

# 콘크리트 측정장비 SONIC SEARCHER TR-300에 관하여

金 善 福

한국건설안전기술협회 전문위원  
건설안전기술사  
건축시공기술사  
진 측 사

## 1. 개요

그간 수많은 件數의 安全診斷을 實施하면서 늘 아쉽게 느꼈던 점은 과학적으로 콘크리트의 균열깊이와 空洞부분을 측정할 수 있는 장비는 없을까 하는 점이었다. 그런 생각을 하던 次에 일본 TECHNO RESEARCH에서 개발한 콘크리트 측정장비인 「SONIC SEARCHER TR-300」을 소개받게 되었다.

이 장비는 초음파·탄성파로 콘크리트의 空洞 및 균열 깊이의 즉각적인 진단이 가능할 뿐만 아니라 10年前 日本에서 최초로 발명된 U-004 장비보다 外形寸數가 ¼로 축소되고 SOFT WARE를 변경하여 계산기능과 MEMORY 기능을 고루 갖추게 되었다.

安全診斷時 현장에서는 소형경량인 TR-300으로 진단을 실시한 후 사무실에서 이를 PERSONAL COMPUTER에 연결하여 진단결과를 즉시 알 수 있는 편리한 장비이다.

TR-300을 소개하기 전에 理解를 돕기 위해 초음파에 대하여 간략하게 언급하고자 한다.

## 2. 초음파(ULTRA SONIC)의 정의와 초음파 탐상

### 2-1. 초음파의 정의

초음파는 사람의 귀에는 들리지 않는 높은 주파수의 소리를 말한다. 可聽音波(AUDIO)의 주파수의 上限은 대체로 20,000Hz(20kHz)이며 개인에 따라 약간의 차이는 있다.

사람의 귀에는 들리지 않는 소리도 박쥐 또는 그밖의 벌레 또는 동물에게는 들린다고 하며 박쥐와 같은 동물은 초음파를 발사하여 어두운 밤에도 장애물과 먹이를 분간하고 있는데 이와 같이 사람이 듣지 못하는 음파 또는 사람의 귀를 초월한 음파이다.

실용적으로는 20KHz보다 높은 주파수의 음파를 초음파(ULTRA SONIC)라고 부른다.

## 2-2. 超音波 探傷

초음파 탐상이란 높은 주파수의 음파, 즉 초음파의 PULSE를 탐촉자(SENSOR)로부터 시험체에 투입시키면 내부에 있는 결함에 일부 반사되어 탐촉자에게로 수신되는 현상을 이용하여 결함의 존재위치 및 결함의 크기정도를 비파괴적으로 알아내는 방법을 말한다.

## 3. 초음파의 발생과 受信

초음파 탐상에서 사용되는 높은 주파수의 초음파 발생에는 압전재료가 사용되고 있다. 압전재료로서는 수정, 티탄산 바륨, 티탄산 지르콘 및 유산리튬을 주로 사용하고 있으며 본 TR-300用 SENSOR에는 TITAN산 지르콘을 사용하였다.

이와 같은 압전재료로 초음파를 잘 발생시키기 위해서 특정한 주파수에서 공진하도록 잘라낸 것을 振動子(TRANSDUCER)라고 한다.

아래 그림에서와 같이 진동자의 양면에 은도금한 것을 전극으로 하고, 이 양전극 사이에 고주파 전압을 가해주면 진동자는 두께 방향으로 신축한다.

즉 전기진동이 기계진동으로 변환하게 된다. 이 기계진동이 시험체에 도달해 가는 것이 바로 초음파이다.

반대로 진동자에 고주파의 기계진동(초음

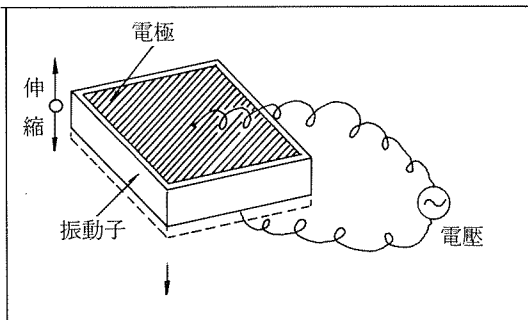
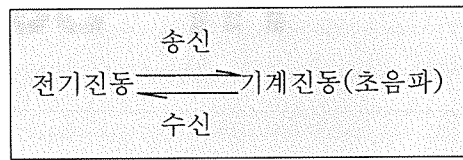


그림. 초음파의 발생

파)을 전달하면 진동자가 진동되어 진동자의 양전극 사이에 그 주파수와 동일하고 초음파의 세기에 비례한 고주파 전압이 발생한다.

이와 같이 진동자는 전기진동과 기계진동을 가역반응과 같이 상호 변환할 수 있으므로 초음파를 송신할 수도 있고 수신할 수도 있다.

실제로 초음파 탐상에서는 1개의 진동자를 송신과 수신 겸용으로 하는 경우가 많다.



## 4. TR-300소개

SONIC SEARCHER TR-300은 저주파 초음파를 이용한 시험기로서 콘크리트, 세라믹, 복합소재 등 비금속의 재료진단에 위력을 발휘한다.

### 4-1. 특징

- 1) 구리스 등의 접촉매질이 불필요하므로 작업성이 양호하여 시험체를 오손시키지 않는다.
- 2) 파형을 판독하여 고체 내부상황을 판단할 수 있다.
- 3) CURSOR 이동에 의해 시간, 파고치, 거리(음속치 입력) 등을 DIGITAL 표시로 용이하게 이해할 수 있다.
- 4) B.S법의 계산결과를 DIGITAL 표시로 용이하게 이해할 수 있다.
- 5) 측정자료를 기억하는 내부기억(기억점수 약 150점)을 갖고 있다. 또한, OPTION의 기억카드(1M 바이트)와 PERSONAL COMPUTER 등에 접속하는 INTERFACE(RS-232C)를 갖고 있기 때문에 자료의 해석·보존 등이 용이하게 행해진다.
- 6) PRINTER 등과 접속하므로 측정화면의 HARD COPY가 가능하다.

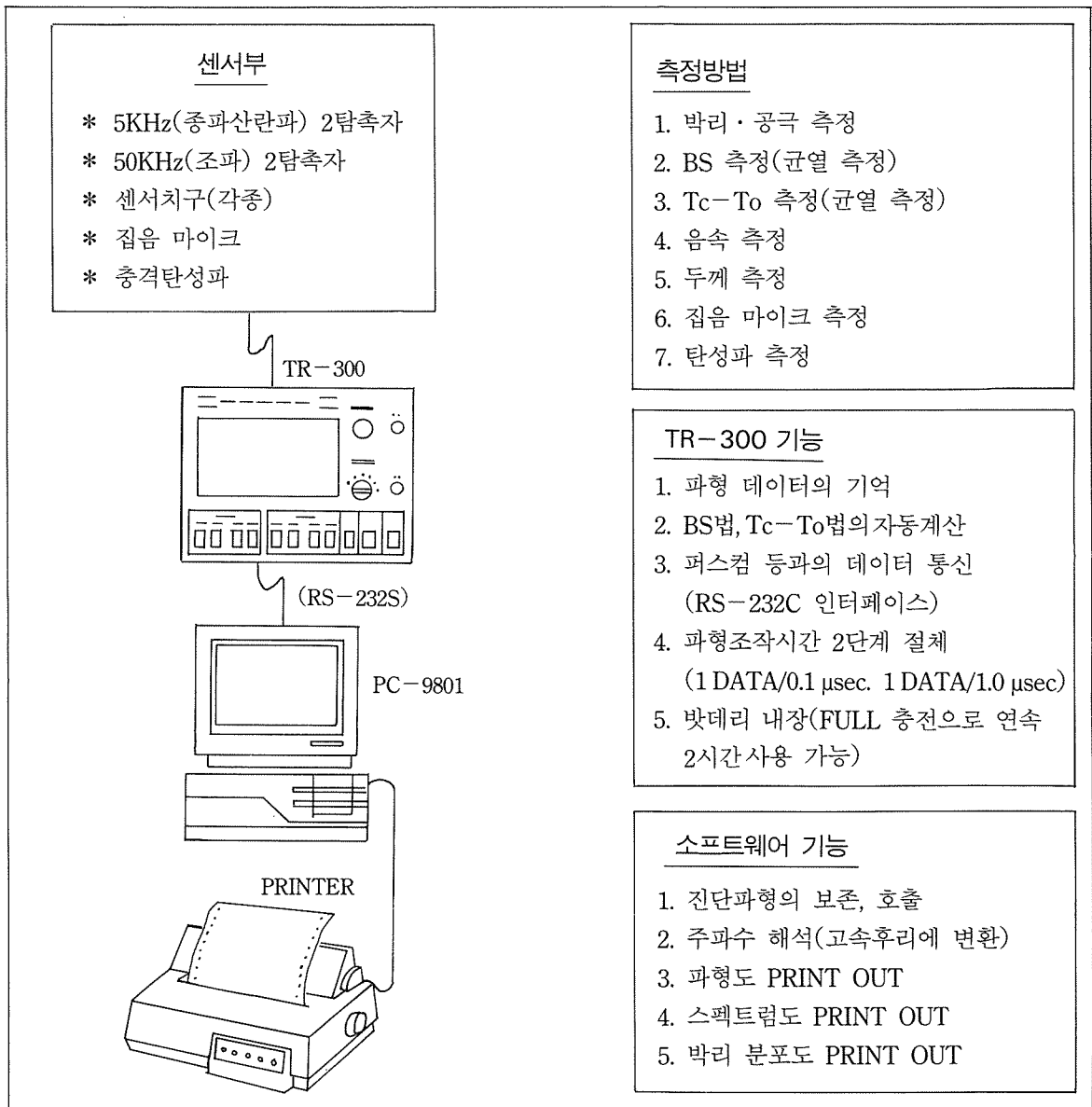
- 7) SCHMIDT HAMMER(OPTION)에 의한 탄성파 측정이 가능하다.
- 8) 소형경량(어깨에 메고 작업 가능)이다.

#### 4-2. 용도

- 1) 콘크리트 내부의 공극, 박리 검출
- 2) 콘크리트 균열의 깊이 측정

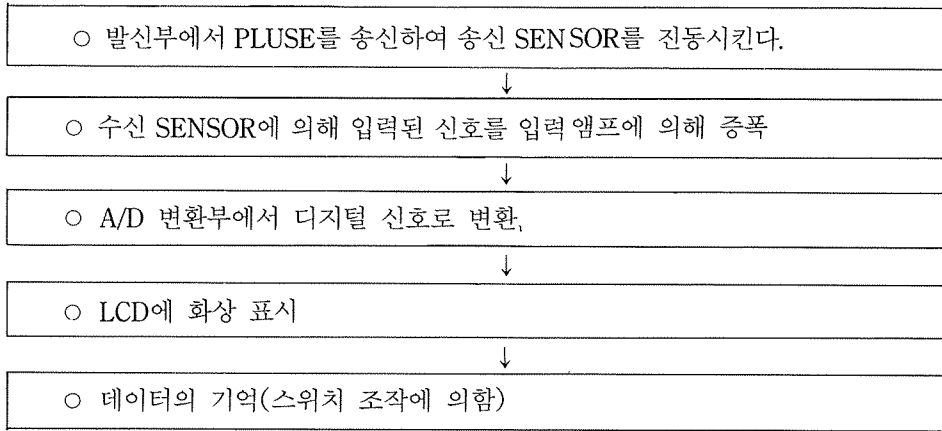
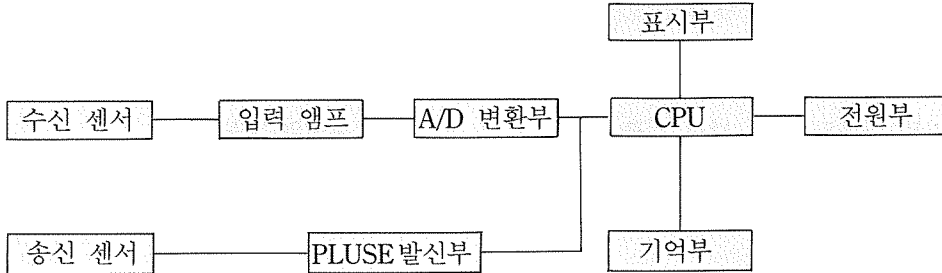
- 3) 건축물 외장 타일의 부착 양부
- 4) 콘크리트의 음속 측정
- 5) 공극 보수 몰탈 충전 후의 양부
- 6) 목재 재질의 양부
- 7) 세라믹 재질의 양부
- 8) 고무 재질의 양부

#### 4-3. SYSTEM구성

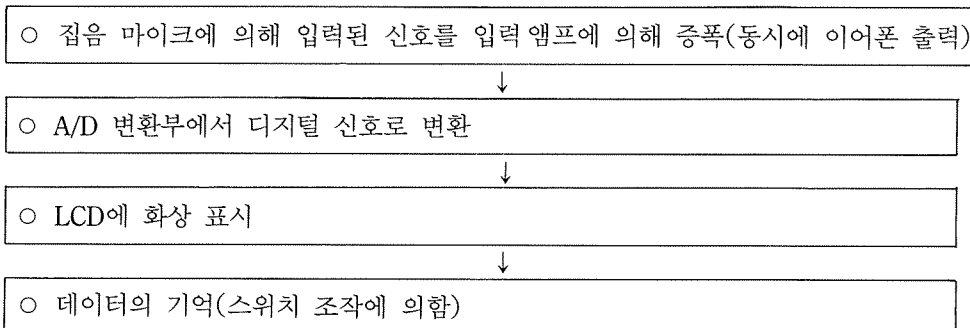
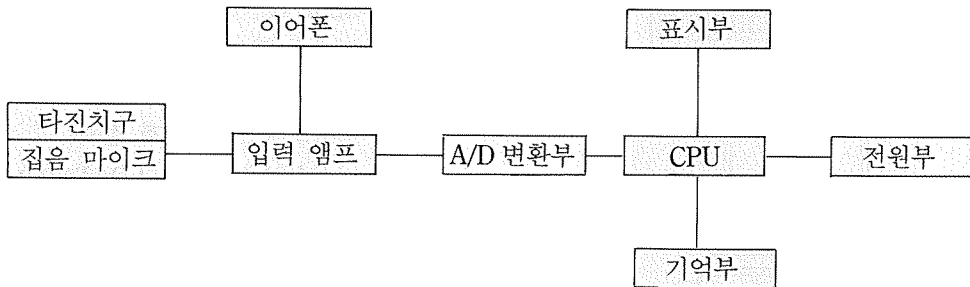


#### 4-4. TR-300 동작 SEQUENCE

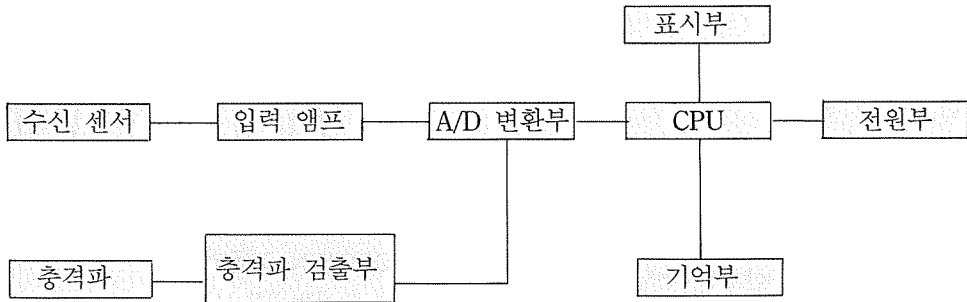
##### ● 초음파 측정(2탐촉자법)



##### ● 타진 측정(집음 마이크)



● 탄성과 측정



- 충격파 발생과 동시에 신호입력 개시
- 수신 센서에 의해 입력된 신호를 입력 앰프에 의한 증폭
- A/D 변환부에서 디지털 신호로 변환
- LCD에 화상 표시
- 데이터의 기억(스위치 조작에 의함)

4-5. 기본적인 스위치 조작과 표시화면의 읽는 방법

1) GAIN 가변 로타리 스위치

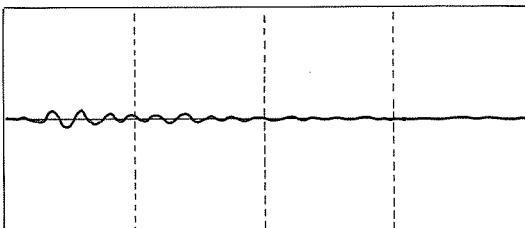
입력 앰프의 증폭률을 설정하는 스위치임.

스위치는 7단계 절체로 되어 있으나, 스위치 외는 별도로 배율의 절체(배율×1배×20배)가 행하여지므로 14단계의 선택이 된다.

○ 배율×1배의 경우

스위치 좌로부터 순서대로

GAIN 2배로 측정된 경우의 표시 파형



2배, 3배, 5배, 7배, 10배, 20배, 30배

○ 배율×20배의 경우

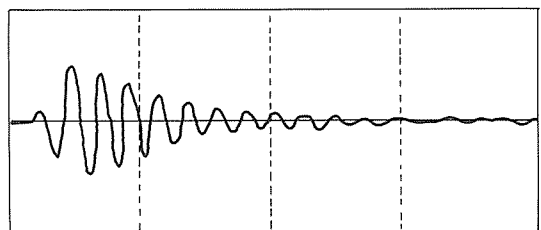
스위치 좌로부터 순서대로

40배, 60배, 100배, 140배, 200배, 400배, 600

배

※ 증폭율을 높이면 파형의 진폭이 크게 표시되지만 노이즈 등의 영향을 받아 파형의 오류가 읽기 어려울 수도 있음.

똑같은 측정물을 GAIN 20배로 측정한 경우의 표시 파형



측정방법, 측정물에 맞춘 GAIN 설정을 행하기 바람.

2) TIME SWEEP 가변 로타리 스위치 시간축의 변경을 행함.

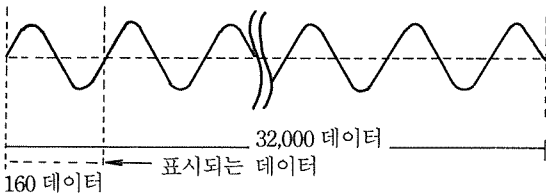
TR - 300은 수신 센서로부터의 신호를 약 32,000 데이터 취함.

취압시간(수신신호를 취압시간 간격)0.1 μsec로서 약 3.2msec의 수신신호를 취압시간 1.0 μsec에서 약 32 msec의 수신신호를 취압함.

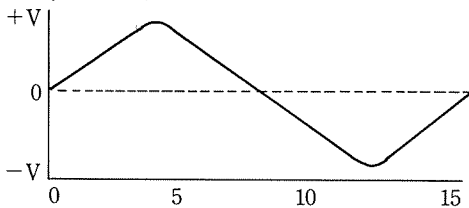
화면에는 160 데이터분의 파형밖에 표시 안 되므로 스위치에 의해 파형의 횡폭을 축소하여 화상에 표시함.

TIME SWEEP 스위치의 왼쪽에서 순서대로 파형의 횡폭을 1/1, 1/2, 1/5, 1/10, 1/20, 1/50, 1/100의 비율로 축소하여 표시함.

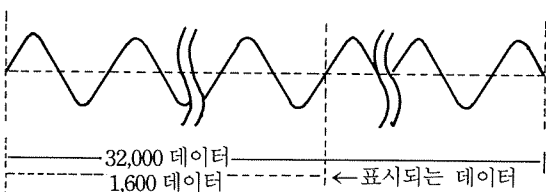
TIME SWEEP 스위치 「0.1」(왼쪽으로 짝차게 한 경우)의 경우  
(실제의 취압 파형)



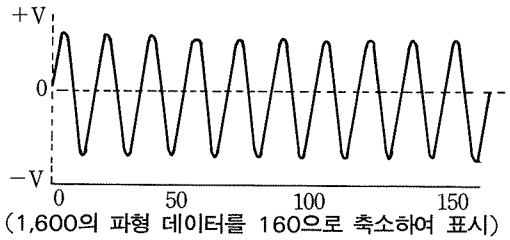
(표시화상)



TIME SWEEP 스위치 「1」의 경우  
(실제의 취압 파형)



(표시화상)



3) POSITION 이동키

파형의 표시범위를 이동함.

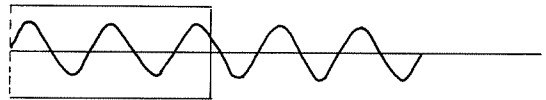
POSITION [ << ] 좌 1화면 이동

POSITION [ < ] 좌 5행 이동

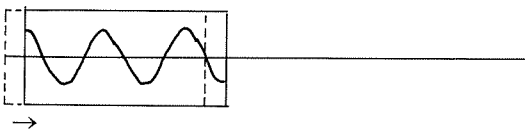
POSITION [ > ] 우 5행 이동

POSITION [ >> ] 우 1화면 이동

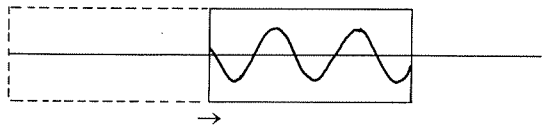
(파형을 취압시 화면)



(POSITION [ > ]키를 누른 경우)



(POSITION [ >> ]키를 누른 경우)



4) CURSOR 이동키

CURSOR를 이동시키면 그 CURSOR 위치의 시간, 전압, 거리를 표시함.

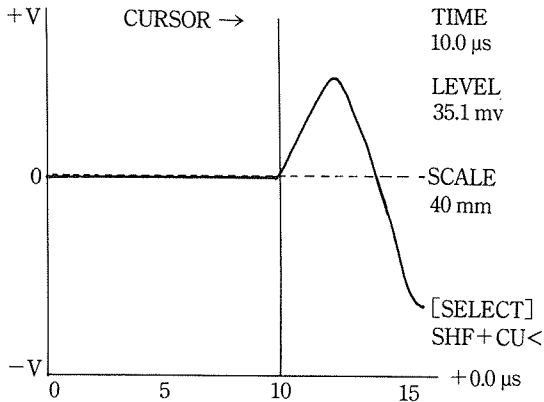
CURSOR [ << ] 좌로 5행 이동

CURSOR [ < ] 좌로 1행 이동

CURSOR [ > ] 우로 1행 이동

CURSOR [ >> ] 우로 5행 이동

SCALE(거리)치는 거리(m) = 음속(m/s) × 초(s)에서 계산하여 표시하므로 입력된 음속치에



의하여 치가 표시됨.

위 그림의 SCALE치는 음속 4,000 m/s로 한 때의 것임.

## 5. 측정방법

측정방법에는 박리 측정, 균열깊이 측정, 음속 측정, 두께 측정 방법이 있다.

### 5-1. 박리 측정

#### 1) 타진 측정

이 측정은 작업성을 향상시키기 위해 타진봉에 집음 마이크를 장착하고 타진음을 집음 마이크에 의해 입력하는 것이다. 또 그 타진음은 이어폰에 의해 들을 수가 있으며, 음의 변화로 박리(뜸)를 판단할 수도 있다. 다만 이 방법은 결함부(박리부)가 표면 부근에 있는 경우에 유효하다. 입력된 신호는 화면상으로 표시되나, 음색의 변화는 표시파형을 보는 것만으로는 판단하기 어려우므로 신호파형을 기억시켜 후처리의 해석에 의해 음색의 변화 등을 판단한다.

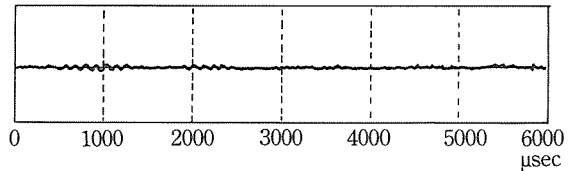
#### 2) 박리 측정(2탐촉자법)

송·수신 센서(5KHz 산란파 센서)를 10~20 cm 간격으로 하여 측정면에 짝 누르고 측정을 행한다. 이 센서는 특수형상으로 되어 있으며, 측정면과의 결함은 점 접촉에서 이루어지기 때문에 접촉매질을 필요로 하지 않는 것이 특징

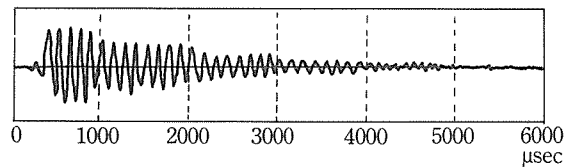
이다.

또 센서치구를 사용함으로써 일정 압력으로 짝 누를 수가 있다(스프링 조정방식). 이 측정은 단순하게 센서를 측정면에 짝 누르고, 파형의 혼잡 결함유무를 확인하고, 그 파형을 기억시키는 것이다.

결함 없는 波形(기본파, 진폭이 작다)



결함 있는 波形(주파수, 진폭이 다르다)

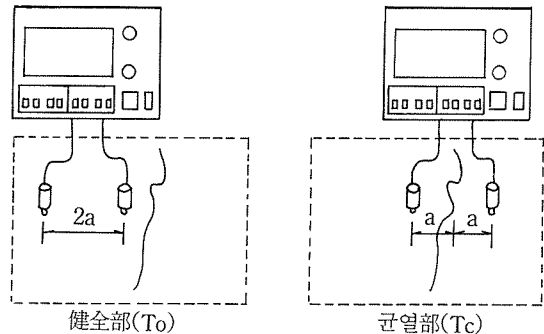


### 5-2. 균열깊이 측정

#### 1) Tc-To법(2탐촉자법)

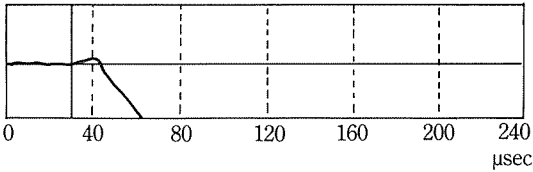
송·수신 SENSOR를 균열이 간 곳에서 각각 a의 간격으로 하여 측정한 음파의 도달시간(Tc)과 균열이 간 곳이 없는 근방에서 2a의 간격으로 하여 측정한 음파의 도달시간(To)을 각각 3각형의 성질을 이용한 공식에 의해 균열깊이를 계산하는 방법이다.

$$\text{균열깊이} = a \sqrt{\left(\frac{T_c}{T_o}\right)^2 - 1}$$



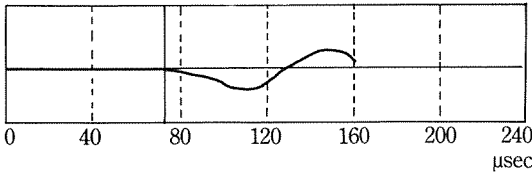
**健全部 波形**

FILE名 k17. DAT    START 値    0000.0 μsec  
                                   CURSOR 値    0029.0 μsec  
 測定 MODE To-Tc 測定    T<sub>1</sub> or T<sub>D</sub> 値 0000.0 μsec  
                                   T<sub>2</sub> or T<sub>D</sub> 値 0000.0 μsec  
 GAIN 率    12    CRACK DEPTH 00000 mm  
 音速値    03800 m/s



**龜裂部 波形**

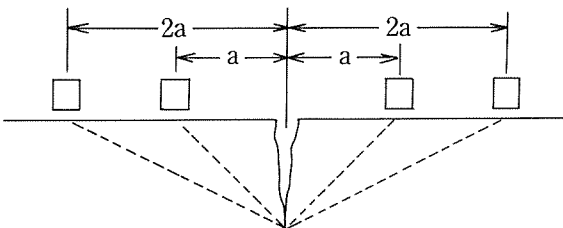
FILE名 k18. DAT    START 値    0000.0 μsec  
                                   CURSOR 値    0074.0 μsec  
 測定 MODE TC-TO 測定    T<sub>1</sub> or T<sub>D</sub> 値 0007.4 μsec  
                                   T<sub>2</sub> or T<sub>D</sub> 値 0002.9 μsec  
 GAIN 率    12    CRACK DEPTH 00092 mm  
 音速値    03800 m/s



**2) BS법(2탐촉자법)**

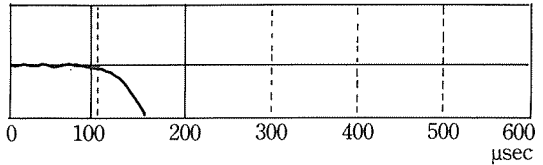
송·수신 SENSOR를 균열이 간 곳에서, 각각 a의 간격으로 하였을 때의 음파의 도달시간(T<sub>1</sub>)과 균열이 발생된 데서, 각각 2a의 간격으로 했을 때의 음파의 도달시간(T<sub>2</sub>)에서 균열깊이를 계산하는 방법이다.

$$\text{균열깊이} = a \sqrt{\frac{4T_1^2 - T_2^2}{T_2^2 - T_1^2}}$$



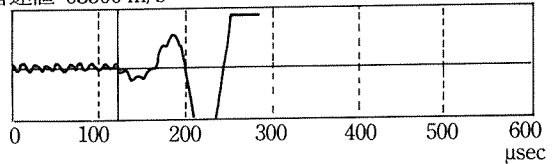
**T1 波形**

FILE名 t05. DAT    START 値    0000.0 μsec  
                                   CURSOR 値    0095.0 μsec  
 測定 MODE BS 測定    T<sub>1</sub> or T<sub>C</sub> 値 0009.5 μsec  
                                   T<sub>2</sub> or T<sub>O</sub> 値 0000.0 μsec  
 GAIN 率    10    CRACK DEPTH 00000 mm  
 音速値    03500 m/s



**T2 波形**

FILE名 t06. DAT    START 値    0000.0 μsec  
                                   CURSOR 値    0120.0 μsec  
 測定 MODE BS 測定    T<sub>1</sub> or T<sub>C</sub> 値 0009.5 μsec  
                                   T<sub>2</sub> or T<sub>D</sub> 値 0012.0 μsec  
 GAIN 率    11    CRACK DEPTH 00060 mm  
 音速値    03500 m/s



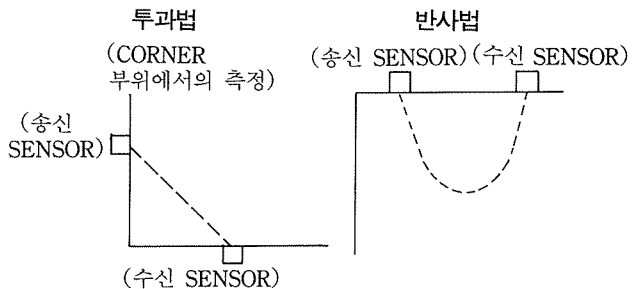
\* 단 이같은 균열측정 방법은 콘크리트의 균열부가 밀접함의 경우에는, 음파가 그 부분을 전파하기 때문에 ± 10%의 측정오차가 생긴.

**5-3. 음속 측정**

P 波用(종파) 50 KHz SENSOR를 사용하여 투과법 및 반사법에 의해 측정물의 음속을 측정한다.

음파의 도달시간에서 음속을 구한다.

$$V(\text{음속}) = m(\text{거리})/\text{sec}(\text{시간})$$





\* 측정물 표면의凹凸을 연마하고 콘크리트 전용 구리스 등을 사용하면 측정정도가 향상된다.

$$L = \frac{V}{2f}$$

L: 두께  
V: 음속  
f: 공진주파수

#### 5-4. 두께 측정

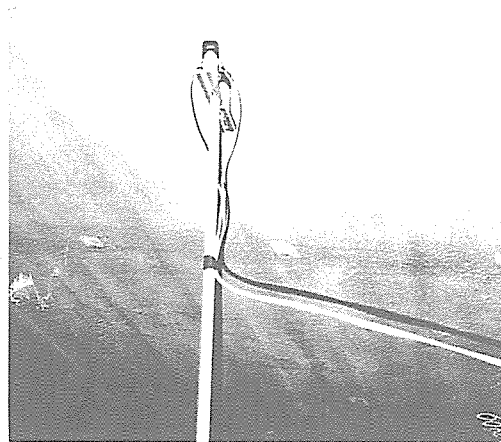
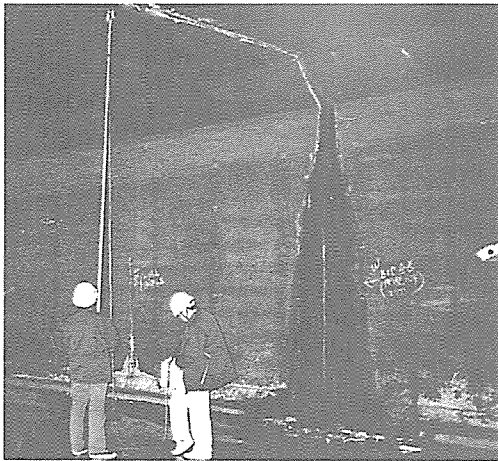
##### 1) PLUSE 공진법

- ① 콘크리트의 음속을 측정한다.
- ② 초음파 PULSE를 연속 방사하고 그 수신파를 잡는다.
- ③ 파형을 FFT 처리하고 공진주파수를 구한다.
- ④ 다음의 공식에 의해 두께를 산출한다.

##### 2) 충격탄성파에 의한 두께 측정

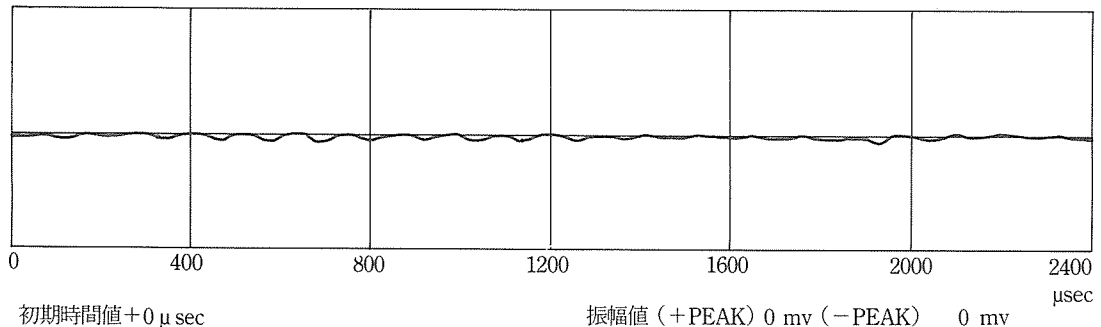
- ① 콘크리트의 음속을 측정한다(초음파법에 의한 반사 측정).
- ② TRIGGER用 SENSOR에 의해 측정면에 충격을 주어 그 수신파를 잡는다.
- ③ 그 파형을 기억시킨다.
- ④ 후처리(P·C로 해석)로 두께를 산출한다.

#### 調査實例(剝離 測定)



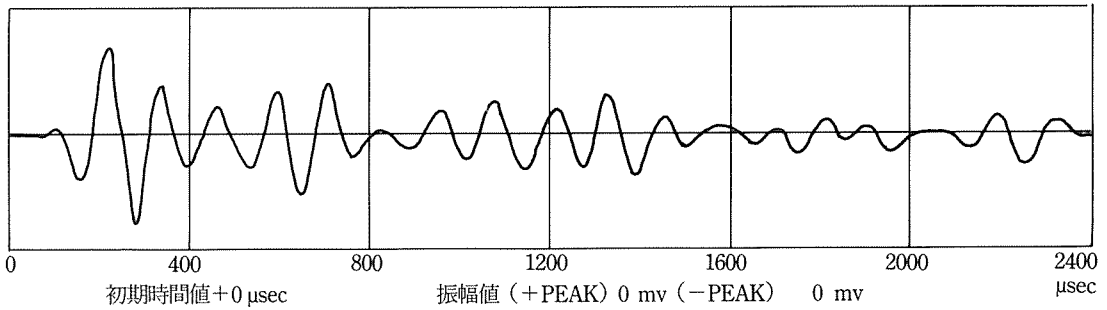
#### 健全部 波形

FILE名 F01. DAT	START 値 0000.0 μsec	CURSOR 値 0000.0 μsec
測定 MODE 剝離測定	T <sub>1</sub> or T <sub>D</sub> 値 0000.0 μsec	T <sub>2</sub> or T <sub>D</sub> 値 0000.0 μsec
GAIN 率 1	CRACK DEPTH 00000 mm	音速 値 03200 m/s



剝離部 波形

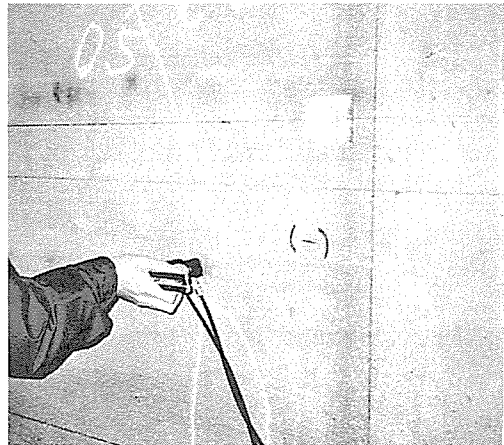
FILE名 F02. DAT	START 値	0000.0 μsec	CURSOR 値	0000.0 μsec
測定 MODE 剝離測定	T <sub>1</sub> or T <sub>D</sub> 値	0000.0 μsec	T <sub>2</sub> or T <sub>D</sub> 値	0000.0 μsec
GAIN 率 1	CRACK DEPTH	00000 mm	音速 値	03200 m/s



調査實例(龜裂を測定)

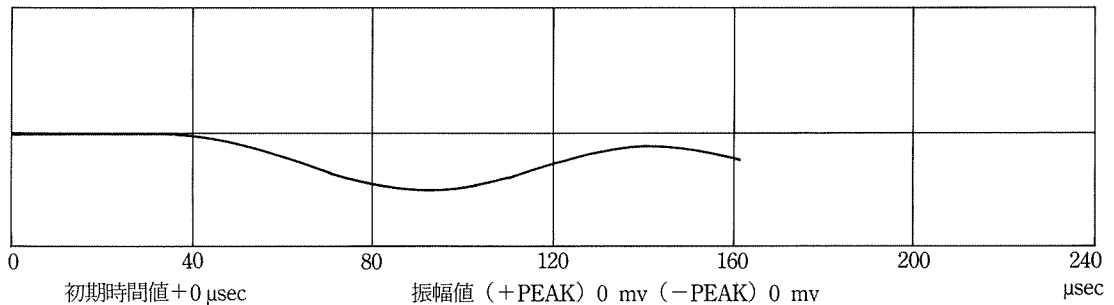
健全部 測定

剝離部 測定



健全部 波形

FILE名 f03. DAT	START 値	0000.0 μsec	CURSOR 値	0041.0 μsec
測定 MODE TC-TO 測定	T <sub>1</sub> or T <sub>D</sub> 値	0000.0 μsec	T <sub>2</sub> or T <sub>D</sub> 値	0000.0 μsec
GAIN 率 10	CRACK DEPTH	00000 mm		
音速 値 03200 m/s				



균열部 波形

FILE名 F04. DAT	START 値	0000.0 $\mu$ sec	CURSOR 値	0126.0 $\mu$ sec
測定 MODE TC-TO 測定	T <sub>1</sub> or T <sub>D</sub> 値	0012.6 $\mu$ sec	T <sub>2</sub> or T <sub>D</sub> 値	0004.1 $\mu$ sec
GAIN 率 12	CRACK DEPTH	00087 mm		
音速 値 03200 m/s				

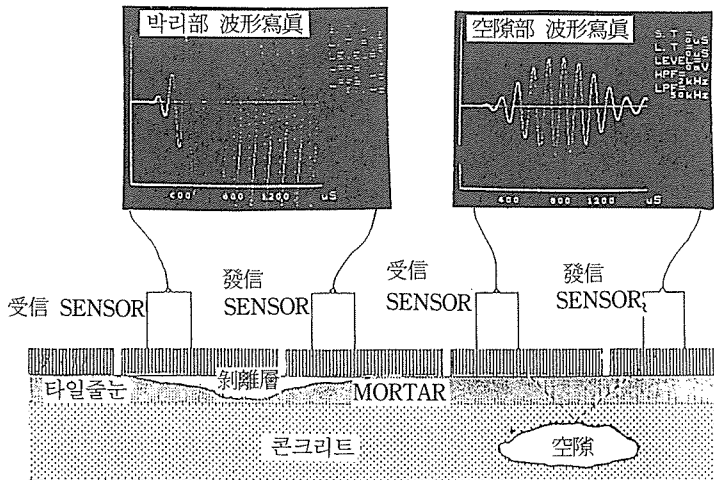
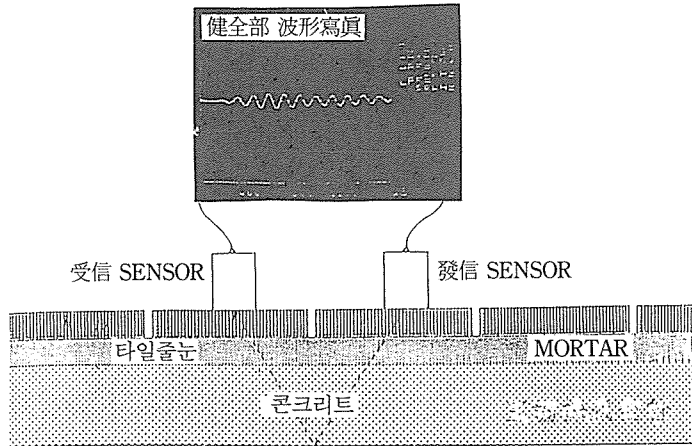
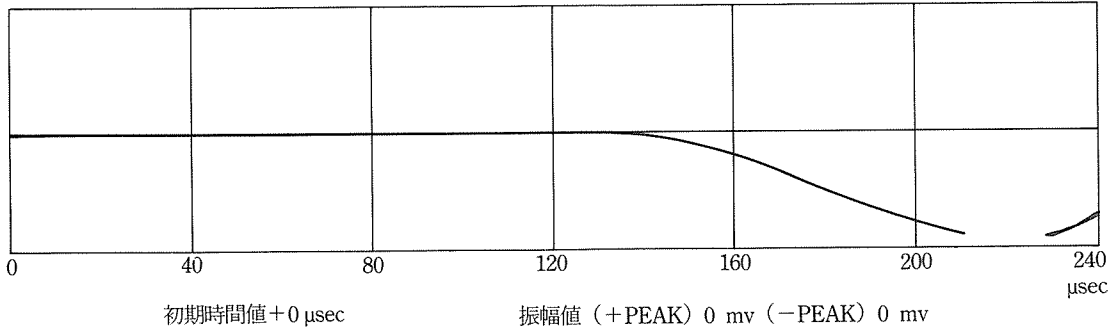


그림. 박리·공극부 측정원리

## 6. 결론

국민들의 안전에 대한 인식이 점차 高潮되어 감에 따라 안전진단 의뢰건수도 增加一路에 있으며 이에 부응하여 진단업무도 신속하고 과학적으로 행하여져야 진단결과에 대해 신뢰를 받을 수 있다고 생각한다.

진단업무를 수행하다 보면 콘크리트 균열깊이와 공극(공동)을 정확히 측정할 방법이 없어 난처한 적이 한두번이 아니었음을 시인하지 않을

수 없다. 본 SONIC SEARCHER TR-300 장비는 일본에서 개발된지 1년도 채 안 되었지만 지하철, TUNNEL, 교량, 고속도로, DAM, 건물 등의 안전진단에 한창 사용중이며 최근에 본협회가 한국에서는 최초로 구입, 현재 활발하게 사용하고 있다.

본장비를 사용하기 전에 초음파 이론에 대해 어느 정도 사전지식이 있어야 장비 사용에 있어 이해가 용이하고 諸般 응용이 가능하다고 생각 된다.

