



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0037912
(43) 공개일자 2019년04월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 29/06 (2006.01) G01N 29/07 (2006.01)
G01N 29/44 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 29/069 (2013.01)
G01N 29/07 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0127732
(22) 출원일자 2017년09월29일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
이우식
서울특별시 양천구 목동동로 100, 1309동 402호
(신정동, 목동신시가지아파트13단지)
(74) 대리인
네이트특허법인

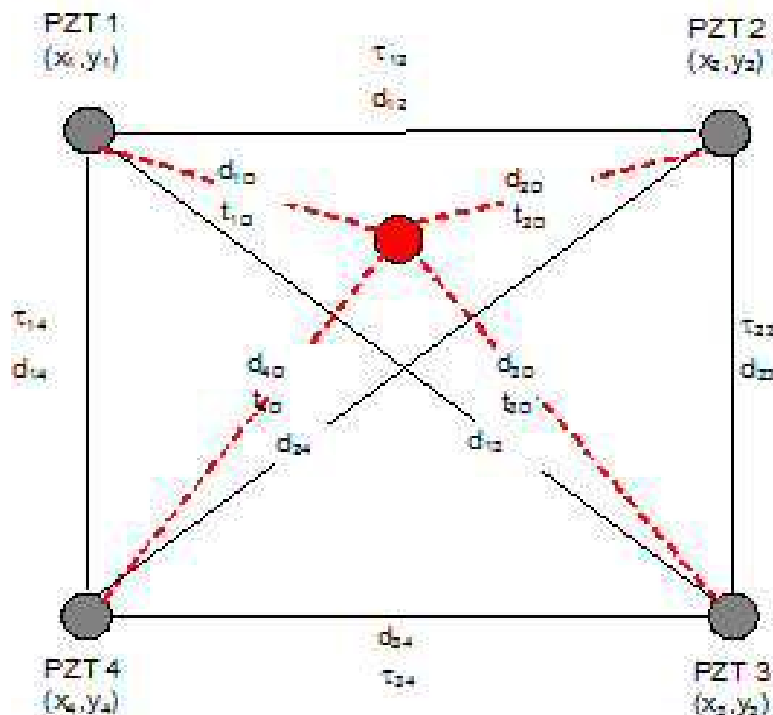
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 비파괴검사방법

(57) 요약

본 발명에 따른 비파괴검사방법은 입력신호를 복수의 위치에서 액츄에이터를 통해 송출 후 복수의 위치에서 센서를 통해 응답신호를 측정하고, 상기 응답신호에서 기준신호를 제거하여 손상신호를 산출한 후, 응답신호로부터 탄성파의 360° 전파 방향에 따른 전파속도를 산출하는 단계와; 손상신호로부터 탄성파가 각 액츄에이터로부터 순(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



상까지 전파해가는데 소요된 시간을 산출하는 단계와; 앞서 산출한 탄성파의 360° 전파 방향에 따른 전파속도와 각 액추에이터로부터 손상까지 전파해가는데 소요된 시간을 이용하여 각 액추에이터로부터 손상까지의 거리를 산출하는 단계와; 앞서 산출된 각 액추에이터로부터 손상까지의 거리에 이미지화 기법을 적용하여 손상의 위치를 도시화함으로써 손상을 검출하는 단계를 포함하여 이루어진다.

이와 같은 본 발명에 의하면 PC-법에 따라 비등방성 재료로 제작된 평판구조물에 설치한 복수 세트의 액추에이터와 센서를 이용하여 측정한 탄성파(램파) 신호들로부터 탄성파의 360° 전파 방향에 따른 전파속도의 산출 방법 및 임의의 액추에이터로부터 손상까지의 거리를 산출하는 방법과 이미지화 기법을 통해 손상의 위치를 도시화하여 용이하여 검출할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01N 29/4472 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

입력신호를 복수의 위치에서 액츄에이터를 통해 송출 후 복수의 위치에서 센서를 통해 응답신호를 측정하고, 상기 응답신호에서 기준신호를 제거하여 손상신호를 산출한 후, 응답신호로부터 탄성파의 360° 전파 방향에 따른 전파속도를 산출하는 단계;

손상신호로부터 탄성파가 각 액츄에이터로부터 손상까지 전파해가는데 소요된 시간을 산출하는 단계;

앞서 산출한 탄성파의 360° 전파 방향에 따른 전파속도와 각 액츄에이터로부터 손상까지 전파해가는데 소요된 시간을 이용하여 각 액츄에이터로부터 손상까지의 거리를 산출하는 단계;

앞서 산출된 각 액츄에이터로부터 손상까지의 거리에 이미지화 기법을 적용하여 손상의 위치를 도시화함으로써 손상을 검출하는 단계;

를 포함하는 비파괴검사방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 비파괴검사방법에 관한 것으로, 더 상세하게는 복합재료평판 과 같은 비등방성 판 구조물에 발생한 손상(damage)을 pitch-catch(PC)-법에 따른 탄성파 실험을 통하여 비등방성 판 구조물 상에서 각 방향으로의 탄성파 속도를 구하고, 탄성파를 가진하는 모든 액츄에이터(actuator)로부터 손상까지의 거리를 산출한 후, 이 결과로부터 손상의 위치를 이미지화 기법을 통하여 검출하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로 구조물 내에 발생하여 전파해가는 탄성파(elastic waves)를 이용하여 구조물에 발생한 손상을 검출하는 비파괴검사는 보다 체계적인 구조물의 유지관리를 위해 매우 중요한 기술이다. 이러한 비파괴검사의 역사는 이제 꽤나 오래되었으며 그 기술의 종류도 다양하다. 램파(Lamb wave)는 평판과 같이 두께가 얇은 구조물에 발생되어 전파하는 탄성파인데 전파 거리가 상당히 커서 구조물의 보다 넓은 영역을 신속하게 탐색하는데 유리하기 때문에 비파괴검사 기술에 많이 활용되고 있다 [1, 2]. 본 발명은 램파를 이용하는 방식의 하나이다.

[0004] 탄성파를 이용하는 비파괴검사 방법으로서 pitch-catch(PC)-법이 널리 쓰이고 있다 [4, 5]. PC-법이란 평판의 한 위치에 놓인 액츄에이터(actuator)를 이용하여 탄성파를 가진하면, 가진 된 탄성파가 평판 내부를 전파되어 퍼져가고, 이때 다른 한 위치에 놓인 센서(senor)를 통해 전파되어 오는 탄성파를 측정하는 과정을 말한다. 손상이 발생하기 이전에 여러 세트의 액츄에이터와 센서를 이용해 측정해 놓은 탄성파 신호를 일반적으로 기준데이터(baseline data) 또는 기준신호(baseline signal)라고 일컫는다.

[0005] 손상이 발생한 이후에 동일한 세트의 액츄에이터와 센서를 통해 측정한 탄성파 신호는 손상의 직간접 영향으로 인하여 기준신호와 차이가 발생하게 된다. 이와 같이 손상 때문에 발생한 이 기준신호와의 차이를 흔히 손상신호(damage signal)라 일컫는다.

[0006] 대부분의 비파괴검사는 이 손상신호를 활용하여 발생한 손상을 검출하는 것으로서, 일반적으로 기준데이터를 활용한 비파괴검사라고 말한다. 본 발명은 기준데이터를 활용한 비파괴검사 방식의 하나이다.

[0007] 앞서 언급한 바와 같이, 여러 세트의 액츄에이터와 센서를 이용하여 실측한 손상신호를 분석하면 임의의 액츄에이터에서 출발한 탄성파가 손상을 거쳐 임의의 센서에 도달할 때까지 소요된 시간을 산출할 수 있다.

[0008] 대부분의 금속재료와 같은 등방성 재료로 제작된 평판구조물의 경우 탄성파의 전파속도가 전파 방향에 무관하게 거의 동일하다. 따라서, 여러 세트의 액츄에이터와 센서를 이용하여 실측한 손상신호의 시간에 균일한 탄성파 전파속도를 적용하면 각 액츄에이터로부터 손상까지의 거리를 산출할 수 있고, 이를 잘 알려진 이미지화 기법에 적용하면 손상의 위치를 그래픽으로 도시화하여 검출할 수 있다.

[0009] 그러나, 복합재료평판과 같이 비등방성 재료로 제작된 평판구조물의 경우 탄성파의 전파속도가 전파 방향에 따라 각기 다를 수 있기 때문에, 앞서 기술한 등방성 재료의 경우처럼 손상검출이 용이하지 않다. 따라서, 본 발명은 복합재료평판과 같이 비등방성 재료로 제작된 평판구조물을 대상으로 적용 가능한 비파괴검사에 관한 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상기한 문제점을 감안하여 안출된 것으로서, PC-법에 따라 비등방성 재료로 제작된 평판구조물에 설치한 복수 세트의 액츄에이터와 센서를 이용하여 측정된 탄성파(램파) 신호들로부터 탄성파의 360° 전파 방향에 따른 전파속도의 산출 방법, 임의의 액츄에이터로부터 손상까지의 거리를 산출하는 방법을 고안하여, 이미지화 기법을 통해 손상의 위치를 도시화하여 검출하는 비파괴검사기법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 입력신호를 복수의 위치에서 액츄에이터를 통해 송출 후 복수의 위치에서 센서를 통해 응답신호를 측정하고, 상기 응답신호에서 기준신호를 제거하여 손상신호를 산출한 후, 응답신호로부터 탄성파의 360° 전파 방향에 따른 전파속도를 산출하는 단계;

[0014] 손상신호로부터 탄성파가 각 액츄에이터로부터 손상까지 전파해가는데 소요된 시간을 산출하는 단계;

[0015] 앞서 산출한 탄성파의 360° 전파 방향에 따른 전파속도와 각 액츄에이터로부터 손상까지 전파해가는데 소요된 시간을 이용하여 각 액츄에이터로부터 손상까지의 거리를 산출하는 단계;

[0016] 앞서 산출된 각 액츄에이터로부터 손상까지의 거리에 이미지화 기법을 적용하여 손상의 위치를 도시화함으로써 손상을 검출하는 단계;를 포함하는 비파괴검사방법을 제공한다.

[0017] 입력신호를 초음파로 송출하는 액츄에이터와 탄성파 응답신호를 측정하는 센서로서 압전소자(PZT)를 겸용하여 사용할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 의하면, PC-법에 따라 비등방성 재료로 제작된 평판구조물에 설치한 복수 세트의 액츄에이터와 센서를 이용하여 측정된 탄성파(램파) 신호들로부터 탄성파의 360° 전파 방향에 따른 전파속도의 산출 방법 및 임의의 액츄에이터로부터 손상까지의 거리를 산출하는 방법과 이미지화 기법을 통해 손상의 위치를 도시화하여 용이하여 검출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 비파괴검사의 시험 장치도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따라 PC-법을 이용하여 i번째 PZT에 입력신호를 인가한 후 j번째 PZT에서 측정된 응답신호를 보여주는 도면이다.

도 3은 본 발명의 수학적 1에 의하여 산출한 모든 PZT 사이를 오가는 램파의 전파속도를 이용하여 산출한 360°

모든 방향으로의 램파 전파속도의 분포도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예로서 PC-법을 이용하여 i 번째 PZT에 입력신호를 인가한 후 j 번째 PZT에서 측정된 응답신호에서 손상이 발생하기 이전에 i 번째 PZT에 동일한 입력신호를 인가한 후 j 번째 PZT에서 측정된 응답신호를 제거했을 때 남게 되는 순전히 손상에 의해 유발된 손상신호를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일실시예로서 다루고 있는 도 1의 각 PZT를 중심으로 산출한 손상까지의 직선거리인 d_{10} , d_{20} , d_{30} , d_{40} 의 360° 방향에 대한 분포도이다.

도 6은 본 발명에서 각 PZT를 중심으로 도시하여 중첩할 때 모든 분포도 폐곡선이 공통으로 만나는 점이 손상의 위치임을 나타낸 도면이다.

도 7

도 8

도 9는 본 발명의 일실시예로서 다른 도 1의 PZT1, PZT2, PZT3, PZT4에 수학적 7을 적용하여 도출한 이미지로서 4개의 폐곡선이 공통으로 중첩되는 위치에 손상이 위치함을 나타낸 도면이다.

도 10 및 도 11은 본 발명에 따른 비파괴검사방법을 적용한 다른 실시예를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 실시예에 따른 비파괴검사방법에 대해 상세하게 살펴본다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 비파괴검사의 시험 장치도이다. 즉, 복합재료로 제작된 평판구조물 위에 4개의 PZT를 부착하여 액츄에이터와 센서로서 사용하여 평판구조물에 발생한 손상을 검출하기 위한 시험 장치도이다.
- [0024] 도 1에 편이상 4개의 PZT만을 표기하였으나, 액츄에이터와 센서로서 사용되는 PZT와, 이들의 개수 및 부착 위치 등에는 특별한 제한이 없다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 작동원리를 보여주기 위한 일실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 변형예들이 있음을 이해하여야 한다.
- [0025] 도 1에, 각 PZT의 부착 위치를 (x_i, y_i) (여기서, $i = 1, 2, 3, 4$); 각 PZT간의 직선거리를 d_{ij} (여기서, $i = 1, 2, 3, 4$); 각 PZT에서 손상(damage)까지의 직선거리를 d_{id} (여기서, $i = 1, 2, 3, 4$); 탄성파(램파)가 각 PZT간의 직선거리를 전파해가는데 소요된 시간을 τ_{ij} (여기서, $i, j = 1, 2, 3, 4$); 탄성파(램파)가 각 PZT에서 손상까지의 직선거리를 전파해가는데 소요된 시간을 t_{ij} (여기서, $i, j = 1, 2, 3, 4$);로 기술하였다.
- [0026] 도 2는 일실시예로서 PC-법을 이용하여 i 번째 PZT에 입력신호를 인가한 후 j 번째 PZT에서 측정된 응답신호를 보여준다. 입력신호로는 일반적으로 톤-버스트(tone-burst)신호를 포함하여 네로우밴드(narrow band)신호이면 이용 가능하다.
- [0027] 입력신호의 중심주파수와 스펙트럼의 주파수밴드에 따라서 두가지 이상의 램파 성분이 응답신호에 인가되는데, 응답신호의 성분을 램파의 S성분과 A성분 두개로 한정하도록 입력신호의 중심주파수를 설정하고, 램파의 A성분의 크기가 S성분의 크기에 비하여 훨씬 커져 S성분을 무시할 수 있도록 중심주파수를 튜닝한다.
- [0028] 도 2에, i 번째 PZT로 입력신호를 인가한 시점을 기준으로, 램파 A성분이 i 번째 PZT에서 j 번째 PZT까지의 직선거리를 전파하여 j 번째 PZT에 의해 최초로 측정된 시점까지의 소요시간을 τ_{ij} 로 기술하였다.
- [0029] i 번째 PZT에서 j 번째 PZT까지의 직선거리인 d_{ij} 는 이미 알고 있는 값이다. 따라서, 램파의 A성분이 i 번째 PZT와 j 번째 PZT를 잇는 직선 경로의 방향으로 전파해가는 전파속도(v_{ij})를 수학적 1에 의하여 산출한다.

[0030] [수학식 1]

$$v_i = v_j = \frac{d_j}{\tau_j} \quad (i, j = 1, 2, 3, 4)$$

[0031]

[0032] 도 3은 수학식 1에 의하여 산출한 모든 PZT 사이를 오가는 램파의 전파속도를 이용하여 산출한 360° 모든 방향으로의 램파 전파속도의 분포도이다. 평판구조물에 부착한 PZT와 PZT 사이를 연결하는 제한된 개수의 직선 경로의 방향에 대해 수학식 1로부터 산출한 램파의 전파속도를 이용하여 360° 모든 방향에 대한 전파속도를 산출하기 위하여 다양한 종류의 보간법을 적용할 수 있다.

[0033] 도 4는 일실시예로서 PC-법을 이용하여 i번째 PZT에 입력신호를 인가한 후 j번째 PZT에서 측정된 응답신호에서 손상이 발생하기 이전에 i번째 PZT에 동일한 입력신호를 인가한 후 j번째 PZT에서 측정된 응답신호를 제거했을 때 남게 되는 순전히 손상에 의해 유발된 손상신호이다.

[0034] 도 4에 표기된 시간 T_{ij} 는 i번째 PZT에 인가된 입력신호에 의해 발생한 탄성과 가운데 손상의 방향으로 전파해간 램파 A성분이 손상에 도달한 후, 손상에 의해 곧바로 반사되어 j번째 PZT에 도착하기까지 소요된 총 시간을 나타낸다. 램파 A성분이 i번째 PZT에 출발하여 손상까지 도착하기까지 소요되는 시간을 t_{iD} , 램파 A성분이 손상에 서 반사되어 j번째 PZT에 도착하기까지 소요되는 시간을 t_{jD} 라 하면 수학식 2가 성립한다.

[0035] [수학식 2]

$$T_{ij} = t_{iD} + t_{jD} \quad (i, j = 1, 2, 3, 4)$$

[0036]

[0038] 도 1을 일실시예로 생각해볼 때, 평판구조물에 부착된 전체 PZT 가운데 3개씩을 한 세트로 교번으로 선택하여 PC-법에 따라 도 4에 보인 바와 같은 형태의 실측 결과를 얻은 후, 이 결과를 수학식 2에 적용하면 다음 수학식이 유도된다.

[0039] [PZT1, PZT2, PZT3] 세트에 대하여,

[0040] [수학식 3a]

$$\begin{Bmatrix} T_{12} \\ T_{23} \\ T_{31} \end{Bmatrix} = [A] \begin{Bmatrix} t_{1D}^{(1-2-3)} \\ t_{2D}^{(1-2-3)} \\ t_{3D}^{(1-2-3)} \end{Bmatrix}$$

[0041]

[0043] [PZT2, PZT3, PZT4] 세트에 대하여

[0044] [수학식 3b]

$$\begin{Bmatrix} T_{13} \\ T_{34} \\ T_{42} \end{Bmatrix} = [A] \begin{Bmatrix} t_{2D}^{(2-3-4)} \\ t_{3D}^{(2-3-4)} \\ t_{4D}^{(2-3-4)} \end{Bmatrix}$$

[0045]

[0046] [PZT3, PZT4, PZT1] 세트에 대하여

[0047] [수학식 3c]

$$\begin{Bmatrix} T_{34} \\ T_{41} \\ T_{13} \end{Bmatrix} = [A] \begin{Bmatrix} t_{3D}^{(3-4-1)} \\ t_{4D}^{(3-4-1)} \\ t_{1D}^{(3-4-1)} \end{Bmatrix}$$

[0048]

[0049] [PZT4, PZT1, PZT2] 세트에 대하여

[0051] [수학식 3d]

$$\begin{Bmatrix} T_{41} \\ T_{12} \\ T_{24} \end{Bmatrix} = [A] \begin{Bmatrix} t_{4D}^{(4-1-2)} \\ t_{1D}^{(4-1-2)} \\ t_{2D}^{(4-1-2)} \end{Bmatrix}$$

[0052]

[0053] 상기 수학식 3a~3d에서 행렬식 [A]는 수학식 4로 정의된다.

[0054] [수학식 4]

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0055]

[0057] 수학식 3a를 풀어 $(t_{1D}^{(1-2-3)}, t_{2D}^{(1-2-3)}, t_{3D}^{(1-2-3)})$ 를 구하고,

[0058] 수학식 3b를 풀어 $(t_{2D}^{(2-3-4)}, t_{3D}^{(2-3-4)}, t_{4D}^{(2-3-4)})$ 를 구하고,

[0059] 수학식 3c를 풀어 $(t_{3D}^{(3-4-1)}, t_{4D}^{(3-4-1)}, t_{1D}^{(3-4-1)})$ 를 구하고,

[0060] 수학식 3d를 풀어 $(t_{4D}^{(4-1-2)}, t_{1D}^{(4-1-2)}, t_{2D}^{(4-1-2)})$ 를 구한다.

[0061] 수학식 3a를 풀어 구한 $t_{1D}^{(1-2-3)}$, 수학식 3c를 풀어 구한 $t_{1D}^{(3-4-1)}$, 수학식 3d를 풀어 구한 $t_{1D}^{(4-1-2)}$ 가 서로 일치하지 않을 수 있기 때문에 이들의 평균값을 t_{1D} 로 사용하고, t_{2D} , t_{3D} , t_{4D} 도 동일한 방식으로 수학식 5로부터 산출한다.

[0062] [수학식 5]

$$t_{1D} = \frac{1}{3} (t_{1D}^{(1-2-3)} + t_{1D}^{(3-4-1)} + t_{1D}^{(4-1-2)})$$

$$t_{2D} = \frac{1}{3} (t_{2D}^{(1-2-3)} + t_{2D}^{(2-3-4)} + t_{2D}^{(4-1-2)})$$

$$t_{3D} = \frac{1}{3} (t_{3D}^{(1-2-3)} + t_{3D}^{(2-3-4)} + t_{3D}^{(3-4-1)})$$

$$t_{4D} = \frac{1}{3} (t_{4D}^{(2-3-4)} + t_{4D}^{(3-4-1)} + t_{4D}^{(4-1-2)})$$

[0063]

[0064] 수학식 5는 일실시예로서 다루고 있는 도 1에서 램파가 각 PZT에서 손상까지의 직선거리를 전파해 가는데 소요되는 비시간을 나타낸다.

[0065] 도 3은 비등방성 평판구조물에서 램파 A성분이 360° 모든 전파 방향에 대한 전파속도를 나타내므로, 도 3의 전파속도에 수학식 5에 의해 주어지는 비시간을 곱하면 각 PZT를 중심으로 손상이 놓여 있을 가능성이 있는 거리(위치)를 산출할 수 있다.

[0066] 도 5의 폐곡선은 일실시예로서 다루고 있는 도 1의 각 PZT를 중심으로 산출한 손상까지의 직선거리인 d_{1D} , d_{2D} , d_{3D} , d_{4D} 의 360° 방향에 대한 분포도이다.

[0067] 도 5에 보인 d_{1D} , d_{2D} , d_{3D} , d_{4D} 에 대한 분포도 폐곡선을 도 6에 보인 바와 같이 각 PZT를 중심으로 도시하여 중첩

할 때 모든 분포도 폐곡선이 공통으로 만나는 점이 손상의 위치이다.

[0068] 도 5에 일실시예로 보인 각 PZT를 중심으로 한 360° 모든 방향으로 PZT에서 손상까지의 직선거리 분포를 이용하여 도 6에 보인 손상의 위치 검출을 이미지화 방법을 통해 구현할 수 있다.

[0069] 이미지화 방법의 구현을 위하여 이방성 평판구조물을 미세한 픽셀(pixel)로 세분화 한다. i번째 PZT의 위치를 (x_i, y_i) 라 하고, 임의의 픽셀의 위치를 (x, y) 라 할 때, i번째 PZT와 임의의 픽셀을 연결하는 직선이 x축과 이루는 위치 각도 q 를 수학식 6으로 구할 수 있다.

[0070] [수학식 6]

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{y - y_i}{x - x_i} \right)$$

[0071]

[0072] 일실시예로서 i번째 PZT를 중심으로 한 d_{1D} 의 분포도 폐곡선의 이미지화 과정을 설명한다. i번째 PZT를 중심으로 좌표 (x, y) 에 위치한 임의의 픽셀의 위치 각도 q 를 수학식 6으로부터 산출한다.

[0073] 도 5로부터 위치 각도 θ 에 해당하는 d_{1D} 의 좌표 값 $(x_{1D}(q), y_{1D}(q))$ 값을 산출한다.

[0074] 이로부터 이미지 값 $I(x, y)$ 를 수학식 7으로 결정한다. 이미지 값 $I(x, y) = 0$ 을 만족하는 픽셀 (x, y) 을 이미지화 하면 도 5에 보인 분포도 폐곡선을 제공하며, 도 8은 이와 관련한 일실시예이다. 수학식 7의 이미지 값은 다른 형태의 수학식으로 대체할 수 있다.

[0075] [수학식 7]

$$I(x, y) = \sqrt{(x - x_{1D}(\theta))^2 + (y - y_{1D}(\theta))^2}$$

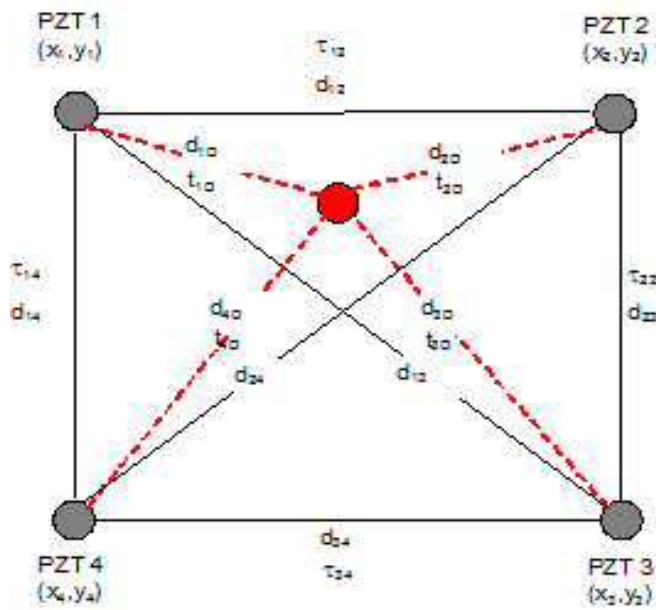
[0076]

[0077] 도 9는 일실시예로서 다룬 도 1의 PZT1, PZT2, PZT3, PZT4에 수학식 7을 적용하여 도출한 이미지로서 4개의 폐곡선이 공통으로 중첩되는 위치에 손상이 위치함을 보인다.

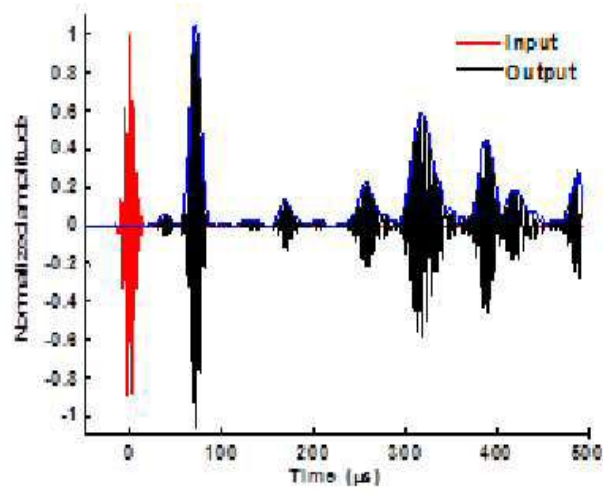
[0078] 도 10 및 도 11은 본 발명에서 제공한 비파괴검사방법을 적용한 다른 실시예이다.

도면

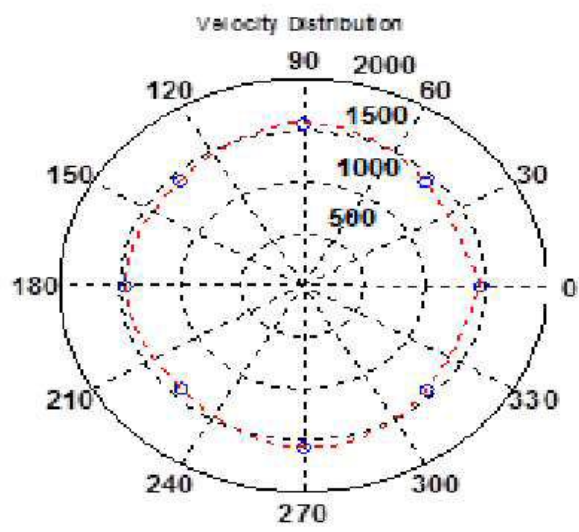
도면1



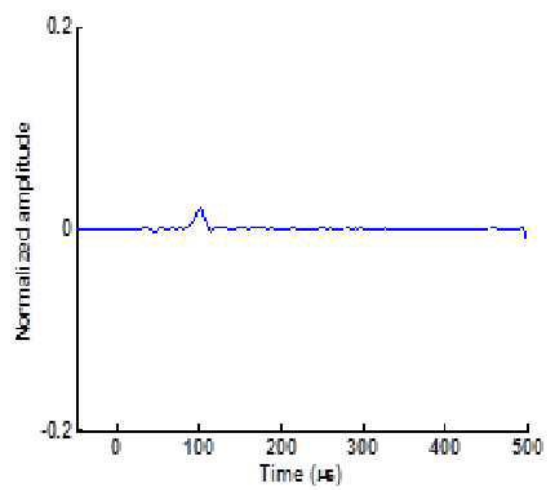
도면2



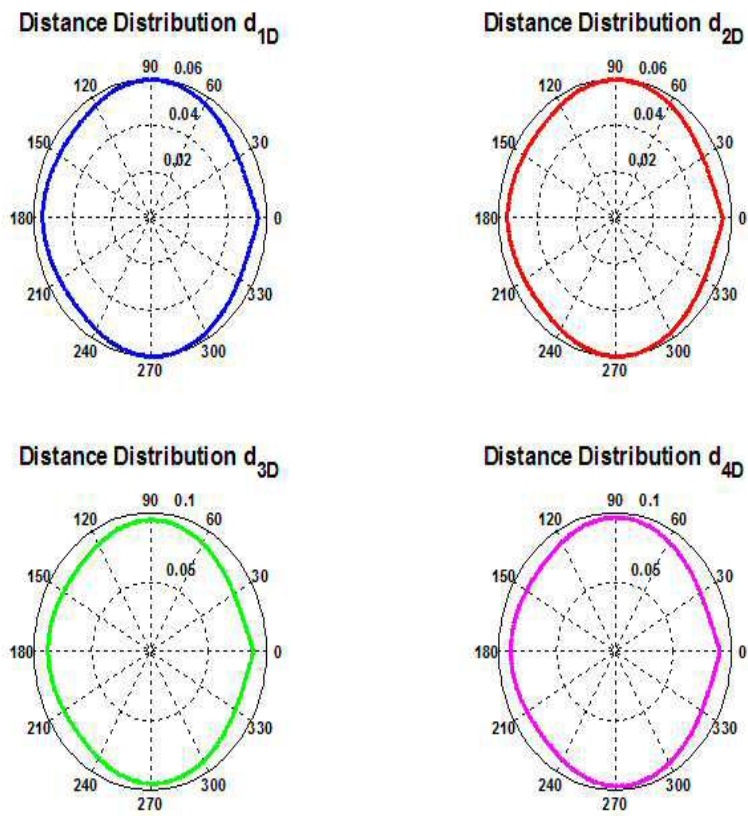
도면3



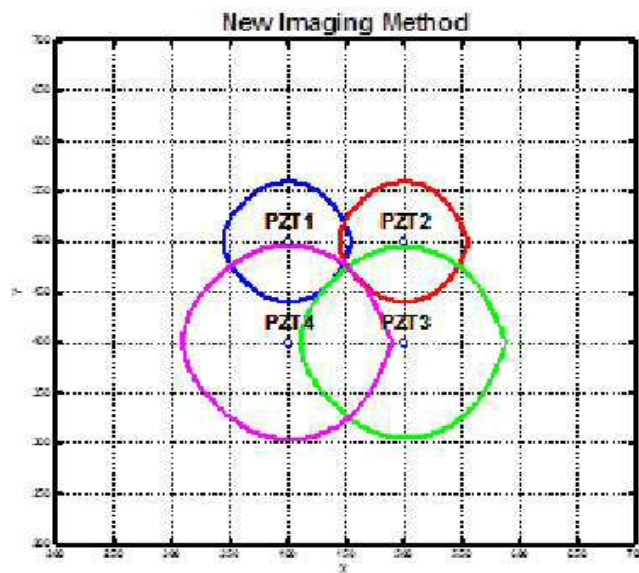
도면4



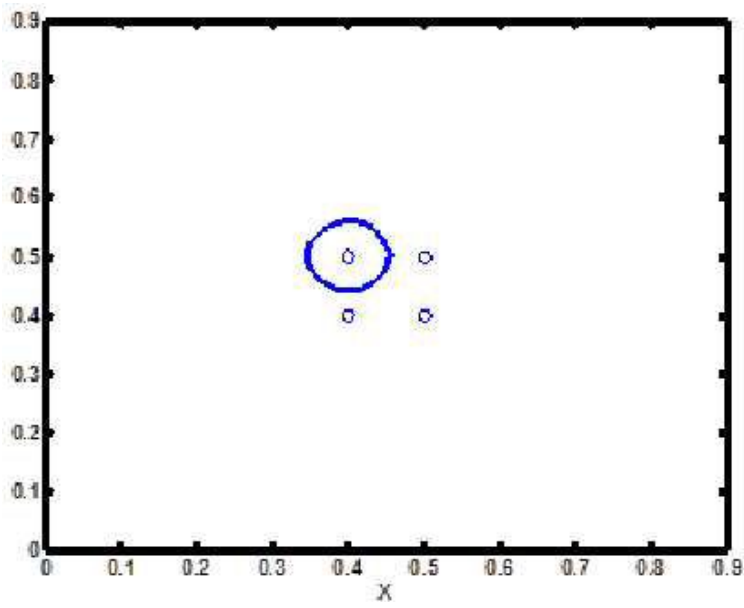
도면5



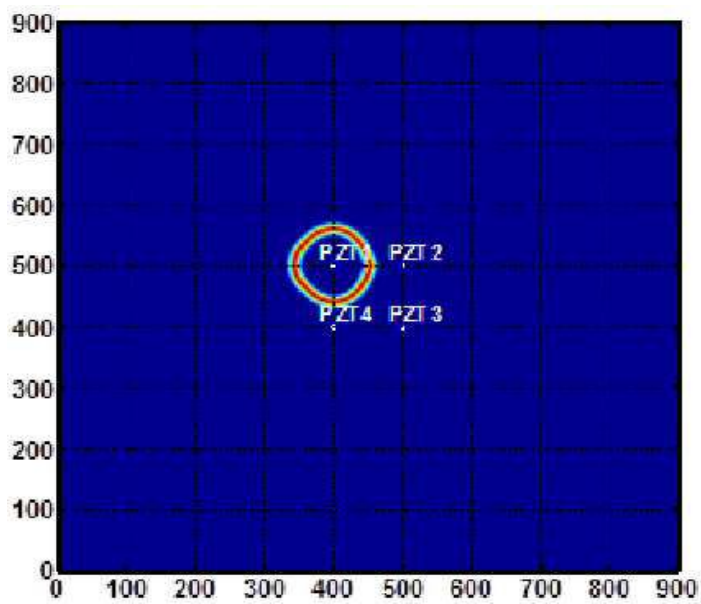
도면6



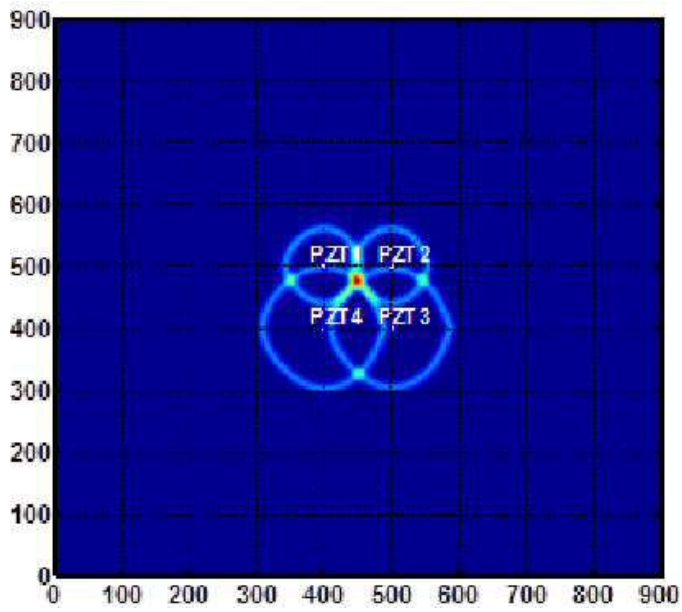
도면7



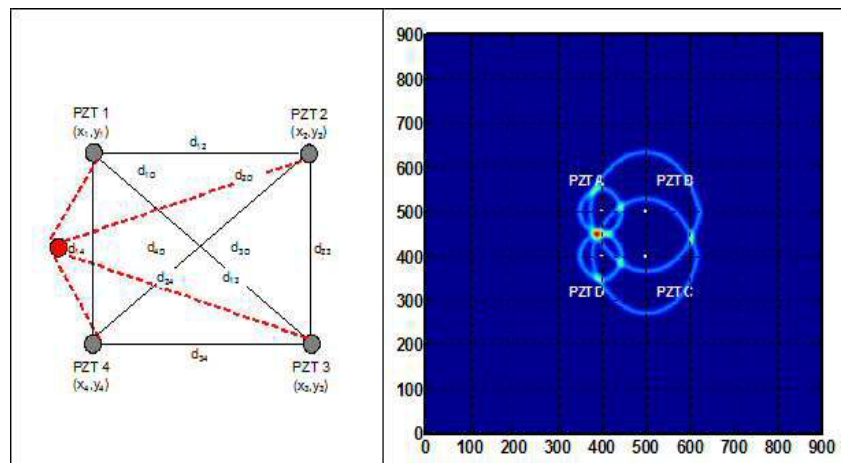
도면8



도면9



도면10



도면11

