

# 구조손상 검출을 위한 새로운 Pitch-catch 기법

## A new pitch-catch method for structural damage detection

최정식\*  
Choi, Jungsik

이우식†  
Lee, Usik

---

### ABSTRACT

In these days it is important to secure the life and stability of the structure such as aircrafts, automobiles and building. So the structural health monitoring is needed. In conventional lamb wave techniques, damage is identified by comparing the measured data (baseline signals) and the current data. But this method can lead to high false signal in the intact condition of the structure due to environmental conditions of the structure. As a solution to resolve it, the structural health monitoring method which doesn't use baseline signals is necessary. Damaged structure has unusual elastic wave. This paper proposed a PC(pitch-catch) method which doesn't use baseline signal. New baseline signals can get from detection signal. Damage signals based on new baseline signals. This paper made an image includes damage information by applying damage-signals to beamforming.

---

### 국문요약

최근에 항공기, 자동차 그리고 건축물과 같은 구조물 등의 수명, 안정성을 확보하는 것이 중요해 짐에 따라, 구조물 건전성 모니터링이 필요해지고 있다. 구조물이 손상을 입기 전의 기준신호(baseline signals)와 손상을 입은 후 신호를 측정하여, 두 신호의 차이를 이용하여 손상의 평가하는 방법이 주를 이루었다. 하지만, 이러한 방법은 구조물의 주변환경이 달라짐에 따라 잘못된 손상평가가 나올 확률이 높아진다. 이를 해결하는 방법으로, 기준신호(baseline signals)를 사용하지 않는 손상탐지 방법이 필요하다.

구조물의 손상을 검출할 때, 기준신호를 필요로 사용하지 않는 손상탐지법으로 PC (pitch-catch) method를 연구하였다. 기존의 기법과 달리 기준 신호가 없는 상태에서 손상신호를 검출하였다. 본 연구에서는 검출된 신호에서 새로운 기준 신호를 찾아내고 이를 바탕으로 구한 손상신호는 빔포밍법을 적용하여 이미지로 구성하였으며, 이 이미지는 손상의 위치를 표현한다.

### 1. 서 론

최근 구조물의 안정성이 중요성이 증대함에 따라SHM(Structural Health Monitoring)기술 개발이 많이 이루어 지고 있다. 일반적으로 압전소자를 이용해 손상탐지를 할 경우에는 정상적인 상태서의 미리 측정해둔 탄성파를 기준데이터(baseline data)로서 보관하고 있다가, 손상발생 후 측정된 데이터와 비교하여 손상의 위치와 크기를 비교하는 방법들이었다[1]. 그러나 이런 방법은 실험 시 주변환경에 따라 영향을 받기 때문에 현실적으로 적용하기 어려운 부분이 있다. 따라서 본 연구에서는 단일 실험에 의해baseline data와 damage signal을 구분 하는 방법을 연구하였다. 알루미늄 평판에서 Lamb wave를 이용하여 가진하여 data를 얻는 방법을 사용하였다.

---

\* 비회원, 인하대학교 기계공학과  
† 책임저자 : 정회원, 인하대학교 기계공학과 교수  
E-mail : ulee@inha.ac.kr  
TEL : (032)860-8780 FAX : (032)866-1434

## 2. 본 론

### 2.1 Burst wave

실험에 사용된 burst wave의 수식적인 표현은 다음과 같다.

$$\psi(t) = e^{-t^2/2\sigma^2} \cos(2\pi ft) \quad (1)$$

여기서,  $\sigma$ 는 burst wave의 시간축의 넓이를 결정하는 요소이다. 실험에서는 중심 주파수 200kHz의 burst wave를 사용하였다.

### 2.2 Modified PC method

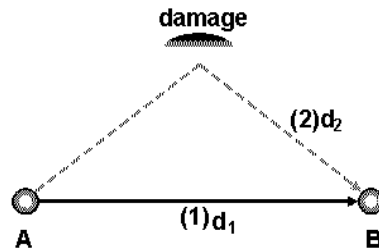


그림 1. wave propagation(PZT A PZT B)

그림 1.은 손상이 있을 때 평판에서 PZT를 이용한 burst waves의 pitch-catch 측정법을 보여주는 모델이다. 경로(1)의 거리를  $d_1$ , 경로(2)의 거리를  $d_2$  라 하면, PZT A에 가진된 burst waves 신호가 경로 (1)을 통과하는 시간은 아래와 같이 쓸 수 있다.

$$t_1 = \frac{d_1}{c_g} \quad (2)$$

여기서,  $c_g$ 는 burst waves의 group velocity이다.

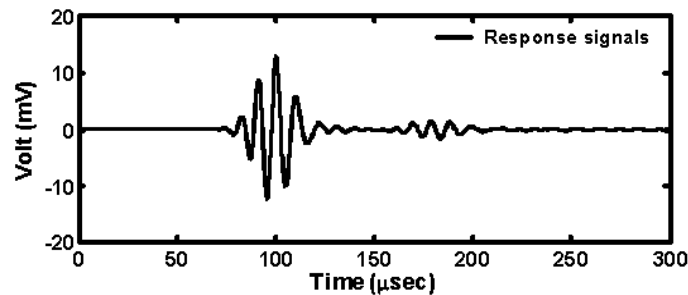


그림 3. 응답신호(PZT A PZT B)

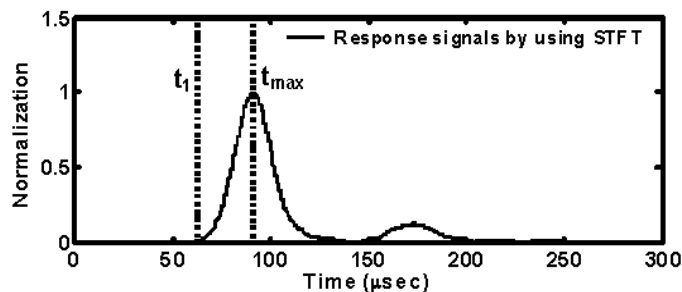


그림 4. STFT 후의 응답신호

그림 4는 PZT A PZT B에서의 응답 신호를 나타낸다. 이를 Short Time Fourier Transform을 취하면 그림 5.와 같은 신호가 나타난다. 여기서 최대의 신호치를 갖는 점을 기준으로 좌측을 우측으로 대칭

시키면 그림 5와 같은 새로운 baseline signal을 얻을 수 있다.

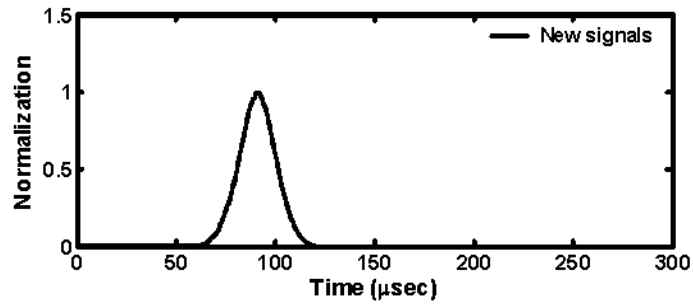


그림 5. New baseline signal

이를 기준으로 beamforming method를 이용하면 그림 6과 같이 평판에서의 damage를 찾을 수 있다. 본 실험은 900x900x4mm의 알루미늄 평판 중앙에 mass damage를 위치시키고 4개의 PZT를 간격 20cm을 설정하고 실험을 진행하였다.

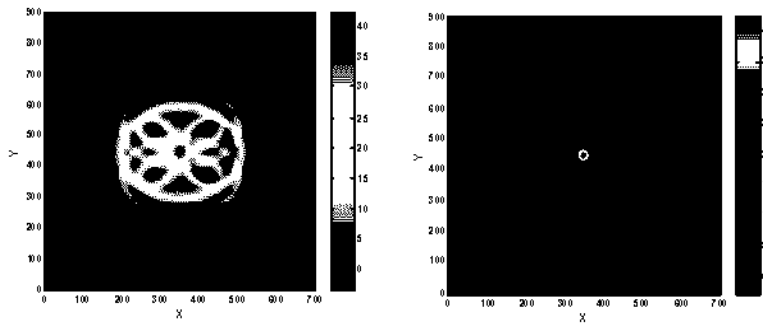


그림 6. 평판에서의 손상 검출(level 조정 전후)

### 3. 결 론

본 연구는 기존의 방법과 달리 기준 데이터를 알고 있을 필요 없이 손상을 검출할 수 있는 장점이 있다. 그러나 실제적인 문제로의 적용을 위해서는 noise나 경계에서의 반사파 등 다른 신호의 영향을 제거하고 실질적인 damage신호는 얻는데 대한 연구가 더 필요하다고 판단된다.

## 참고문헌

1. Mathias Fink (1992) Time Reversal of Ultrasonic Fields—Part I Basic Principles, IEEE Transactions On Ultrasonic, Ferroelectrics, and Frequency Control, 39 (5), pp. 555–566.
2. Francois Wu, Jean–Louis Thomas and Mathias Fink (1992) Time Reversal of Ultrasonic Fields—Part II Basic Principles, IEEE Transactions On Ultrasonic, Ferroelectrics, and Frequency Control, 39 (5), pp. 567–578.
3. Ros K. Ing. and Mathias Fink (1996) Time Recompression of Dispersive Lamb Waves Using a Time Reversal Mirror - Application to Flaw Detection in Thin Plates, IEEE Ultrasonic Symposium, pp. 659–663.
4. Ros K. Ing., and Mathias Fink (1998) Time–Reversed Lamb Waves, IEEE Transactions On Ultrasonic, Ferroelectrics, and Frequency Control, 45 (3), pp. 1032–1043.
5. H. Sohn, G. Park, J.R. Wait, N.P. Limback, and C.R. Farrar (2004) Wavelet–based Active Sensing for Delamination Detection in Composite Structure, Smart Materials and Structures, 13 pp. 153–160.
6. H.W. Park, H. Sohn, K.H. Law, and C.R. Farrar (2007) Time Reversal Active Sensing for Health Monitoring of a Composite plate, Journal of Sound and Vibration, 302 50–66.
7. H. Sohn, H.W. Park, K.H. Law, and C.R. Farrar (2007) Combination of a Time Reversal Process and a Consecutive Outlier Analysis for Baseline–free Damage Diagnosis, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 18 April