(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0011456
(43) 공개일자 2022년01월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 3/303 (2006.01) *B29C 70/06* (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01) *G06N 3/08* (2006.01)
B29K 105/08 (2014.01) *B29K 307/04* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 3/303 (2013.01)
B29C 70/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0090381
(22) 출원일자 2020년07월21일
심사청구일자 2020년07월21일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박영빈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
노형도
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이인용
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

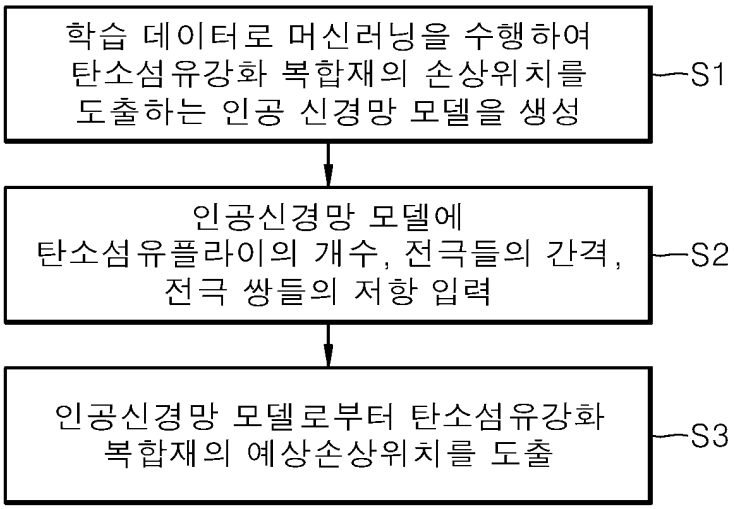
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법**

(57) 요 약

본 발명은, 머신 러닝을 이용하여 탄소섬유플라이의 개수, 전극들의 간격, 전극 쌍들의 저항에 따라 탄소섬유강화복합재의 손상 위치를 도출할 수 있기 때문에, 손상 위치를 보다 신속하고 정확하게 도출할 수 있는 이점이 있다. 또한, 낙하 충격 시험시 얻어지는 다량의 빅 데이터 중에서 탄소섬유플라이의 개수, 전극들의 간격, 전극 쌍들의 저항을 입력 변수로 하고, 탄소섬유강화복합재의 손상 위치에 대한 x축 좌표값과 y축 좌표값을 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여 인공 신경망 모델을 생성함으로써, 탄소섬유강화복합재의 사용시 탄소섬유플라이의 개수, 전극들의 간격, 전극 쌍들의 저항에 따라 예상 손상 위치를 도출할 수 있으므로, 손상 위치를 파악하는 데 드는 시간과 비용이 절감될 수 있을 뿐만 아니라, 손상에 따른 후속 조치도 보다 신속하게 이루어질 수 있는 이점이 있다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G06N 20/00 (2021.08)
G06N 3/08 (2013.01)
B29K 2105/0872 (2013.01)
B29K 2307/04 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

전도성 물질을 포함하는 복합재에 대한 외력 인가 실험 또는 시뮬레이션을 통해 얻어진 학습 데이터 중에서 상기 복합재에 포함된 섬유플라이의 개수, 상기 복합재에 구비된 전극들의 간격, 상기 복수의 전극들이 이루는 전극 쌍들의 저항을 입력 변수로 하고, 상기 복합재의 손상 위치를 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여, 상기 섬유플라이 개수, 상기 전극들의 간격 및 상기 전극 쌍들의 저항에 따라 상기 복합재의 손상 위치를 도출하기 위한 인공 신경망 모델을 생성하는 인공 신경망 모델 생성단계와;

상기 복합재의 실제 사용시, 상기 복합재에 포함된 섬유플라이의 개수, 상기 복합재에 구비된 전극들의 간격, 상기 복수의 전극들이 이루는 전극 쌍들의 저항에 대한 실전 데이터를 상기 인공 신경망 모델에 입력하여, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 복합재의 손상 위치를 도출하는 손상 위치 출력단계를 포함하는 머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 복합재는, 탄소섬유를 포함하는 탄소섬유강화플라스틱으로 미리 설정된 머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 복수의 전극들의 개수는, 상기 전극들의 간격에 따라 설정되며,

상기 복수의 전극들은, x축 방향과 y축 방향으로 상기 간격만큼 서로 이격되게 배치되어 그리드 구조의 저항 경로를 형성하도록 배치된 머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 손상 위치는, x축과 y축에 대한 좌표값인 머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 섬유의 배열 방향, 상기 섬유의 길이, 상기 섬유의 직경 및 수지의 종류를 포함한 섬유 조건은 미리 설정된 머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 외력은, 상기 복합재에 낙하 물체가 낙하 충격시 가해지는 힘인 머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 입력 변수 중에서 상기 전극 쌍들의 저항은 미리 설정된 설정 시간마다 측정된 값이며,

손상 발생 이전에 측정된 값과 손상 발생 이후에 측정된 값을 포함하는 머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위

치를 검출하는 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 인공 신경망 모델 생성단계에서는,

상기 입력 변수로 상기 손상 발생 이전에 측정된 전극 쌍들의 저항을 입력시,

상기 복합재의 손상 위치는 상기 복합재에서 존재하지 않는 좌표를 입력하여 머신 러닝을 수행하는 머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법.

청구항 9

탄소섬유로 형성된 탄소섬유강화플라스틱이고, 복수의 전극들이 x축 방향과 y축 방향으로 각각 미리 설정된 설정간격으로 서로 이격되게 배치되어 그리드 구조의 저항 경로를 형성하는 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법에 있어서,

상기 복합재에 대한 외력 인가 실험 또는 시뮬레이션을 통해 얻어진 학습 데이터 중에서 상기 복합재에 포함된 탄소섬유플라이의 개수, 상기 복합재에 구비된 전극들의 간격, 상기 복수의 전극들이 이루는 전극 쌍들의 저항을 입력 변수로 하고, 상기 복합재의 손상 위치를 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여, 상기 탄소섬유플라이 개수, 상기 전극들의 간격 및 상기 전극 쌍들의 저항에 따라 상기 복합재의 손상 위치를 도출하기 위한 인공 신경망 모델을 생성하는 인공 신경망 모델 생성단계와;

상기 복합재의 실제 사용시, 상기 복합재에 포함된 탄소섬유플라이의 개수, 상기 복합재에 구비된 전극들의 간격, 상기 복수의 전극들이 이루는 전극 쌍들의 저항에 대한 실전 데이터를 상기 인공 신경망 모델에 입력하여, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 복합재의 손상 위치를 도출하는 손상 위치 출력단계를 포함하고,

상기 외력은, 상기 복합재에 낙하 물체가 낙하 충격시 가해지는 힘으로 설정되고,

상기 손상 위치는 상기 x축과 상기 y축에 대한 좌표값인 머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 머신 러닝을 통해 인공 신경망 모델을 구축하여, 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 탄소섬유강화플라스틱(CFRP, Carbon Fiber Reinforced Plastic)은 탄소섬유를 강화재로 사용하는 복합재료이다. 탄소섬유강화플라스틱은 고강도, 고강성의 경량 구조재로서 비행기, 자동차, 로봇 등 다양한 분야에 활발하게 이용되고 있다. 하지만, 탄소섬유강화플라스틱에서 미세한 파손이 발생하는 경우 물성이 급격히 저하되는 문제점이 있다. 따라서, 탄소섬유강화플라스틱에 발생한 미세한 손상의 위치를 감지할 수 있는 기술이 요구된다.

[0003] 종래에는 구조물과 별도로 변형이나 손상을 측정할 수 있는 센서 등을 추가적으로 설치하여 검사하고자 하는 특정 부분의 검사를 실시하거나, 음향 센서 등 검사 장비를 통해 스캔 하거나, 육안 등으로 손상 여부를 판단하였다.

[0004] 본 발명과 관련된 선행특허로서 등록특허 제10-1781687호에는 전도성 복합재료 구조물의 손상 감지 장치로서, 전도성 복합재료 상면 및 배면에 각각 형성되며 서로 평행하게 배열된 복수 개의 전극 띠를 포함하는 전기저항 측정층과, 전기저항 측정층을 덮는 절연층과, 전도성 복합재료의 변형에 따라 전기용량이 변하는 전기용량 측정층으로 구성된 선상 감지층을 이용하여 전도성 복합재료 구조물의 손상 위치를 감지하는 구성이 기재되어 있다. 하지만, 이러한 선행특허의 구성은 그 복잡한 구조로 인해 실제 적용에 있어서 어려움이 따른다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1781687호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은, 머신러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 보다 신속하고 정확하게 검출할 수 있는 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 따른 머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법은, 전도성 물질을 포함하는 복합재에 대한 외력 인가 실험 또는 시뮬레이션을 통해 얻어진 학습 데이터 중에서 상기 복합재에 포함된 섬유플라이의 개수, 상기 복합재에 구비된 전극들의 간격, 상기 복수의 전극들이 이루는 전극 쌍들의 저항을 입력 변수로 하고, 상기 복합재의 손상 위치를 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여, 상기 섬유플라이 개수, 상기 전극들의 간격 및 상기 전극 쌍들의 저항에 따라 상기 복합재의 손상 위치를 도출하기 위한 인공 신경망 모델을 생성하는 인공 신경망 모델 생성단계와; 상기 복합재의 실제 사용시, 상기 복합재에 포함된 섬유플라이의 개수, 상기 복합재에 구비된 전극들의 간격, 상기 복수의 전극들이 이루는 전극 쌍들의 저항에 대한 실전 데이터를 상기 인공 신경망 모델에 입력하여, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 복합재의 손상 위치를 도출하는 손상 위치 출력단계를 포함한다.

[0008] 상기 복합재는, 탄소섬유를 포함하는 탄소섬유강화플라스틱으로 미리 설정된다.

[0009] 상기 복수의 전극들의 개수는, 상기 전극들의 간격에 따라 설정되며, 상기 복수의 전극들은, x축 방향과 y축 방향으로 상기 간격만큼 서로 이격되게 배치되어 그리드 구조의 저항 경로를 형성하도록 배치된다.

[0010] 상기 손상 위치는, x축과 y축에 대한 좌표값이다.

[0011] 상기 섬유의 배열 방향, 상기 섬유의 길이, 상기 섬유의 직경 및 수지의 종류를 포함한 섬유 조건은 미리 설정된다.

[0012] 상기 외력은, 상기 복합재에 낙하 물체가 낙하 충격시 가해지는 힘이다.

[0013] 상기 전극 쌍들의 저항은 미리 설정된 설정 시간마다 측정된 값이며, 손상 발생 이전에 측정된 값과 손상 발생 이후에 측정된 값을 포함한다.

[0014] 상기 인공 신경망 모델 생성단계에서는, 상기 입력 변수로 상기 손상 발생 이전에 측정된 전극 쌍들의 저항을 입력시, 상기 복합재의 손상 위치는 상기 복합재에서 존재하지 않는 좌표를 입력하여 머신 러닝을 수행한다.

[0015] 본 발명의 다른 측면에 따른 머신 러닝을 이용하여 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법은, 탄소섬유로 형성된 탄소섬유강화플라스틱이고, 복수의 전극들이 x축 방향과 y축 방향으로 각각 미리 설정된 설정간격으로 서로 이격되게 배치되어 그리드 구조의 저항 경로를 형성하는 복합재의 손상 위치를 검출하는 방법에 있어서, 상기 복합재에 대한 외력 인가 실험 또는 시뮬레이션을 통해 얻어진 학습 데이터 중에서 상기 복합재에 포함된 탄소섬유플라이의 개수, 상기 복합재에 구비된 전극들의 간격, 상기 복수의 전극들이 이루는 전극 쌍들의 저항을 입력 변수로 하고, 상기 복합재의 손상 위치를 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여, 상기 탄소섬유플라이 개수, 상기 전극들의 간격 및 상기 전극 쌍들의 저항에 따라 상기 복합재의 손상 위치를 도출하기 위한 인공 신경망 모델을 생성하는 인공 신경망 모델 생성단계와; 상기 복합재의 실제 사용시, 상기 복합재에 포함된 탄소섬유플라이의 개수, 상기 복합재에 구비된 전극들의 간격, 상기 복수의 전극들이 이루는 전극 쌍들의 저항에 대한 실전 데이터를 상기 인공 신경망 모델에 입력하여, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 복합재의 손상 위치를 도출하는 손상 위치 출력단계를 포함하고, 상기 외력은, 상기 복합재에 낙하 물체가 낙하 충격시 가해지는 힘으로 설정되고, 상기 손상 위치는 상기 x축과 상기 y축에 대한 좌표값이다.

발명의 효과

[0016] 본 발명은, 머신 러닝을 이용하여 탄소섬유플라이의 개수, 전극들의 간격, 전극 쌍들의 저항에 따라 탄소섬유강화복합재의 손상 위치를 도출할 수 있기 때문에, 손상 위치를 보다 신속하고 정확하게 도출할 수 있는 이점이 있다.

[0017] 또한, 낙하 충격 시험시 얻어지는 다량의 빅 데이터 중에서 탄소섬유플라이의 개수, 전극들의 간격, 전극 쌍들의 저항을 입력 변수로 하고, 탄소섬유강화복합재의 손상 위치에 대한 x축 좌표값과 y축 좌표값을 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여 인공 신경망 모델을 생성함으로써, 탄소섬유강화복합재의 사용시 탄소섬유플라이의 개수, 전극들의 간격, 전극 쌍들의 저항에 따라 예상 손상 위치를 도출할 수 있으므로, 손상 위치를 파악하는데 드는 시간과 비용이 절감될 수 있을 뿐만 아니라, 손상에 따른 후속 조치도 보다 신속하게 이루어질 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 탄소섬유강화복합재에 전극들이 구비된 예를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 머신러닝을 이용하여 탄소섬유강화복합재의 손상 위치를 검출하는 방법을 나타낸 순서도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 머신 러닝하여 인공 신경망 모델을 생성하는 방법을 개략적으로 나타낸 블록도이다.

도 4는 도 3에 도시된 인공 신경망 모델의 일 예를 나타낸다.

도 5는 도 3에서 생성된 인공 신경망 모델을 이용하여, 탄소섬유강화복합재의 손상 위치를 검출하는 방법을 개략적으로 나타낸 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 설명하면 다음과 같다.

[0020] 본 발명의 실시예에서 머신 러닝을 수행하고, 머신 러닝을 통해 구축된 인공 신경망 모델로부터 복합재의 손상 위치를 도출하는 주체는 컴퓨터(미도시)인 것으로 예를 들어 설명한다.

[0021] 상기 복합재는 전도성 물질을 포함하는 전도성 복합재이다. 상기 전도성 물질은, 탄소섬유, 탄소나노튜브, 그래핀을 포함한다.

[0022] 본 실시예에서는 상기 전도성 물질은 탄소섬유이고, 상기 복합재는 복수의 탄소섬유 플라이들이 적층되어 형성된 탄소섬유강화플라스틱(CFRP)으로 설정된 것으로 예를 들어 설명한다. 이하, 상기 복합재는 탄소섬유강화복합재로 칭하기로 한다.

[0023] 상기 탄소섬유의 배열 방향, 상기 섬유의 길이, 상기 섬유의 직경 및 수지의 종류를 포함한 섬유 조건은 미리 동일하게 설정된다.

[0024] 상기 탄소섬유 플라이들의 개수(P1)는 다양하게 변경가능한 변수이며, 후술하는 인공 신경망 모델의 생성시 입력변수로 사용된다.

[0025] 상기 탄소섬유 플라이들의 개수(P1)는 전극들의 초기 저항에 영향을 준다.

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 머신러닝을 이용하여 탄소섬유강화복합재에 전극들이 구비된 예를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0027] 도 1을 참조하면, 상기 탄소섬유강화복합재는 복수의 전극들이 적어도 하나 이상의 쌍을 이루도록 구비되어, 상기 복수의 전극 쌍들로부터 저항 변화를 측정하여 상기 복합재의 변형을 감지할 수 있는 셀프 센싱이 가능한 복합재 센서이다.

[0028] 상기 복수의 전극들은 x축 방향과 y축 방향으로 소정 간격만큼 서로 이격되게 배치되어 그리드 구조의 저항 경로를 형성하도록 배치된다.

[0029] 상기 전극들의 개수는, 상기 전극들이 서로 이격되는 간격에 따라 설정된다.

[0030] 즉, 동일한 크기의 상기 탄소섬유강화복합재에서 상기 전극들의 간격(P2)이 증가할수록 상기 전극들의 개수는 감소하게 된다.

[0031] 상기 전극들의 간격(P2)은 다양하게 변경 가능한 변수이며, 후술하는 인공 신경망 모델의 생성시 입력변수로 사용된다.

[0032] 이하, 본 실시예에서는, 상기 전극들(E1~E9)의 개수는 9개인 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고, 상기 전극들이 서로 그리드 구조의 저항 경로를 형성할 수 있는 개수라면 변경 가능하다.

[0033] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 따른 탄소섬유강화복합재의 손상 위치를 도출하는 방법에 대해 설명하면, 다음과 같다.

[0034] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 머신러닝을 이용하여 탄소섬유강화복합재의 손상 위치를 검출하는 방법을 나타낸 순서도이다.

[0035] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 머신러닝을 이용하여 상기 탄소섬유강화복합재의 손상 위치를 검출하는 방법은, 인공 신경망 모델 생성단계(S1), 손상 위치 출력단계(S2,S3)를 포함한다.

[0036] 상기 인공 신경망 모델 생성단계(S1)는, 상기 탄소섬유강화복합재에 외력을 인가하는 실험 또는 시뮬레이션을 통해 얻어진 학습 데이터 중 적어도 일부를 이용하여 머신 러닝하여, 상기 탄소섬유강화복합재의 손상 위치를 도출하기 위한 인공 신경망 모델을 생성한다.

[0037] 상기 외력은, 기설정된 탄소섬유강화복합재에 낙하 물체가 낙하 충격시 가해지는 힘인 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 학습 데이터는 상기 탄소섬유강화복합재에 대해 낙하 충격 실험을 통해 얻어진 빅데이터 중 일부인 것으로 예를 들어 설명한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 실험 또는 시뮬레이션은 외력을 인가하는 시험 이외에도 탄소섬유강화복합재의 성능을 평가할 수 있는 것이라면 어느 것이나 적용 가능하다.

[0038] 상기 머신 러닝을 위한 입력변수는 상기 탄소섬유플라이의 개수(P1), 상기 전극들의 간격(P2) 및 상기 전극 쌍들의 저항(P3)을 포함한다.

[0039] 상기 인공 신경망 모델 생성단계(S1)에서는, 상기 섬유의 종류, 상기 섬유의 배열 방향, 상기 섬유의 길이, 상기 섬유의 직경 및 수지의 종류를 포함한 섬유 조건, 상기 전극의 크기에 대한 학습 조건은 동일하게 설정되어 머신 러닝을 수행한다.

[0040] 다만, 이에 한정되지 않고 상기 학습 조건 중 일부를 변경할 경우 변경된 조건 중 적어도 일부를 상기 입력 변수로 사용하는 것도 물론 가능하다.

[0041] 상기 전극 쌍들의 저항(P3)은, 상기 복수의 전극 쌍들에서 각각 측정된 저항값을 모두 포함한다.

[0042] 상기 전극 쌍들의 저항(P3)은, 미리 설정된 설정 시간 간격 또는 실시간으로 측정된 값이며, 손상이 발생하기 이전 저항값과 손상이 발생한 이후 저항값을 포함한다.

[0043] 상기 머신 러닝을 위한 출력 변수는, 상기 탄소섬유강화복합재의 손상 위치이다. 상기 손상 위치는, x축 좌표값(x)과 y축 좌표값(y)이다.

[0044] 상기 입력변수로 손상이 발생하기 이전 전극 쌍들의 저항(P3)이 입력되면, 상기 손상 위치로는 관리자가 미리 설정한 음수 좌표(-x,-y)를 입력하여 학습시킨다. 상기 음수 좌표(-x,-y)는 상기 복합재에서 실제로 존재하지 않는 좌표로 설정된다.

[0045] 상기 입력변수로 손상이 발생한 이후 전극 쌍들의 저항(P3)이 입력되면, 상기 손상 위치로는 실제로 손상이 발생한 위치의 양수 좌표(x,y)를 입력하여 학습시킨다.

[0046] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 머신 러닝하여 인공 신경망 모델을 생성하는 방법을 개략적으로 나타낸 블록도이다. 도 4는 도 3에 도시된 인공 신경망 모델의 일 예를 나타낸다.

[0047] 도 3 및 도 4를 참조하면, 상기 인공 신경망 모델 생성단계(S1)에서 상기 입력 변수와 상기 출력 변수로 머신 러닝을 수행하면, 상기 입력 변수를 포함하는 입력층(Input layer)과 상기 출력 변수를 포함하는 출력층(Output layer)사이에 은닉층(Hidden layer)이 형성되어, 상기 입력 변수(P1~P3)에 따라 상기 손상 위치를 출력하는 인공 신경망 모델이 생성된다.

[0048] 도 5는 도 3에서 생성된 인공 신경망 모델을 이용하여, 상기 탄소섬유강화복합재의 손상 위치를 검출하는 방법

을 개략적으로 나타낸 블록도이다.

[0049] 도 5를 참조하면, 상기 손상 위치 출력단계(S2,S3)에서는, 상기 탄소섬유강화복합재를 실제로 사용시, 상기 탄소섬유강화복합재에 대한 실전 데이터를 상기 인공 신경망 모델에 입력한다.(S2)

[0050] 상기 입력 데이터는, 상기 탄소섬유플라이의 개수(P1), 상기 전극들의 간격(P2), 상기 전극 쌍들의 저항(P3)을 포함한다.

[0051] 상기 탄소섬유플라이의 개수(P1)와 상기 전극들의 간격(P2)은 상기 탄소섬유강화복합재의 제조시 결정되므로, 제조업체로부터 제공받은 데이터를 별도의 입력부를 통해 입력받을 수 있다.

[0052] 상기 전극 쌍들의 저항(P3)은, 상기 복수의 전극 쌍들에서 각각 측정된 저항값을 모두 포함한다.

[0053] 상기 전극 쌍들의 저항(P3)은, 미리 설정된 설정 시간 간격 또는 실시간으로 측정하여 입력받는다.

[0054] 상기 인공 신경망 모델에 상기 탄소섬유플라이의 개수(P1), 상기 전극들의 간격(P2), 상기 전극 쌍들의 저항(P3)이 입력되면, 상기 인공 신경망 모델은 상기 인공 신경망 모델로부터 예상되는 손상 위치를 출력한다.(S3)

[0055] 상기 인공 신경망 모델로부터 출력되는 손상 위치가 양수 좌표(x,y)이면, 상기 양수 좌표(x,y)는 실제로 존재하는 위치의 좌표이므로, 해당 위치에서 손상이 발생된 것을 알 수 있다.

[0056] 한편, 상기 인공 신경망 모델로부터 출력되는 손상 위치가 음수 좌표(-x,-y)이면, 손상이 없음을 알 수 있다. 따라서, 상기 손상 위치가 음수 좌표일 경우, 상기 음수 좌표를 출력하지 않고 손상 없음(No damage)을 나타내는 메시지를 출력할 수 있다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 음수 좌표와 손상 없음 메시지를 모두 출력하는 것도 가능하다.

[0057] 따라서, 상기 실전 데이터 중에서 손상이 발생하기 이전에 측정된 상기 전극 쌍들의 저항(P3)이 상기 인공 신경망 모델에 입력되는 경우에도 적용이 가능하다.

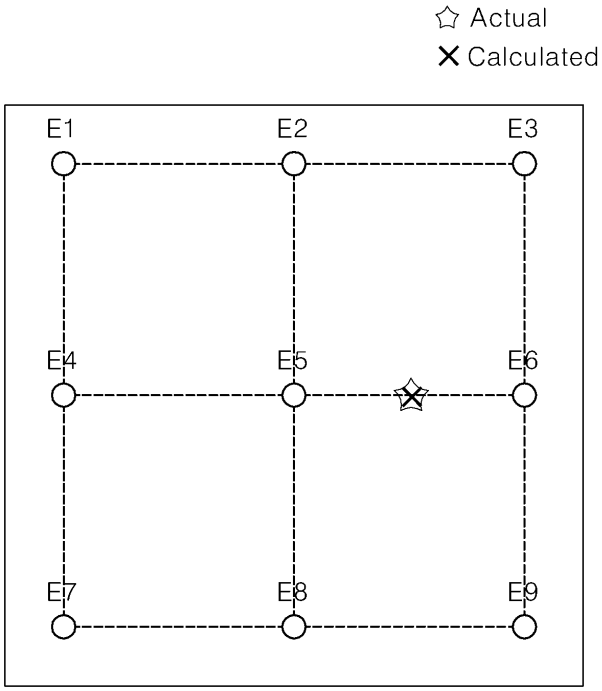
[0058] 상기와 같이, 본 발명에 따르면 상기 탄소섬유플라이의 개수(P1), 상기 전극들의 간격(P2) 및 상기 전극 쌍들의 저항(P3)을 알면, 상기 인공 신경망 모델을 통해 예상되는 손상 위치에 대한 좌표를 도출할 수 있으므로, 관리자 등은 상기 탄소섬유강화복합재의 손상 위치를 보다 신속하고 정확하게 인식할 수 있게 된다.

[0059] 따라서, 탄소섬유강화복합재의 보수 및 교체 등 후속 조치도 보다 용이하게 이루어질 수 있다.

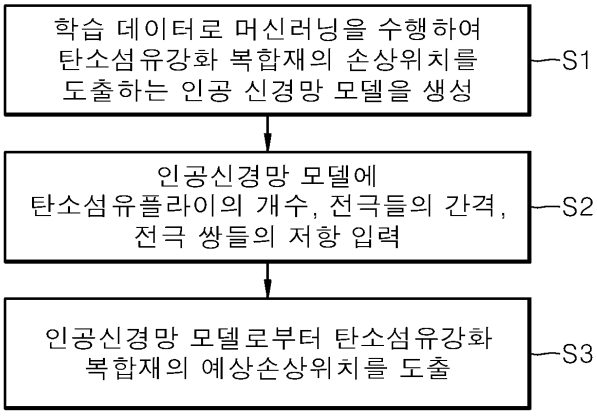
[0060] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

도면

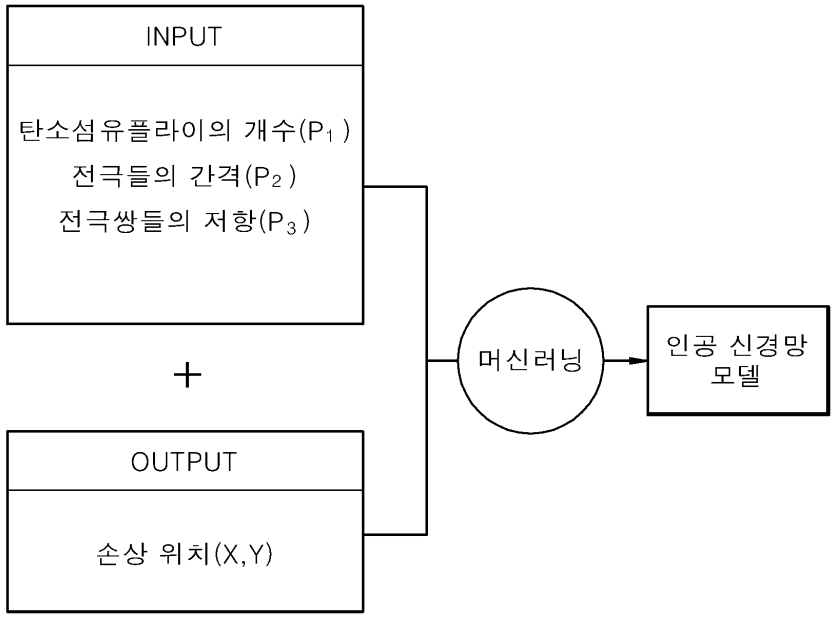
도면1


Actual
Calculated
E1
E2
E3
E4
E5
E6
E7
E8
E9

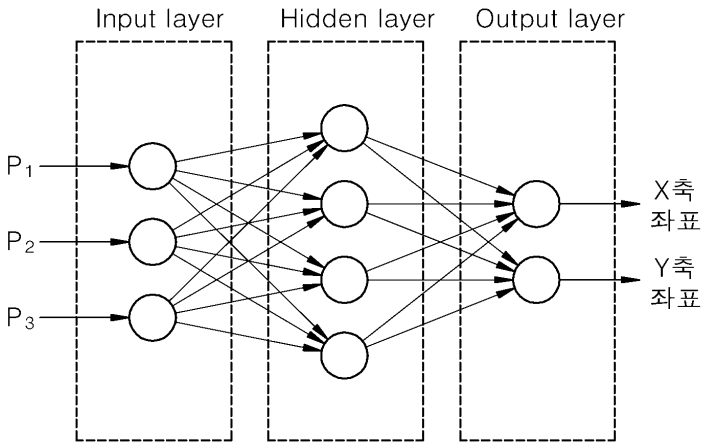
도면2


학습 데이터로 머신러닝을 수행하여 탄소섬유강화 복합재의 손상위치를 도출하는 인공 신경망 모델을 생성
S1
인공신경망 모델에 탄소섬유플라이의 개수, 전극들의 간격, 전극 쌍들의 저항 입력
S2
인공신경망 모델로부터 탄소섬유강화 복합재의 예상손상위치를 도출
S3

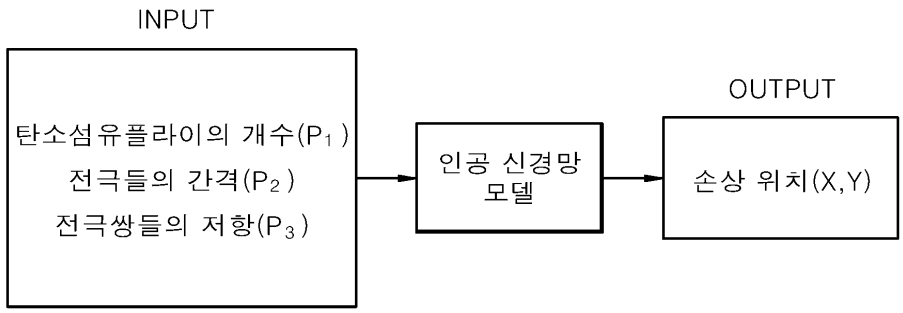
도면3


INPUT
탄소섬유플라이의 개수(P1)
전극들의 간격(P2)
전극쌍들의 저항(P3)
+
OUTPUT
손상 위치(X,Y)
머신러닝
인공 신경망
모델

도면4


Input layer
Hidden layer
Output layer
P1
P2
P3
X축
좌표
Y축
좌표

도면5


INPUT
탄소섬유플라이의 개수(P1)
전극들의 간격(P2)
전극쌍들의 저항(P3)
인공 신경망
모델
OUTPUT
손상 위치(X,Y)