

## 압전트랜스듀서를 이용한 비파괴검사장치에 관한 연구

황 현 석\* , 송 준 태  
성균관대학교 전기공학과

### A Study on the NDT System Using Piezoelectric Transducers

Hyun Suk Hwang\* , Joon Tae Song  
Dept. of Electrical Eng., Sung Kyun Kwan Univ.

#### Abstract

The NDT(nondestructive test) using pulse echo method with piezoelectric transducers and the system for NDT including image processing were studied. The system consisted of pulse generator and receiver, two step motors for X-Y scanner, PC-Scope for data aquisition and PC-Lab for trigger and motor driving. We tested and estimated at one point under the following conditions : 1) just water, 2) Aluminum without any crack and 3) Aluminum with hole. The estimated NDT result of whole area (point : 35×20) is compared with real samples.

#### 1. 서론

비파괴검사라는 것은 재료를 파괴하지 않고서 평가하는 것으로 그 대표적인 방법에는 초음파를 이용하는 방법, 전자기파를 이용하는 방법(X-Ray), 자계를 이용하는 방법(MRA)등 여러 가지가 있다.

초음파를 이용해 구조물의 상태와 특성을 평가하고자 하는 노력은 1929년에 소련의 Sokolov에 의해 금속내부의 결함을 찾고자 하는 시도에 의하여 시작되었으며, 압전트랜스듀서의 발명으로 더욱 발전하여 근래에는 여러 분야에서 보다 정확하게 내부의 결함을 탐상하기 위하여 많은 연구를 수행하고 있다. 일반적으로 초음파검사란 초음파를 발생시켜 재료내부에서 발생하는 결함을 검출하거나 사용중에 발생하는 초음파를 검사하는 것으로 물질의 결함의 검출이나 내부의 인식 그리고 두께의 측정 등에 이용되고 있다. 따라서 교량, 선박 등 조업중이거나 노후된 구조물, 기계류 등에서 이용되는데 연속적인 상태진단이 가능하므로 급작스러운 기계류의 파괴 및 작업손

실을 예방할 수 있다. 이런 비파괴검사에 이용되는 압전트랜스듀서는 초음파 발신, 수신효율과 구조의 간단화 그리고 소형화를 이룰 수 있고, 전체의 크기에 의해 발생하는 초음파의 형태 및 크기를 쉽게 조절할 수 있다는 장점이 있으므로 구조물의 역학적 특성과 상태를 비파괴상태에서 쉽게 진단할 수 있고, 또한 종래에는 진단하기 어려웠던 복잡한 구조물에도 쉽게 설치가 가능하며 여타 방법들에 비해 우수한 진단효과를 얻을 수 있다. 국내의 대부분의 비파괴탐상장비는 외국에서 수입해서 사용하고 있으므로 시급한 국산화가 요구된다.

본 연구에서는 pulse echo 방식을 사용하여 고체내부의 결함을 비파괴검사로 검출할 수 있는 검사 시스템을 개발 자동화하여 시험편 전체에 대하여 실시간으로 처리하고 이를 3D graphic mode나 pseudo color 기법으로 화상처리함으로써 대상 시험편의 처리된 화상과 실제 시험편의 정확한 상태와 특성을 비교 평가하고자 한다.

#### 2. 검사 system의 제작 및 평가

##### 2.1 비파괴 검사장치의 설계

전체 시스템의 블록도는 그림1과 같다. 전체 시스템은 그림1 보는 바와 같이 원하는 주파수의 신호를 발진하고 증폭하는 발신 및 증폭부, 시험편에서 반사되어 돌아온 음파를 분리하고 다시 전기적 신호로 변환 증폭하는 발수신 분리 및 증폭부, 연속처리를 위한 step motor를 이용하여 만든 X-Y Scanner, 마지막으로 프로그램에 의해 펄스를 인가하고 반사파를 받아들여 data로 처리하는 interface부로 나눌 수 있다.

##### 2.1.1. 발신부 및 증폭부

비파괴 검사 방법중 Pulse echo 방식은 좁은 폭의

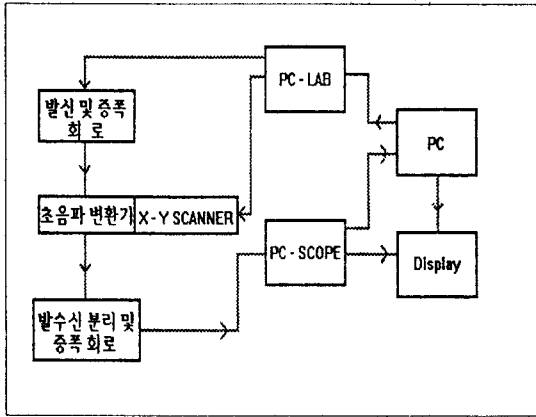


그림1. 전체 블록도

신호를 변환기에 인가함으로써 반사되어 오는 초음파를 다시 전기적 신호로 변환 즉, 반사파를 측정하는 방법이다. 인가하는 pulse 신호의 주파수는 변환기의 중심 주파수에 의하여 결정되는데 본 연구에서는 주파수에 따른 신호의 변화를 관찰하기 위하여 주파수의 변화를 용이하게 할 수 있고 또한 여러 종류의 변환기에의 응용이 가능하도록 설계하였다. 즉, 펄스의 폭은 RC 값의 변화로 조절할 수 있도록 설계하였고 특정 주파수의 인가는 Function Generator로 인가하므로 주파수를 원하는 대로 가변이 가능하도록 설계하여 제작하였다. 또한 변환기에 인가하는 전압이 TTL Level로 검사하기에는 아주 낮으므로 Transistor를 통하여 증폭한 값을 인가하도록 설계하였다.

### 2.1.2. 발수신 분리 및 증폭부

반사된 음파는 다시 변환기에 의해 전압을 유기하게 되는데 이 전압은 아주 미약한 값이어서 noise와의 구별이 어려우므로 OP-Amp를 사용하여 약 100배 정도 증폭하여 S/N비를 증가시킨다.

### 2.1.3. X-Y SCANNER

연속적인 화상처리를 위하여 step motor를 이용한 scanner를 설계하였다. Step motor는 범용적이고 설계가 용이한 L297,298 전용IC를 사용하여 구동하는데 구동 펄스의 인가는 PC-LAB을 통하여 소프트웨어로 처리하여 연속적인 화상처리를 용이하게 하였다. Step motor는 정밀 측정을 위하여 스텝각 1.8°인 motor를 선정하였으며 프로그램적으로 원하는 측정 point간의 거리를 변경 가능하게 하였다.

### 2.1.4. PC-LAB

PC-LAB은 interface card로서 software에 의해 신호를 내보내거나 받아들이도록 제조된 board이다.

본 연구에서는 DC-DC mode를 이용하여 펄스 발생 장치로 사용하였다. 스위칭 펄스와 스텝핑 모터를 구동시키기 위한 펄스를 프로그램에 의해 각 회로에 인가하게 되는데 전체적인 순서도는 그림2와 같다.

### 2.1.5. PC-SCOPE

기존의 oscilloscope와 역할은 동일하나 PC상에서 작업이 가능한 interface card이다. 본 연구에서는 data를 받아들이는 역할을 한다. 제어는 keyboard나 mouse를 이용하는 방법과 software를 이용하는 방법이 있으나 본 연구에서는 data의 연속적인 획득을 목적으로 사용하므로 software로 처리하였다.

### 2.1.6. 화상처리

저장된 data들을 시간에 대하여 분석하고 이를 두 가지의 방법 즉, package program을 이용하여 3D 처리를 하는 방법과 실시간으로 pseudo color 기법으로 처리하여 컴퓨터의 모니터 상에 전체 시험편의 상태를 출력하는 방법을 사용하여 처리된 화상과 실제 시험편의 내부상태와를 비교 고찰한다.

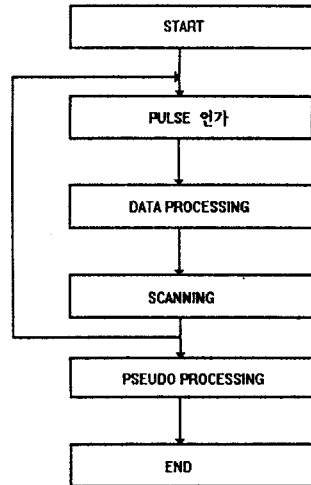


그림 2. FLOW CHART

### 2.2 시스템의 평가 및 고찰

제작된 시스템을 평가하기 위하여 물과 직경 7/15 inch hole을 가진 두께 8.5cm Al 시험편을 이용하여 일반적인 pulse echo 방법으로 다음의 조건들 아래서 평가를 하였다.

조건1)물 깊이 11cm

조건2)조건1+Aluminum의 hole이 없는 부분

조건3)조건1+Aluminum의 hole이 있는 부분

그림3, 4, 5는 위의 3조건에 따라 검출된 펄스이다. 그리고 표1에 각 파의 왕복시간을 계산하여 구한 이론상의 data와 test상의 data를 나타내었다.

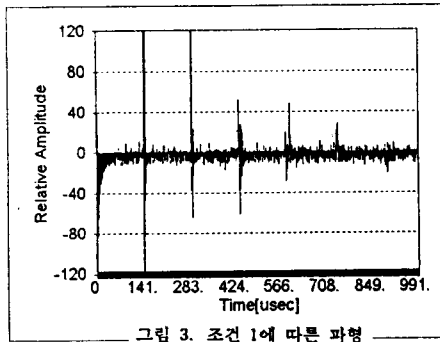


그림 3. 조건 1에 따른 파형

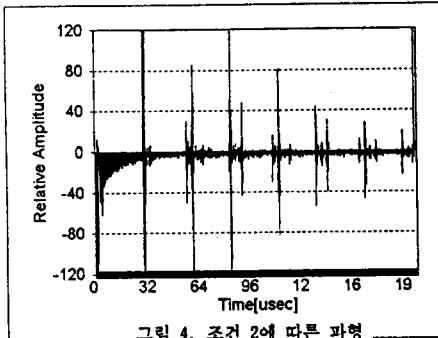


그림 4. 조건 2에 따른 파형

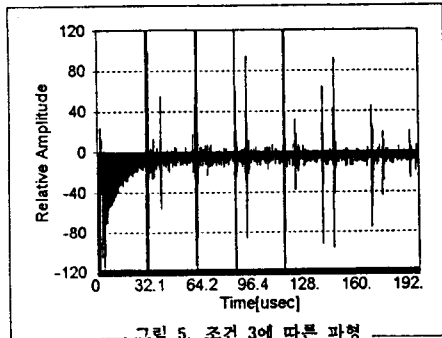


그림 5. 조건 3에 따른 파형

물에서의 음속 : 1.5km/s

AI에서의 음속(종파) : 6.32km/s

반사시간(t) = 왕복거리/매질의 음속

단위[usec]

	이론치	실험치	오차[%]
물만의 경우	146.7	146.5	0.14
AI의 표면	33.3	32.1	3.6
AI의 hole	42.2	41.6	1.42

표 1

그림3, 4, 5와 표1에서 알 수 있듯이 이론상의 값과 실제 실험상의 값이 오차율 5% 이내로 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 단, 그림에서 AI의 경우 55usec 부근에서 미지의 파가 나타나는데 이는

반사시간이나 AI 시험편의 외형상을 고려하여 볼 때 두 층으로 결합된 형태를 보이는데 이로 인한 현상이라 사료되고 따라서 같은 종류의 매질이라 할지라도 그 성질이 균일하지 않다면 역시 반사가 일어남을 알 수 있다. 또한 내부에 crack이 존재하는 경우 역시 정확히 그 위치를 판단할 수 있으리라 사료된다. 본 연구에서는 X-Y Scanner를 이용하여 연속적으로 실제 내부의 상태를 평가하여 본 결과 비교적 정확히 판단 가능하다는 결론을 얻었다.

### 3. 결론

본 연구에서는 여러경우에 대하여 한 점에서의 비파괴검사 결과와 시험편의 상태와를 비교 분석한 결과 오차율 5%이내의 비교적 정확한 검사가 가능함을 확인하였으며 X-Y scanner를 이용하여 시험편 전체에 대하여 연속적으로 검사하여 data를 분석한 결과 역시 1/2 inch hole을 정확하게 인식해냄을 확인하였다. 따라서 앞으로는 여러종류의 시험편에 대하여 평가하고 그 내부상태의 data를 화상으로 나타내고자 한다.

### Reference

- [1] J. Yu Lu and J. G. greenleaf, Ultrasound in med. and bio., 1990
- [2] T. R. Gururaja, Walter A. Schulze, IEEE Trans. on sonics ultrason., vol. su-32 no.4, pp.499-513 July 1985
- [3] K. R. Erikson, IEEE Trans. on sonics ultrason., vol. su-26 no.1, pp.7-14, 1979
- [4] H. J. McSkimin, physical acoustics, W. P. Mason, New York : academic, vol.1, part A, chap 4, 1964
- [5] J. L. Rose and B. B. Goldberg, New York : John Wiley, 1979
- [6] Gordon S. Kino, PRENTICE-HALL, Englewood Cliffs, New Jersey
- [7] Josef Krautkramer and Herbert Krautkramer, Springer-Verlag Berlin Heidelberg NewYork, 1977
- [8] D. A. L. Collie, M. A. Player, ultrasonics, vol.27, pp141-149, 1989