



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0068155  
(43) 공개일자 2019년06월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01B 7/16 (2006.01) D21H 13/40 (2015.01)  
G01N 27/04 (2006.01) G08B 21/18 (2006.01)  
H01B 1/02 (2006.01) H01B 1/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01B 7/18 (2013.01)  
D21H 13/40 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0168263

(22) 출원일자 2017년12월08일

심사청구일자 2017년12월08일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

박영빈

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

노형도

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(74) 대리인

전용준

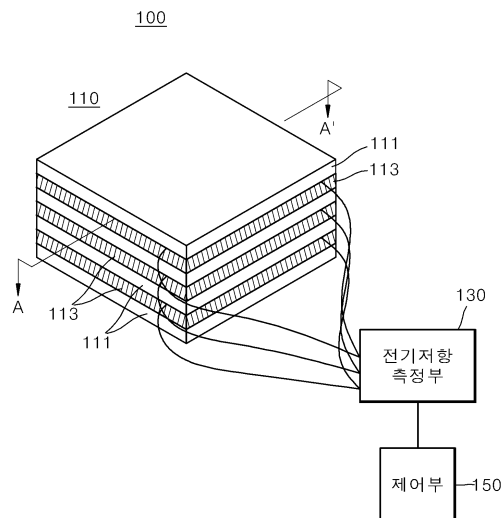
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단장치 및 이에 의한 구조물 파손 진단방법

### (57) 요약

본 발명은, 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단장치 및 이에 의한 구조물 파손 진단방법에 관한 것으로서, 높이 방향으로 설정 간격 상호 이격되는 복수 개의 섬유시트들과, 전도성 물질을 포함하여 이웃하는 상기 섬유시트들 사이에 적층 구비되는 적어도 하나 이상의 전도성 시트를 포함하는 복합재로 제작되는 복합재 구조물; 각각의 상기 전도성 시트 상에 상호 마주하는 한 쌍으로 하나 이상 구비되는 전극들; 각각의 상기 전극들과 연결되어 상기 전극들 사이의 저항값을 측정하는 전기저항 측정부; 외력에 의하여 상기 구조물에 파손이 발생하면, 상기 전기저항 측정부에서 측정된 상기 복합재 구조물의 변화된 저항값을 전달받아 상기 저항값을 근거로 상기 구조물의 파손정보를 도출하는 제어부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*G01N 27/041* (2013.01)

*G08B 21/182* (2013.01)

*H01B 1/02* (2013.01)

*H01B 1/04* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

높이방향으로 설정 간격 상호 이격되는 복수 개의 섬유시트들과, 전도성 물질을 포함하여 이웃하는 상기 섬유시트들 사이에 적층 구비되는 적어도 하나 이상의 전도성 시트를 포함하는 복합재로 제작되는 복합재 구조물;

각각의 상기 전도성 시트 상에 상호 마주하는 한 쌍으로 하나 이상 구비되는 전극들;

각각의 상기 전극들과 연결되어 상기 전극들 사이의 저항값을 측정하는 전기저항 측정부;

외력에 의하여 상기 구조물에 파손이 발생하면, 상기 전기저항 측정부에서 측정된 상기 복합재 구조물의 변화된 저항값을 전달받아 상기 저항값을 근거로 상기 구조물의 파손정보를 도출하는 제어부를 포함하는 복합재를 이용한 구조물의 파손 감지장치.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제어부와 무선으로 연결되는 스마트 기기를 더 포함하며,

상기 스마트 기기 내에 설치된 어플리케이션을 통해 상기 제어부와 접속하여 상기 구조물의 파손 진단을 하도록 상기 제어부를 컨트롤하는 복합재를 이용한 구조물의 파손 감지장치.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 섬유시트는 섬유 강화 플라스틱(Fiber Reinforced Plastic)을 포함하는 복합재를 이용한 구조물의 파손 감지장치.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 전도성 물질은 탄소섬유, 탄소나노튜브, 그래핀 및 금속 와이어 중 어느 하나를 포함하는 복합재를 이용한 구조물의 파손 감지장치.

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 전극들은 상기 전도성 시트의 가로방향 및 세로방향을 따라 설정 간격 이격되어 구비되는 복합재를 이용한 구조물의 파손 감지장치.

#### 청구항 6

높이방향으로 설정 간격 상호 이격되는 복수 개의 섬유시트들과, 전도성 물질을 포함하여 이웃하는 상기 섬유시트들 사이에 적층 구비되는 적어도 하나 이상의 전도성 시트를 포함하는 복합재로 제작되는 복합재 구조물에 외력이 가해지는 단계;

전기저항 측정부가 상기 복합재 구조물의 저항값을 측정하는 단계; 및

제어부가 상기 저항 측정부에서 측정된 상기 저항값을 전달받아, 상기 저항값을 근거로 상기 복합재 구조물의 파손 정보를 도출하는 단계를 포함하는 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단방법.

#### 청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 복합재 구조물의 파손정보는 상기 복합재 구조물의 파손위치, 상기 복합재 구조물의 파손 깊이를 포함하며,

상기 제어부에는 상기 복합재 구조물의 파손위치 및 상기 복합재 구조물의 파손 깊이에 대한 저항값이 데이터베이스(DATA BASE)로 저장되어 있어 측정된 상기 저항값을 비교하여 상기 복합재 구조물의 파손위치 및 상기 복합재 구조물의 파손깊이를 도출하는 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단방법.

#### 청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 복합재 구조물의 저항값을 측정하기 위해 각각의 상기 전도성 시트 상에는 상호 마주하는 한 쌍 이상의 전극들이 구비되며,

상기 전기저항 측정부가 상기 전극들과 전기적으로 연결되는 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단방법.

#### 청구항 9

청구항 6에 있어서,

상기 복합재 구조물의 파손 정보를 도출하는 단계 이후,

상기 복합재 구조물의 파손 정보를 기반으로 상기 복합재 구조물이 버틸 수 있는 최대하중을 도출하는 단계; 및  
상기 복합재 구조물이 버틸 수 있는 최대하중을 기 설정된 최대하중과 비교하여 상기 복합재 구조물의 파손 수리 여부를 결정하는 단계를 더 포함하는 복합재 구조물의 이용한 구조물의 파손 진단방법.

#### 청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 복합재 구조물의 파손 수리 여부를 결정하는 단계에서는,

상기 복합재 구조물이 버틸 수 있는 최대하중이 상기 기 설정된 최대하중 미만이면 파손을 수리하도록 진단하고, 상기 복합재 구조물이 버틸 수 있는 최대하중이 상기 기 설정된 최대하중 이상이면 상기 복합재 구조물을 계속 사용 가능한 것으로 진단하는 복합재 구조물을 이용한 구조물의 파손 진단방법.

#### 청구항 11

청구항 6에 있어서,

상기 제어부와 스마트 기기와 무선으로 연결되며,

상기 복합재 구조물에 외력이 가해지는 단계 이후,

사용자가 상기 스마트 기기에 설치된 어플리케이션을 통해 상기 제어부와 접속하여 상기 복합재 구조물의 파손을 진단하도록 명령을 전송하는 단계를 더 포함하는 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단방법.

#### 청구항 12

높이방향으로 설정 간격 상호 이격되는 복수 개의 섬유시트들과, 전도성 물질을 포함하여 이웃하는 상기 섬유시트들 사이에 적층 구비되는 적어도 하나 이상의 전도성 시트를 포함하는 복합재로 제작되는 복합재 구조물에 외력이 가해지는 단계;

전기저항 측정부가 상기 복합재 구조물의 저항값을 측정하는 단계;

제어부가 상기 저항 측정부에서 측정된 상기 저항값을 전달받아, 상기 저항값을 근거로 상기 복합재 구조물의 파손 정보를 도출하는 단계;

상기 복합재 구조물의 파손 정보를 기반으로 상기 복합재 구조물이 버틸 수 있는 최대하중을 도출하는 단계; 및  
상기 복합재 구조물이 버틸 수 있는 최대하중을 기 설정된 최대하중과 비교하여 상기 복합재 구조물의 파손 수리 여부를 결정하는 단계를 포함하는 복합재 구조물의 이용한 구조물의 파손 진단방법.

### 청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 복합재 구조물의 파손정보는 상기 복합재 구조물의 파손위치, 상기 복합재 구조물의 파손 깊이를 포함하며,

상기 제어부에는 상기 복합재 구조물의 파손위치 및 상기 복합재 구조물의 파손 깊이에 대한 저항값이 데이터베이스(DATA BASE)로 저장되어 있어 측정된 상기 저항값을 비교하여 상기 복합재 구조물의 파손위치 및 상기 복합재 구조물의 파손깊이를 도출하는 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단방법.

### 청구항 14

청구항 12에 있어서,

상기 복합재 구조물의 저항값을 측정하기 위해 각각의 상기 전도성 시트 상에는 상호 마주하는 한 쌍 이상의 전극들이 구비되며,

상기 전기저항 측정부가 상기 전극들과 전기적으로 연결되는 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단방법.

### 청구항 15

청구항 12에 있어서,

상기 복합재 구조물의 파손 수리 여부를 결정하는 단계에서는,

상기 복합재 구조물이 버틸 수 있는 최대하중이 상기 기 설정된 최대하중 미만이면 파손을 수리하도록 진단하고, 상기 복합재 구조물이 버틸 수 있는 최대하중이 상기 기 설정된 최대하중 이상이면 상기 복합재 구조물을 계속 사용 가능한 것으로 진단하는 복합재 구조물을 이용한 구조물의 파손 진단방법.

### 청구항 16

청구항 12에 있어서,

상기 제어부와 스마트 기기와 무선으로 연결되며,

상기 복합재 구조물에 외력이 가해지는 단계 이후,

사용자가 상기 스마트 기기에 설치된 어플리케이션을 통해 상기 제어부와 접속하여 상기 복합재 구조물의 파손을 진단하도록 명령을 전송하는 단계를 더 포함하는 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단장치 및 이에 의한 구조물 파손 진단방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 섬유강화 플라스틱과 전도성 물질로 이루어지는 복합재를 이용하여 제작된 구조물의 파손을 진단할 수 있는 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단장치 및 이에 의한 구조물 파손 진단방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 일반적으로 인간이 현상을 이해하는데 있어서 시각적인 인지는 전체의 감각의 약 80%를 차지한다. 즉 무엇이든 지 눈으로 확인하려는 본능이 있다. 그러나 우리가 다루고 있는 여러 물리현상들은 볼 수 없는 것들이 대다수를 차지한다.

[0003] 그 실체의 존재는 익히 잘 알고 있으나 직접적으로 볼 수 없는 물리 현상 중에 가장 대표적인 것이 응력(stress)이다. 물론 변형을 통해 대략적인 추론은 가능하나 눈으로 식별하기 어려울 정도의 작은 변형이라면 응력의 실체를 인지하기는 매우 어려운 것이다.

[0004] 따라서 실제 연구현장이나 산업현장에서는 응력인지를 위해 복잡한 부수 장치가 따르는 간접적 방법들을 이용하

고 있다. 예를 들어 응력을 가시화하기 위해 변형률 게이지(strain gauge), 초음파, X-선(X-ray)등이 이용되고 있으나, 이러한 방법들은 모두 고비용의 복잡한 장치(Instrumentation)을 요구한다는 문제점이 있으며, 더욱이 직접 볼 수 있는 것과는 차원이 다른 일종의 간접 측정이라는 문제점이 있었다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국등록특허 제10-1337896호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 섬유강화 플라스틱과 전도성 물질로 이루어지는 복합재를 이용하여 제작된 구조물의 파손을 진단할 수 있는 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단장치 및 이에 의한 구조물 파손 진단방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은, 높이방향으로 설정 간격 상호 이격되는 복수 개의 섬유시트들과, 전도성 물질을 포함하여 이웃하는 상기 섬유시트들 사이에 적층 구비되는 적어도 하나 이상의 전도성 시트를 포함하는 복합재로 제작되는 복합재 구조물; 각각의 상기 전도성 시트 상에 상호 마주하는 한 쌍으로 하나 이상 구비되는 전극들; 각각의 상기 전극들과 연결되어 상기 전극들 사이의 저항값을 측정하는 전기저항 측정부; 외력에 의하여 상기 구조물에 파손이 발생하면, 상기 전기저항 측정부에서 측정된 상기 복합재 구조물의 변화된 저항값을 전달받아 상기 저항값을 근거로 상기 구조물의 파손정보를 도출하는 제어부를 포함하는 복합재를 이용한 구조물의 파손 감지장치를 제공한다.

[0008] 본 발명의 다른 측면에 따르면 본 발명은, 높이방향으로 설정 간격 상호 이격되는 복수 개의 섬유시트들과, 전도성 물질을 포함하여 이웃하는 상기 섬유시트들 사이에 적층 구비되는 적어도 하나 이상의 전도성 시트를 포함하는 복합재로 제작되는 복합재 구조물에 외력이 가해지는 단계; 전기저항 측정부가 상기 복합재 구조물의 저항값을 측정하는 단계; 및 상기 제어부가 상기 저항 측정부에서 측정된 상기 저항값을 전달받아, 상기 저항값을 근거로 상기 복합재 구조물의 파손 정보를 도출하는 단계를 포함하는 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단방법을 제공한다.

[0009] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면 본 발명은, 높이방향으로 설정 간격 상호 이격되는 복수 개의 섬유시트들과, 전도성 물질을 포함하여 이웃하는 상기 섬유시트들 사이에 적층 구비되는 적어도 하나 이상의 전도성 시트를 포함하는 복합재로 제작되는 복합재 구조물에 외력이 가해지는 단계; 전기저항 측정부가 상기 복합재 구조물의 저항값을 측정하는 단계; 상기 제어부가 상기 저항 측정부에서 측정된 상기 저항값을 전달받아, 상기 저항값을 근거로 상기 복합재 구조물의 파손 정보를 도출하는 단계; 상기 복합재 구조물의 파손 정보를 기반으로 상기 복합재 구조물이 버틸 수 있는 최대하중을 도출하는 단계; 및 상기 복합재 구조물이 버틸 수 있는 최대하중을 기 설정된 최대하중과 비교하여 상기 복합재 구조물의 파손 수리 여부를 결정하는 단계를 포함하는 복합재 구조물의 이용한 구조물의 파손 진단방법을 제공한다.

### 발명의 효과

[0010] 본 발명에 따른 복합재를 이용한 구조물의 파손 진단장치 및 이에 의한 구조물 파손 진단방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0011] 첫째, 높이방향으로 설정 간격 이격되는 섬유시트들 사이에 전도성 시트가 구비되어 있으며, 전도성 시트를 통해 전기 저항을 측정할 수 있으므로 전기저항값의 변화를 통해 복합재 구조물의 파손정보를 도출할 수 있다.

[0012] 둘째, 특히, 전도성 시트 상에 복수 쌍의 전극을 구비함으로써 파손 깊이 뿐 아니라 파손위치까지 진단할 수 있다.

[0013] 셋째, 도출한 파손정보를 기반으로 복합재 구조물의 최대하중을 도출하여 파손이 발생한 시점에서 복합재 구조

물의 수리여부 또는 사용여부를 진단할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합재를 이용한 구조물 파손 진단장치가 도시된 개념도이다.

도 2는 도 1의 A-A 부분의 단면이 도시된 단면도이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 복합재를 이용한 구조물 파손 진단장치 중 구조물을 형성하는 복합재의 단면이 도시된 단면도이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 구조물 파손 진단장치의 구성이 도시된 개념도이다.

도 5는 도 1에 따른 복합재를 이용한 구조물 파손 진단장치를 이용한 진단방법이 도시된 블록도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 도 1 내지 도 5에는 본 발명에 따른 복합재를 이용한 구조물 파손 진단장치와 이를 이용한 진단방법에 대해 도시되어 있다.

[0016] 먼저, 도 1 및 도 2를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 복합재를 이용한 구조물 파손 진단장치(이하, 구조물 파손 진단장치)에 대해 설명하기로 한다.

[0017] 상기 구조물 파손 진단장치는 복합재 구조물(110), 전극(115a, 115b)들, 전기저항 측정부(130) 및 제어부(150)를 포함한다. 도 1에는 상기 복합재 구조물(110)의 일부분만 도시된 것이다. 상기 복합재 구조물(110)은 복합재로 제작된 구조물을 의미하며, 상기 복합재는 높이방향으로 설정 간격 이격되는 섬유시트(111)들과 이웃하는 상기 섬유시트(111)들 사이에 구비되는 전도성 시트(113)로 이루어진다.

[0018] 상기 섬유시트(111)는 예시적으로 유리섬유(glass fiber)를 포함한다. 즉, 상기 유리섬유로만 상기 섬유시트를 제작하거나 일반섬유와 상기 유리섬유를 일부만 포함하여 제작할 수도 있다.

[0019] 상기 전도성 시트(113)는 전도성 물질을 포함한다. 상기 전도성 물질은 탄소섬유, 탄소나노튜브, 그래핀 및 금속와이어 중 어느 하나를 포함하는데 본 실시예에서는 상기 탄소섬유인 것을 예로 들어 설명한다.

[0020] 상기 전극(115a, 115b)들은 상기 전도성 시트(113) 상에 구비된다. 보다 구체적으로는 각각의 상기 전도성 시트(113) 상에 구비되며, 상호 마주하는 한 쌍이 상기 전도성 시트(113)의 가로방향 및 세로방향으로 설정 간격 이격되며 복수 개 구비된다.

[0021] 본 실시예에서는 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 전도성 시트 상에 가로방향 (또는 세로방향)으로 상호 이격된 두 쌍의 상기 전극(115a, 115b)들이 구비된 것을 예로 들어 설명한다. 상기 복합재 구조물(110)로 전기가 공급되면, 상기 전도성 시트(113)가 상기 전도성 물질을 포함하고 있으므로 상기 전극(115a, 115b)들 사이의 저항값을 측정할 수 있다.

[0022] 상기 전기저항 측정부(130)는 전술한 바와 같이 상기 전극(115a, 115b)들 사이의 저항값을 측정하기 위해 상기 전극(115a, 115b)들과 전기적으로 연결된다. 즉, 상기 전극(115a, 115b)들 중 어느 한 쌍의 전극만 상기 전기저항 측정부(130)와 연결되는 것이 아니라, 모든 쌍의 상기 전극(115a, 115b)들이 상기 전기저항 측정부(130)와 연결되는 것이다.

[0023] 상기 제어부(150)는 상기 전기저항 측정부(130)와 연결된다. 상기 전기저항 측정부(130)에서 측정된 저항값은 상기 제어부(150)로 전달된다. 그리고 상기 제어부(150)는 상기 저항값을 근거로 상기 구조물의 파손정보를 도출한다. 여기서 상기 구조물의 파손정보란 상기 복합재 구조물(110)의 파손위치 및 파손깊이를 포함한다.

[0024] 상기 제어부(150)에는 상기 복합재 구조물(110)로 제작되는 상기 복합재의 다양한 저항값이 데이터베이스(DATA BASE)로 저장되어 있다. 보다 구체적으로는 상기 복합재에 가해지는 다양한 외력의 크기, 외력이 가해져 상기 복합재가 파손되는 다양한 위치 및 다양한 깊이에 따른 각각의 저항값이 저장되는 것이다.

[0025] 따라서 상기 전기저항 측정부(130)가 상기 복합재 구조물(110)에서 측정한 저항값을 전달받은 상기 제어부는 상기 데이터베이스와 상기 저항값을 비교하여 상기 저항값에 근거한 상기 복합재 구조물(110)의 파손위치 및 파손깊이를 도출한다.

[0026] 한편, 본 실시예에서는 도 1을 참조하는 바와 같이 상기 복합재 구조물(110)로 제작되는 상기 복합재가 상기 섬

유시트(111)와 상기 전도성시트(113)가 각각 하나씩 순차적으로 교차하며 적층되어 형성된 것을 예로 들어 설명하였으나 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 복합재는 도 3을 참조하는 바와 같이, 이웃하는 상기 섬유시트(111)들 사이에 둘 이상, 복수 개의 상기 전도성시트(113)들이 구비될 수도 있다.

- [0027] 도 4에는 본 발명의 다른 실시예에 따른 구조물 파손 진단장치(100')의 개념도가 도시된 것으로, 전술한 일 실시예와 동일한 구성에 스마트 기기(170)가 더 포함된 것이다.
- [0028] 상기 스마트 기기(170)는 상기 제어부(150)와 무선으로 연결되어 사용자가 상기 스마트 기기(170)를 통해 상기 제어부(150)를 직접 컨트롤 할 수 있다. 이를 위해 상기 스마트 기기(170)에는 상기 제어부(150)를 컨트롤 할 수 있는 어플리케이션이 소프트웨어 형태로 설치될 수 있다.
- [0029] 상기 스마트 기기(170)를 통해 사용자는 원하는 시점이 실시간으로 상기 복합재 구조물(110)의 파손 진단을 실시할 수 있고, 진단결과를 상기 스마트 기기(170)를 통해 확인할 수 있다. 상기 스마트 기기(170)는 스마트폰, 태블릿PC 등을 포함한다.
- [0030] 이하에서는 전술한 바와 같은 구조물 파손 진단장치를 이용하여 구조물을 진단하는 방법을 도 5를 참조하여 설명하기로 한다.
- [0031] 먼저, 도 5를 참조하여 상기 구조물의 진단방법을 간략하게 설명하면 다음과 같다. 상기 복합재 구조물(110)에 외력이 가해져 파손이 발생(S105)하면, 상기 제어부(130)가 상기 복합재 구조물(110)의 전기저항을 측정하여 측정된 저항값을 상기 제어부(150)로 전달한다.(S110) 상기 제어부(150)는 전달받은 상기 저항값을 근거로 상기 복합재 구조물(110)의 파손정보 즉, 파손 위치 및 파손 깊이를 도출한다.(S115)
- [0032] 그리고 상기 제어부(150)는 상기 파손정보를 기반으로 상기 복합재 구조물(110)이 버틸 수 있는 최대하중을 도출한다.(S120) 상기 제어부(150)는 도출된 최대하중을 기설정된 최대하중과 비교하고(S125), 도출된 최대하중이 기설정된 최대하중 미만이면 상기 복합재 구조물(110)을 수리하는 것으로 진단한다.(S130) 그러나 도출된 최대하중이 기설정된 최대하중과 같거나 그 이상이면 상기 복합재 구조물(110)을 계속 사용할 수 있는 것으로 진단하여 상기 S110 단계부터 상기 S130 단계를 반복한다.
- [0033] 본 실시예에서는 상기 복합재 구조물(110)에 가해지는 외력은 상기 복합재 구조물(110)의 높이방향으로 파손이 발생시킨다. 따라서 상기 복합재 구조물(110)로 제작되는 상기 복합재의 상기 전도성 시트(113)에 포함된 상기 전도성 물질들의 연결이 끊어져 저항이 변화한다.
- [0034] 상기 전기저항 측정부(130)은 각각의 상기 전도성 시트(113)의 저항값을 측정하므로 각각의 상기 전도성 시트(113)의 저항 변화를 통해 상기 복합재 구조물(110)이 어느 정도의 깊이까지 파손되었는지를 도출할 수 있다. 또한, 상기 전도성 시트(113) 상에 구비되는 상기 전극(115a, 115b)들이 복수 개 구비되므로 어느 전극쌍 사이에서 저항이 변화되었는지에 따라 상기 복합재 구조물(110)의 어느 위치에서 파손이 발생되었는지를 도출할 수 있다.
- [0035] 한편, 상기 구조물 파손 진단장치는 단순히 상기 복합재 구조물(110)의 파손 정보만 도출하는 것이 아니라, 상기 복합재 구조물(110)의 파손 정도에 따라 당장 수리를 해야할지 또는 상기 복합재 구조물(110)이 파손된 상태라도 계속 사용이 가능할지의 여부를 진단한다. 이는 상기 복합재 구조물(110)의 파손 정보가 도출된 후 이루어진다.
- [0036] 상기 파손정보가 도출되는 단계 이후에는 상기 복합재 구조물(110)이 버틸 수 있는 최대하중을 상기 파손정보를 기반으로 도출한다. 상기 제어부(150)에는 상기 복합재 구조물(110)에 외력이 가해지기 전, 즉 상기 복합재 구조물(110)의 파손이 발생하기 전 최대하중(P1)이 저장되어 있다. 따라서 파손이 되지 않은 상기 복합재 구조물(110)은 상기 최대하중(P1)까지만 버틸 수 있다.
- [0037] 그러나 상기 복합재 구조물(110)이 외력에 의해 파손되면 상기 복합재 구조물(110)은 상기 최대하중(P1)까지 버틸 수 없다. 보다 구체적으로 설명하면, 상기 복합재 구조물(110)에 외력이 가해져 파손이 발생하면 파손된 부위 주변으로는 응력 집중이 최대 3배까지 일어난다. 따라서 상기 최대하중(P1)까지 상기 복합재 구조물(110)이 버틸 수 없게 되므로 상기 복합재 구조물(110)이 파손될 때에는 상기 파손정보에 기반한 상기 복합재 구조물의 최대하중(P2)을 다시 도출하는 것이다.
- [0038] 한편, 상기 최대하중(P2)을 도출할 때에는 상기 복합재를 형성하는 상기 섬유시트(111) 및 상기 전도성 시트(113) 각각의 재료 고유 물성을 반영해야 한다. 이때 반영되는 재료의 고유 물성은 다양하게 변화될 수 있다.

이렇게 도출된 상기 최대하중(P2)은 상기 제어부(150)에 기저장된 최대하중(P3)과 비교한다.

[0039] 그리고 상기 도출된 최대하중(P2)이 상기 기저장된 최대하중(P3) 미만일 경우 상기 제어부(150)는 상기 복합재 구조물(110)을 수리하도록 진단한다. 이때, 상기 복합재 구조물(110)의 수리는 상기 S115 단계에서 도출한 상기 복합재 구조물(110)의 파손 정보 즉, 파손 위치 및 파손 깊이에 대한 정보를 기반으로 이루어진다.

[0040] 상기 복합재 구조물(110)로 제작되는 복합재는 고비용이며, 노동집약적(labor-intensive)인 재료이기 때문에 이러한 복합재로 제작된 상기 복합재 구조물(110) 전체를 수리한다면 상당히 많은 비용이 소요된다. 따라서 수리 비용의 절감을 위해 상기 복합재 구조물(110) 전체를 수리하지 않고, 상기 S115 단계에서 도출된 상기 복합재 구조물(110)의 파손 정보를 기반으로 파손이 실제로 일어난 부위만을 수리한다.

[0041] 그러나 상기 도출된 최대하중(P2)이 상기 기저장된 최대하중(P3)보다 크거나 같다면 상기 제어부(150)는 상기 복합재 구조물(110)을 계속 사용하도록 진단한다. 그리고 상기 복합재 구조물(110)의 계속 사용하도록 진단하면 상기 S110 단계부터 상기 S130 단계를 반복할 수 있다.

[0042] 한편, 상기 구조물 파손 진단장치(100)가 상기 스마트 기기(170)를 더 포함하는 경우라면, 상기 스마트 기기(170)를 소지한 사용자가 상기 제어부(150)를 원격으로 조정할 수 있는 어플리케이션을 통해 상기 구조물의 진단을 사용자가 원하는 시점에 실시간으로 진행할 수 있다.

[0043] 만약, 상기 복합재 구조물(110)을 구성하는 상기 복합재가 도 3에 도시된 바와 같이 상기 섬유시트(111)들 사이에 복수 개의 상기 전도성 시트(113)가 구비되는 경우에는 상기 파손정보를 기반으로 상기 복합재 구조물(110)의 파손 정보를 도출하는 과정이 전술한 일 실시예와 상이하다.

[0044] 이와 같은 경우, 상기 복합재 구조물(110)의 최대하중을 도출할 때 전술한 일 실시예와 같이 하나의 최대하중 값이 아닌 최대하중 범위로 도출한다.

[0045] 예를 들어 도 3에서와 같이 상기 복합재 구조물(110) 중 최상층의 상기 섬유시트(111)와 중간층의 섬유시트(111) 사이 깊이까지 파손이 되었다고 가정한다면, 최상층의 상기 섬유시트(111)와 중간층의 상기 섬유시트(111) 사이의 상기 전도성 시트(113)들 중 첫 번째 전도성 시트(113)만 파손될 때와 두 번째 전도성 시트(113)까지 파손될 때의 오차가 발생하게 된다.

[0046] 그러므로 첫 번째 전도성 시트(113)가 파손될 때의 최대하중과 두 번째 전도성 시트(113)까지 파손될 때의 최대하중을 도출하여 이들 중의 최소값을 기설정된 최대하중과 비교 후 상기 복합재 구조물(110)의 수리여부 또는 사용 여부를 진단한다.

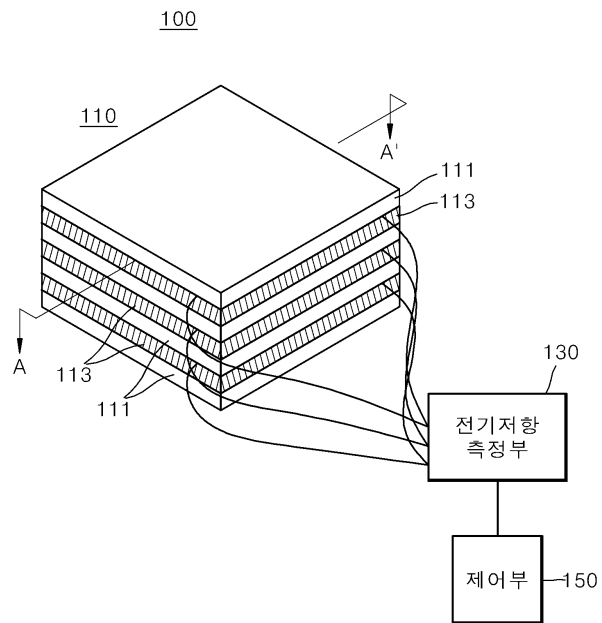
[0047] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

## 부호의 설명

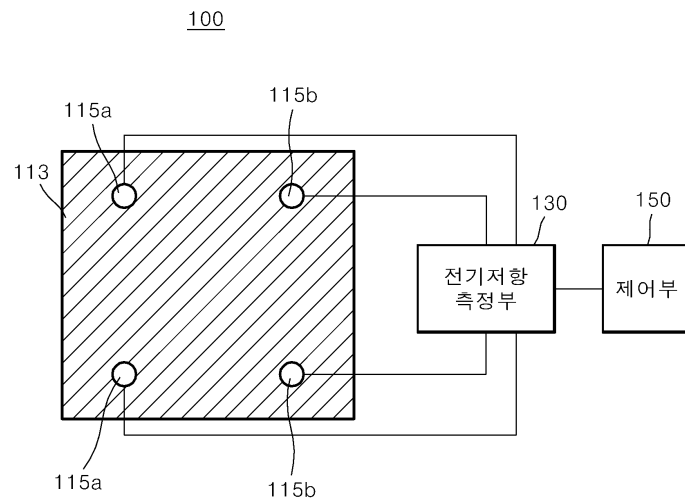
[0048] 100, 100': 구조물 파손 진단장치  
110, 110': 복합재 구조물 111: 섬유시트  
113: 전도성 시트 130: 전기저항 측정부  
150: 제어부 170: 스마트 기기

도면

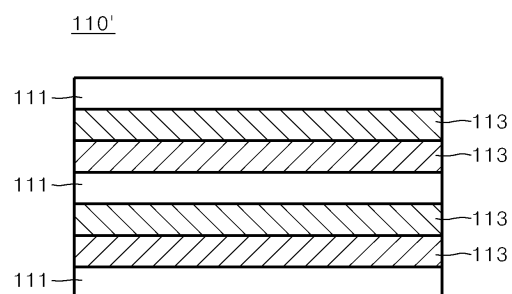
도면1



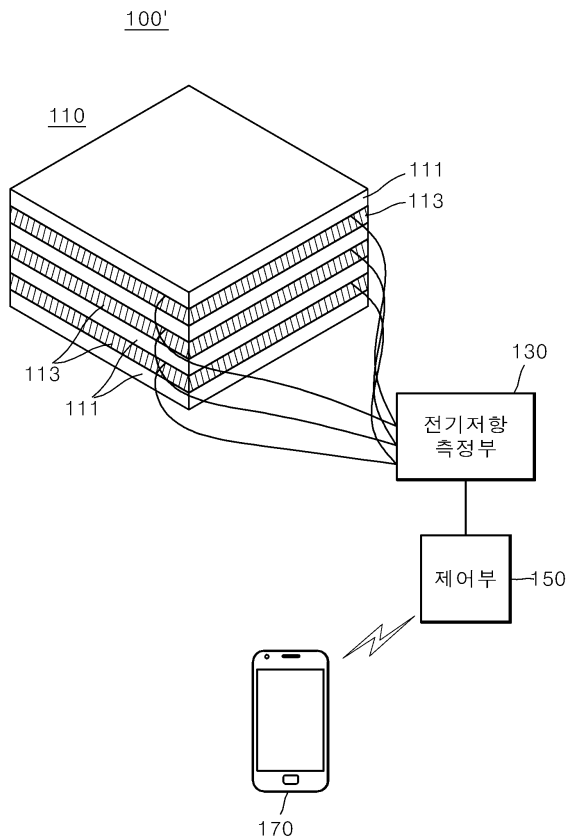
도면2



도면3



도면4



도면5

