



진단장비의 종류와 특징

임 재 수 우리 협회 진단계측실 실장

1. 진단장비 개요

콘크리트 구조물에 대한 비파괴검사의 종류를 크게 분류하면 콘크리트의 강도에 관한 것과 균열에 관한 것으로 분류할 수 있다. 이러한 분류 방법에서 콘크리트 구조물을 검사하는 데 가장 먼저 고려하여야 할 사항이 구조물의 강도인데, 그 이유는 그외의 검사는 구조물의 강도가 충분하다는 전제하에 그 구조물의 내구성에 관한 조사이기 때문이다. 그러나 구조물의 내구성에 대해서 조사할 때 콘크리트 강도 뿐만 아니라 기타 품질에 대한 조사도 하여야 하며, 강도만으로는 충분한 진단을 수행할 수 없다. 지금까지 개발되어 이용되고 있는 콘크리트 구조물의 비파괴검사를 대상으로 하여 목적별로 요약하면 다음과 같다.

- ① 강도 (압축강도, 휨강도, 인장강도 등)
- ② 탄성계수 (동탄성계수 등)
- ③ 치수, 두께(직접 치수를 측정할 수 없는 경우 등)
- ④ 변위, 변형

- ⑤ 균열(위치, 깊이, 폭)
- ⑥ 강성
- ⑦ 콘크리트의 온도
- ⑧ 콘크리트 중의 수분
- ⑨ 철근(위치, 직경, 피복두께)
- ⑩ 강제 부식
- ⑪ 결함, 공극(충진이 불충분한 개소 등)

조사목적은 같지만 측정원리에 따라 비파괴검사를 분류하면 적외선법, X선법, 레이더법, 마그네틱법, 초음파법 등이 있으나 이러한 것들 중에는 아직 건설기술자들에게 잘 알려지지 않은 것이 많이 있어 비파괴검사법이 많이 이용되지 못하고 있으며, 최근의 기술혁신에 따라서 날마다 새로운 것이 개발되고 있다.

2. 우리 협회 진단장비 보유 현황

콘크리트 및 강구조물의 비파괴검사방법에 따라 우리 협회에서는 <표 1>과 같이 적용대상에 따라 다양한 종류의 진단장비를 구비하고, 수많은 연구와 실무를 통해 진단장비의 장단점

을 파악하고, 그 운용능력의 극대화를 위해 노력하고 있다.

현재 우리 협회가 보유하고 있는 진단장비를 살펴보면 다음과 같다.

표 1. 진단장비 보유 현황

1998년 6월 30일 현재

구 분	장 비 명	장비 수량
1. 지중구조물 탐사장비	1) GPR	1
	2) 관로누수탐지기	1
	3) 금속관탐지기	1
	4) 록볼트 측정기	1
2. 정적, 동적 변위측정기	1) P.S.M 200(Postion Sinsers measrment)	1
	2) 변형률측정기	1
	3) 채하시험기	3
3. 철근콘크리트, 철골진단장비	1) 균열측정기	39
	2) 철근탐지기	25
	3) 콘크리트 강도측정기	53
	4) 콘크리트 압축강도 측정기	1
	5) 균열깊이 측정기	6
	6) 적외선 촬영 및 분석기	1
	7) 염분농도 측정기	2
	8) 중성화 시험기	1
	9) 접착력 시험기	1
	10) 타일, 몰탈 박리 시험기	1
	11) DOCTOR HAMMER	2
	12) 콘크리트 전위차, 저항률, 염분 측정기	3
	13) 자분 탐상기	1
	14) 와류강재 균열 탐상기	1
	15) 강제초음파 탐상기	1
	16) 수분 측정기	1
	17) 공기량 측정기	1
	18) 도막두께 측정기	1
	19) 코아채취기	1
	20) 생콘크리트 품질 시험기	1
	21) 내공변위 측정기	1
4. 환경측정장비	1) 소음 측정기	3
	2) 운습도 측정기	1
	3) 조도계	1
	4) 진동 측정기	10
	5) 주파수 측정기	1



구 분	장 비 명	장비 수량
4. 측량장비	1) 광과 측량기	1
	2) 측량기	6
	3) 아이피스	6
	4) 레벨	1
	5) 레이저 레벨	5
	7) 경사측정기	9
	8) 나침반	9
	9) 레이저거리 측정기	2
	10) 수준기	2
	11) 평판측량기	1
	12) 거리측정기 28A	1
	6. 보조장비	1) 고무보트
2) 고농도 마스크		5
3) 접화등		5
4) 무전기		2
5) 쌍안경		2
7) 발전기		1
8) 비디오 카메라		1
9) HILTI GUN		2
10) ENVIL		1
11) 코아 컷타기		1
12) 사다리		2
13) 그라인더		4
14) 혹크 온 메타		1
15) 유속계		1
16) 절연저항계		1
17) 수중카메라		1
18) 전자저울		1
7. 기타장비		1) NOTEBOOK P.C.
	2) PRINTER	5
	3) T.V	1
	4) P.C	1
	5) 드릴	1
	6) 테스트기	1
	7) 연마기	1
	8) 납인두	1
	9) 익스텐션 케이블	1
	10) 충전용 드라이버	13
총장비수량		271

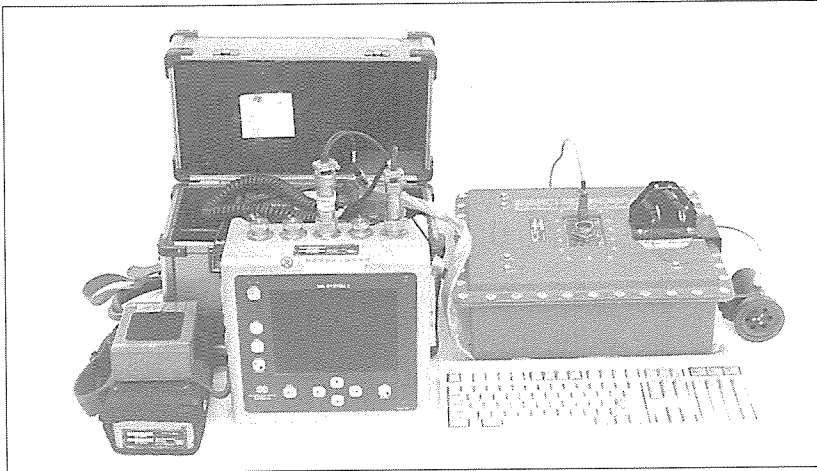


사진 1. G.P.R(지반투과레이더)

3. 측정 대상별 적용장비 및 특징

3-1 지중구조물 탐사장비

지중구조물 탐사장비의 대표적인 예는 지반투과레이더 (G.P.R - Ground Penetrating Radar)(사진 1)이다.

G.P.R 탐사는 송신 안테나로부터 방출된 전자파가 전자기적 물성이 다른 물체를 만나 반사되어 돌아오는 신호를 수신안테나에서 탐지하고, 이를 처리하여 단면도로 작성하고 해석하는 과정이라 요약할 수 있다. 시간에 따른 반사신호 변화는 전자파의 진행경로에 따른 매질의 전자기적 물성변화에 대한 정보를 내포하고 있으므로 반사신호를 처리 분석해 내면 전자기적 성질이 서로 다른 매질간의 경계면, 공동의 존재 여부 및 심도와 위치 그리고 규모를 밝혀 낼 수 있다.

G.P.R의 탐사심도는 안테나의 주파수 대역

에 따라 결정되며, <표 2>는 안테나의 주파수 대역에 따른 탐사심도를 나타내고 있다.

우리 협회에서는 1000Mhz, 500Mhz, 100Mhz, MLF 등의 안테나를 보유, 활용하고 있으며, 측정대상의 범위도 지중 매질물 뿐만 아니라, 건축물 저판의 크기 및 심도탐사와 터널천단부 배면의 공동탐사 등 그 범위를 연구와 실무를 통해 확대해 나가고 있다. <표 3>은 G.P.R의 탐사적용 가능범위를 나타내고 있다.

이 외에도 지중 구조물 탐사장비에는 Rad-iodetection(RD-400)이 있으며, 이는 주파수 송신기를 통해 일정 주파수(8KHz, 33KHz,

표 2. 주파수 대역에 따른 대략적인 탐사가능 심도

탐사 가능 심도(m)	주파수(MHz)
0~1	1000
0~1.5	900
0~2.5	500
0~9	300
0~24	100

표 3. G.P.R장비의 탐사가능 범위

구 분		탐 사 범 위	비 고
건축구조물		<ul style="list-style-type: none"> · 기초판의 크기 및 심도탐사 · PILE의 두부탐사 · 옹벽의 배면 철근탐사 · SLAB 등 콘크리트의 두께탐사 	500Mhz 안테나 사용
토목구조물	터 널	<ul style="list-style-type: none"> · 배면의 공동탐사 · 지보재의 위치탐사 · 라이닝의 두께탐사 · 철근탐사 · 재료분리 및 내부균열 등 콘크리트의 품질탐사 · 쇼크리트의 두께탐사 · 와이어메쉬 및 방수층탐사 · 내부 누수상태탐사 	1000~500Mhz 안테나 사용
	옹 벽	<ul style="list-style-type: none"> · 배면 및 복배근된 철근탐사 · 내부 균열 및 품질상태탐사 · 저판의 크기 및 심도탐사 	1000~500Mhz 안테나 사용
기 타		<ul style="list-style-type: none"> · 매설관의 매설심도탐사 · 지층탐사 · 지반 공동탐사 	100Mhz 안테나 사용

65KHz)를 지중매설 관로에 보내고, 수신기를 이용해서 지상에서 주파수의 발신위치를 찾아 매설관로의 매설방향 및 매설도피고를 탐지할 수 있으며, 탐사거리는 33KHz의 주파수를 사용할 경우 대략 2Km 정도이다.

3-2 정,동적 변위측정기

교량 및 건축물의 정,동적 재하시험시 최대 처짐량을 측정하는 장비로서 PSM-200(사진 2)이 있다. PSM-200은 레이저를 송신하고 수신하는 송·수신 Sensor와 데이터 수신기 및 PC 프로그램 등으로 구성되어 있다.

교량 및 건축물의 최대 휨모멘트가 발생하는 위치에 레이저 수신기를 위치시키고, 레이저 송

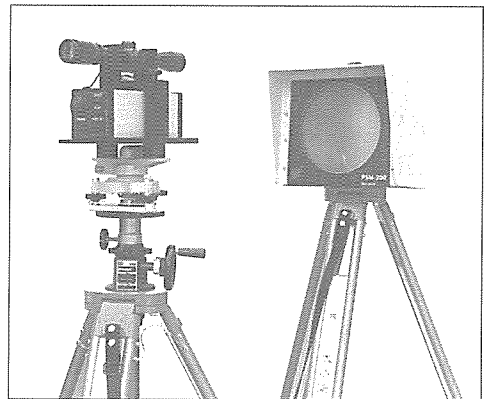


사진 2. PSM-200

신기를 재하시험의 영향권을 벗어난 곳에 위치시킨 후, 수신기의 정중앙에 레이저를 발신시켜, 재하시 레이저의 타켓, 즉 수신기의 움직임

을 최소 0.01mm 단위로 데이터 수신기를 통해 PC로 전송되며, 프로그램을 이용해서 정·동적 처짐량을 그래프 또는 수치로 직접 나타낼 수 있다.

3-3 철근 콘크리트 및 철골 비파괴 시험 장비

철근 콘크리트 및 철골 비파괴 시험장비는 콘크리트의 강도에서부터 철근의 응력, 균열의 폭과 깊이, 강구조물의 용접부 결함 등 종류가 가장 다양하고, 사용빈도 역시 가장 많이 차지하고 있는 분야이다.

장비의 대표적인 예로는 반발경도를 이용해 강도를 추정하는 Schmidt-Hammer, 초음파의 전달속도를 이용하여 균열 깊이 및 강도를 추정

하는 PUNDIT와 TR-300, 자연전위차와 염분 함유량을 측정하여 철근의 부식정도를 측정하는 TR-01, 강구조물의 용접부결함을 탐사하는 SONATEST 등이 있으며, 탐사 원리 및 목적 등으로 구분하여 철근 콘크리트 및 철골 비파괴 시험장비를 분류하면 다음 <표 4>와 같다.

3-4 발파진동의 영향성 측정 장비

발파로 인한 진동전파는 크기에 따라서 주위에 인접한 구조물이나 시설물에 대하여 피해를 야기시킬 수 있는 것으로서 지반을 따라서 전달되는 지반진동과 공기중을 전파하는 충격파(Shock wave)의 폭풍압으로 구분된다.

이러한 진동발생은 발파시 폭발에너지의 총량

표 4. 철근 콘크리트 및 철골 비파괴 시험장비의 원리 및 용도

구 분	장 비 명	탐사원리 및 용도
균열 측정기	균열측정 현미경(PSM-40)	• 균열을 20배로 확대하여 균열의 폭을 측정
	크랙 게이지	• 콘크리트의 균열의 진행성을 파악하여 건물 및 구조물의 침하방향 및 영향부위 파악
철근 탐지기	PROFOMETER-3, 4	• 마그네틱파를 이용하여 철근의 위치 및 피복두께 탐사 • PC와 연결하여 철근의 배근도의 출력이 가능 • 탐사범위는 약 피복두께 5cm 내외
	RC-RADAR	• 전자파를 이용하여 철근의 배근간격 및 피복두께 탐사 • 열전사 프린트를 통해 현장에서 즉석으로 출력가능 • 탐사범위 약 10cm 내외
	IRS 150/400	• 전자파를 이용하여 철근의 배근간격 및 피복두께 탐사 • 콘크리트의 내부의 공동 및 기타 이상물질 탐사 • PC프로그램을 통해 잡음 및 산상 제거, 매질의 전자파 전파 속도 조절가능 • 칼라 화상의 출력가능 • 탐사 범위는 최대 약 40cm
	FERROSCAN	• 마그네틱파를 이용하여 철근의 배근간격 및 피복두께 탐사 • 철근의 직경탐사 (피복 3cm 이내) • 탐사범위는 최대 10cm 내외

콘크리트 강도 측정기	PUNDIT	<ul style="list-style-type: none"> • 초음파의 전달속도를 이용하여 콘크리트의 강도추정
	Schmidt-Hammer	<ul style="list-style-type: none"> • 콘크리트 표면반발도를 이용하여 강도를 추정 • 디지털 방식에 의해 반발평균값이 자동으로 계산됨 • 각도의 의한 보정 자동
	중량Schmidt-Hammer	<ul style="list-style-type: none"> • 암반 및 매스 콘크리트의 표면 반발도를 이용하여 강도를 추정
균열깊이 측정기	TR-300	<ul style="list-style-type: none"> • 진전부와 균열부에서 초음파의 전달속도의 차이를 이용하여 균열깊이를 자동으로 측정 • 보수 충전제의 완충여부 측정 • 타일 및 몰탈의 박리여부 측정 • 충격탄성파를 이용 PILE의 진전유무 측정
적외선촬영 분석기	TVS 2000ST	<ul style="list-style-type: none"> • 물체가 적외선을 발산시킬 때 이를 촬영하여 온도차를 이용하여 결함여부를 측정 • 타일 및 몰탈의 박리여부 측정 • 백태 및 누수현황 측정
염분농도 측정	EM-250	<ul style="list-style-type: none"> • 경화 콘크리트의 염분함유량을 측정
철근부식 측정기	TR-01	<ul style="list-style-type: none"> • 콘크리트의 자연전위차, 저항율, 염분함유량 등을 측정하여 철근의 부식 정도를 측정
강구조물 결함 탐상기	자분 탐상기	<ul style="list-style-type: none"> • 자기장을 이용하여 강재 표면의 균열 측정
	용접부 결함 탐상기	<ul style="list-style-type: none"> • 초음파의 펄스 반사법을 이용하여 용접부의 크랙, 기공, 용입불량, 언더컷 등의 결함탐사
도막두께 측정기	CTR-2000 II	<ul style="list-style-type: none"> • 코일의 유도전류를 이용하여 강재의 도막두께를 측정 • 강재표면의 부식두께 측정
생콘크리트 품질시험기	FCT-101	<ul style="list-style-type: none"> • 생콘크리트의 슬럼프치, 물/시멘트비, 28일후의 강도를 추정
락 볼트 장력 측정기	TORQUE WRENCH	<ul style="list-style-type: none"> • 락 볼트의 조임력 측정

중 0.5~20% 정도가 탄성파로 전환되어 발파진동을 일으키며, 탄성파가 암반내를 전파함으로써 전면에서는 진폭과 주기를 갖는 진동으로 나타나게 되며, 이와 같은 지반진동은 일반적으로 변위, 입사속도, 가속도 등 3가지 성분과 주파수로 구분된다.

발파에 의한 지반진동의 측정은 방향에 따라서 수직방향(Vertical component)과 진동발생 폭원으로부터 측정점을 향하는 평면상의 파

(Longitudinal component) 및 이들 두 방향의 직각을 이루는 접선방향(Transverse component)의 3성분으로 구분된다.

일반적으로 발파에 의한 주파수는 폭원으로 부터 이격된 측정장소의 거리와 전달매체로 부터 영향을 받게 되며 주파수의 운동량에 따라서 구조물과 시설물의 손상 척도가 좌우된다. 진동을 동일한 조건하에서도 최대값이 일정하지 않으므로 각각의 주파수를 갖게 되고, 이 때에 가장

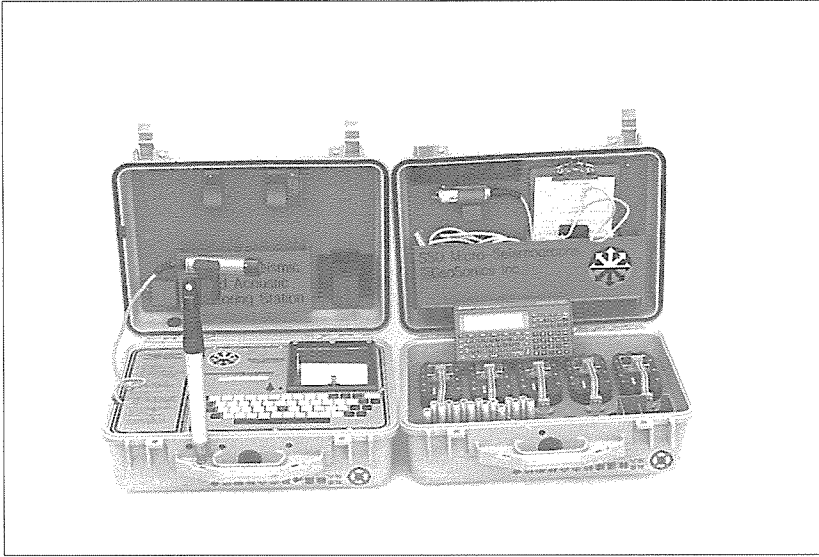


사진 3. SSU 2000DK

큰 진동치를 나타내는 주파수를 탁월주파수라고 하며, 또한 발파에 의한 지반진동치는 3방향의 성분이 각각 상이하므로 탁월주파수도 각각의 방향에 따라서 측정한다. 발파진동은 지반을 따라서 전달되는 3가지 성분(L, V, T)을 측정하는 것으로서 서로 다른 진동값, 발생시간별 및 주파수도 상이하게 나타나므로 실 Vector 합에 의한 합성진동치를 기준으로 한다.

이와 같이 여러 인자나 환경조건 등을 고려하여 진동치를 측정하여야 하며, 우리 협회에서는 미국의 SSU 2000DK(사진 3) 장비를 이용해서 1회 발파시 거리별로 6지점의 각각의 진동치를 획득할 수 있으며, 3가지 성분의 최대값의 실 Vector 합을 자동으로 계산, 나타냄으로써 시험발파의 횟수 및 장약양 등을 줄일 수 있는

장점이 있다. 이와 동시에 미 광무국(USBM)에 의해 제안된 구조물에 대한 발파진동의 안전수준의 그래프도 현장에서 출력이 되어 측정값의 인지속도 또한 매우 빠른 장점이 있다.

4. 결론

이 외에도 탐사목적은 같지만 기능 및 성능의 정도에 따라 많은 종류의 비파괴 시험장비들이 사용되고 있으며, 현재로서는 대부분의 비파괴 시험장비가 수입에 의존하고 있는 실정이어서 국내의 환경과 조건에 맞는 비파괴 안전진단장비의 개발과 적용기준 및 탐사결과의 신뢰성 등을 평가할 수 있는 기준마련 등 수 많은 연구와 개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다.