 의한 공사중인 일정시설공사에 대한 공사중 정기 안전 점검을 주로 담당하고 있다.

하지만 한정된 물량에 비하여 진단업체가 상대적으로 많고 또한 현재에는 IMF의 여파로 진단업체들의 경영이 더욱 어려워질 전망이다.

4. 맺음말

현재 국내에서 발생되고 있는 각종 구조물의 대형

사고로 인하여 구조물의 안전에 대한 문제가 중요한 쟁점으로 대두되고 있는 실정이다. 국내의 경우 구조물 유지관리분야의 기술은 아직까지 미흡한 수준이나, 선진국의 추세로 볼 때 향후 시공분야와 대등한 규모로 성장할 것이 예상되고 있다. 따라서 국내에서도 우리의 실정에 맞는 비파괴 시험 및 안전진단 기술개발과 더불어 안전진단 업무가 일반설계, 시공·감리분야와 같이 별도의 고유영역으로 발전·정착시키도록 유지관리분야에 대한 보다 과감한 연구개발 및 투자가 이루어져야 한다고 보겠다. 