



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년06월13일
(11) 등록번호 10-2407970
(24) 등록일자 2022년06월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 9/02 (2006.01) G01L 9/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01L 9/02 (2021.05)
G01L 9/0002 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0011672
(22) 출원일자 2021년01월27일
심사청구일자 2021년01월27일
(56) 선행기술조사문헌
JP2016075544 A*
KR1020190107583 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
중앙대학교 산학협력단
서울특별시 동작구 흑석로 84 (흑석동)
(72) 발명자
김동주
서울특별시 광진구 능동로 209, 세종대학교 광개
토관 714호(군자동)
이선열
서울특별시 광진구 능동로 209, 세종대학교 광개
토관 706호(군자동)
(74) 대리인
유병욱, 한승범

전체 청구항 수 : 총 9 항

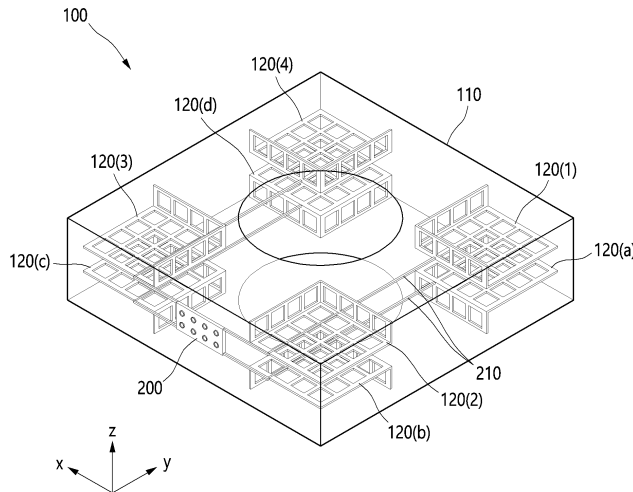
심사관 : 이성현

(54) 발명의 명칭 **지능형 시멘트 기반 센서 장치 및 이를 포함하는 전기 저항 계측 시스템**

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치는, 가해지는 하중 또는 응력에 따라 전기 저항이 변하는 스마트 콘크리트를 포함하는 스마트 콘크리트 구조물; 및 상기 스마트 콘크리트 구조물에 매립 또는 내장되는 적어도 한 쌍의 전극;을 포함하며, 상기 전극은 한 쌍의 전극 사이에 위치하는 상기 스마트 콘크리트의 전기 저항을 측정할 수 있다.

대표도 - 도3



- (52) CPC특허분류
G01L 9/0027 (2013.01)
G01L 9/0035 (2013.01)

박종웅

서울특별시 동작구 서달로 91, 103동 1602호(흑석동, 흑석한강센트레빌2차)

- (72) 발명자

김태욱

서울특별시 광진구 능동로 209, 세종대학교 광개토관 706호(군자동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711098192
과제번호	2019R1A4A1021702
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원(R&D)
연구과제명	디지털 트윈을 활용한 케이블 교량 상태평가 기초연구실
기여율	1/1
과제수행기관명	세종대학교
연구기간	2019.09.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

가해지는 하중 또는 응력에 따라 전기 저항이 변하는 스마트 콘크리트를 포함하는 스마트 콘크리트 구조물; 및 상기 스마트 콘크리트 구조물에 매립 또는 내장되는 적어도 한 쌍의 전극;을 포함하며,

상기 전극은, 수평면을 따라 마련되는 제1 전극부, 상기 제1 전극부의 가로방향 가장자리에서 높이방향을 따라 마련되는 제2 전극부 및 상기 제1 전극부의 세로방향 가장자리에서 높이방향을 따라 마련되며 상기 제2 전극부와 연결되도록 마련되는 제3 전극부를 포함하여 한 쌍의 전극 사이에 위치하는 상기 스마트 콘크리트의 전기 저항을 측정하는 것을 특징으로 하는 지능형 시멘트 기반 센서 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전극은, 전극면이 서로 마주보도록 상기 전극의 좌우방향 또는 상하방향을 따라 한 쌍으로 마련되는 것을 특징으로 하는 지능형 시멘트 기반 센서 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전극은 상기 제1 전극부가 서로 대향하도록 마련되는 것을 특징으로 하는 지능형 시멘트 기반 센서 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 전극은 서로 대향하는 상기 제1 전극부 사이의 가운데를 지나가는 가상의 평면에 대해서 상기 제2 전극부 및 상기 제3 전극부가 서로 대칭이 되도록 마련되는 것을 특징으로 하는 지능형 시멘트 기반 센서 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 전극은 상기 제1 전극부의 전극면 방향을 따라 상기 제2 전극부와 상기 제3 전극부가 서로 대향하도록 마련되는 것을 특징으로 하는 지능형 시멘트 기반 센서 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1 전극부에 연결되어 있지 않은 상기 제2 전극부의 일단 또는 상기 제3 전극부의 일단은 상기 제1 전극부 보다 상기 스마트 콘크리트 구조물의 표면 가까이에 마련되는 것을 특징으로 하는 지능형 시멘트 기반 센서

장치.

청구항 8

제1항, 제2항 및 제4항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스마트 콘크리트는, 시멘트, 실리카 흙, 실리카 파우더, 제강 슬래그 잔골재, 강섬유, 고성능 감수제 및 물을 포함하는 것을 특징으로 하는 지능형 시멘트 기반 센서 장치.

청구항 9

제8항에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치;

상기 전극에 연결되어 상기 스마트 콘크리트 구조물의 전기 저항을 측정하는 전기 저항 측정부; 및

상기 전기 저항 측정부에서 측정 또는 산출한 저항을 시각적으로 표시하는 디스플레이부;를 포함하며,

상기 전기 저항 측정부는 마이크로컨트롤러, 아날로그-디지털 컨버터 및 휘트스톤브리지를 포함하는 것을 특징으로 전기 저항 계측 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 디스플레이부는 상기 전기 저항 측정부의 전원을 이용하거나 이-페이퍼(E-paper)로 마련되는 것을 특징으로 하는 전기 저항 계측 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 지능형 시멘트 기반 센서 장치 및 이를 포함하는 전기 저항 계측 시스템에 관한 것으로, 상세하게는 시멘트 복합 재료 자체가 하중 상태를 감지할 수 있는 자가 응력의 변화를 감지하거나 측정할 수 있는 제강 슬래그 잔골재와 강섬유를 포함하는 스마트 콘크리트로 마련되는 지능형 시멘트 기반 센서 장치 및 이를 포함하는 전기 저항 계측 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 콘크리트 구조물의 노후화로 인한 사고가 계속해서 발생하고 있는데, 콘크리트 구조물을 효과적으로 유지 또는 관리할 수 있는 기술이 요구되고 있다.

[0003] 시멘트와 골재 등의 복합재료를 통해 제조되는 콘크리트 구조물은 도시 건축물 및 사회기반시설 건립에 가장 폭 넓게 이용되고 있는 건축 구조물로서, 오랜 기간 동안 안전하고 견고하게 유지될 수 있도록 상기 콘크리트 구조물의 균열 및 손상으로 인한 붕괴 등의 위험을 실시간 혹은 사전에 감지하거나 예측할 수 있는 시스템에 관한 요구가 증가하고 있다.

[0004] 기존의 콘크리트 구조물의 손상을 감지하는 시스템에는 다양한 종류의 변형률 또는 변위 측정장치들을 추가적으로 설치하여 실시간 측정함으로써, 구조물의 손상 및 건전도를 측정하는 모니터링 시스템 및 안전진단 방법 등이 수행되어 왔다. 예를 들면, 콘크리트 구조물의 손상 및 응력 계측을 위해서 콘크리트 구조물의 표면에 변형률 게이지, 가속도 센서 등을 부착하는 방식을 사용하였다.

[0005] 또한, 최근에는 자기 응력 감지 성능을 갖는 smart UHPC(Ultra-High Performance Concrete: 초고성능 콘크리트)를 활용하여, 별도의 센서 없이 PSC(Pre-stressed concrete) 구조물의 긴장력을 계측할 수 있는 스마트 콘크리트 정착구(Smart concrete anchorage)가 개발된 바 있다.

[0006] 그런데, 종래의 변형률 게이지(strain gauge), 가속도 센서 등과 같은 기계식 센서는 센서 자체의 낮은 내구성

으로 인하여 잦은 유지 관리 및 보수가 필요함과 동시에 장시간 모니터링이 어려운 문제점이 있다. 또한, 별도의 변형률 또는 변위를 측정하는 센서를 구조물에 별도로 부착 또는 매립하는 현재의 모니터링 시스템들은 구조물의 수명과 비교하여 볼 때, 매우 짧은 센서의 내구수명으로 인해 구조물의 전체 수명 동안 계속하여 사용될 수 없다는 문제점이 있다. 또한, 센서를 부착한 모니터링 시스템의 경우, 센서 위치에서만 응답을 가지고 전체 구조물의 건전성을 판단하기에는 다소 무리가 있었다.

- [0007] 한편, 스마트 콘크리트 정착구의 경우에는 PSC 구조물과 같이 PS 텐던(tendon)이 사용된 신규의 구조물에는 적용할 수 있지만 기존의 구조물에는 적용하기 어렵다는 한계점이 있다. 또한, 단순히 긴장력에 의해 1축 압축 하중에 따른 응력 변화만을 계측할 수 있는 반면에, 내부 응력 상태 즉, 편심 응력 상태는 확인하기 어렵다는 문제점이 있다.
- [0008] 뿐만 아니라, 종래의 기계식 센서 및 스마트 콘크리트 정착구는 정해진 형상 이외에 임의로 형상을 변경하거나 임의의 형상에는 적용하기 어렵다는 한계도 있다.
- [0009] 본 출원인은, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명을 제안하게 되었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2020-0056305호(2020.05.22.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, PSC 구조물, 교량 받침, 콘크리트 기둥 등 다양한 콘크리트 구조물의 손상 및 내부 응력 상태 감지가 가능한 지능형 시멘트 기반 센서 장치 및 이를 포함하는 전기 저항 계측 시스템을 제공한다.
- [0012] 본 발명은 별도의 센서 없이 손상 및 내부 응력 상태 감지 능력을 가지는 지능형 시멘트 기반 센서 장치 및 이를 포함하는 전기 저항 계측 시스템을 제공한다.
- [0013] 본 발명은 스마트 콘크리트 구조물 내부의 응력 상태 측정을 위해 3D 전극을 이용하는 지능형 시멘트 기반 센서 장치 및 이를 포함하는 전기 저항 계측 시스템을 제공한다.
- [0014] 본 발명은 측정된 데이터를 실시간으로 전달할 수 있고, 별도의 장비 없이 현장에서 계측 결과를 시각적으로 제시하고 실시간 평가할 수 있는 지능형 시멘트 기반 센서 장치를 포함하는 전기 저항 계측 시스템을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기한 바와 같은 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치는, 가해지는 하중 또는 응력에 따라 전기 저항이 변하는 스마트 콘크리트를 포함하는 스마트 콘크리트 구조물; 및 상기 스마트 콘크리트 구조물에 매립 또는 내장되는 적어도 한 쌍의 전극;을 포함하며, 상기 전극은 한 쌍의 전극 사이에 위치하는 상기 스마트 콘크리트의 전기 저항을 측정할 수 있다.
- [0016] 상기 전극은, 전극면이 서로 마주보도록 상기 전극의 좌우방향 또는 상하방향을 따라 한 쌍으로 마련될 수 있다.
- [0017] 상기 전극은, 수평면을 따라 마련되는 제1 전극부, 상기 제1 전극부의 가로방향 가장자리에서 높이방향을 따라 마련되는 제2 전극부 및 상기 제1 전극부의 세로방향 가장자리에서 높이방향을 따라 마련되되 상기 제2 전극부와 연결되도록 마련되는 제3 전극부를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 전극은 상기 제1 전극부가 서로 대향하도록 마련될 수 있다.
- [0019] 상기 전극은 서로 대향하는 상기 제1 전극부 사이의 가운데를 지나는 가상의 평면에 대해서 상기 제2 전극부 및 상기 제3 전극부가 서로 대칭이 되도록 마련될 수 있다.
- [0020] 상기 전극은 상기 제1 전극부의 전극면 방향을 따라 상기 제2 전극부와 상기 제3 전극부가 서로 대향하도록 마

련될 수 있다.

- [0021] 상기 제1 전극부에 연결되어 있지 않은 상기 제2 전극부의 일단 또는 상기 제3 전극부의 일단은 상기 제1 전극부 보다 상기 스마트 콘크리트 구조물의 표면 가까이에 마련될 수 있다.
- [0022] 상기 스마트 콘크리트는, 시멘트, 실리카 흙, 실리카 파우더, 제강 슬래그 잔골재, 강섬유, 고성능 감수제 및 물을 포함할 수 있다.
- [0023] 한편, 본 발명은 상기한 지능형 시멘트 기반 센서 장치; 상기 전극에 연결되어 상기 스마트 콘크리트 구조물의 전기 저항을 측정하는 전기 저항 측정부; 및 상기 전기 저항 측정부에서 측정 또는 산출한 저항을 시각적으로 표시하는 디스플레이부;를 포함하며, 상기 전기 저항 측정부는 마이크로컨트롤러, 아날로그-디지털 컨버터 및 휘트스톤브리지를 포함하는 전기 저항 계측 시스템을 제공할 수 있다.
- [0024] 상기 디스플레이부는 상기 전기 저항 측정부의 전원을 이용하거나 이-페이퍼(E-paper)로 마련될 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치 및 이를 포함하는 전기 저항 계측 시스템은 PSC 구조물, 교량 받침, 콘크리트 기둥 등 다양한 콘크리트 구조물의 손상 및 내구 능력 상태를 감지할 수 있다.
- [0026] 본 발명에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치 및 이를 포함하는 전기 저항 계측 시스템은 별도의 센서 없이도 구조물의 손상 및 내부 응력 상태 감지 능력을 가질 수 있다.
- [0027] 본 발명에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치 및 이를 포함하는 전기 저항 계측 시스템은 3D 전극을 이용하여 스마트 콘크리트 구조물 내부의 응력 상태를 측정하기 때문에 편심 응력 상태도 측정할 수 있다.
- [0028] 본 발명에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치 및 이를 포함하는 전기 저항 계측 시스템은 측정된 데이터를 실시간으로 전달할 수 있고 별도의 장비 없이도 현장에서 계측 결과를 시각적으로 제시하고 실시간 평가할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기 저항 계측 시스템이 교량에 적용된 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 도 1에 따른 교량에 적용된 지능형 시멘트 기반 센서 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 도 2에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치의 전극을 보여주는 투시 사시도이다.
- 도 4는 도 3에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치에 적용된 한 쌍의 전극을 도시한 도면이다.
- 도 5는 도 3에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치의 재하 위치에 따른 저항 측정 실험을 보여주는 도면이다.
- 도 6은 도 3에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치의 단면을 보여주는 도면이다.
- 도 7은 도 3에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치의 변형예를 보여주는 도면이다.
- 도 8은 도 7에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치가 적용된 콘크리트 구조물을 예시적으로 보여주는 도면이다.
- 도 9는 도 3에 따른 시스템에 있어서 하중 상태 변화에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치의 전기 저항률 변화 거동을 보여주는 실험 결과이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기 저항 계측 시스템을 구성을 개략적으로 보여주는 도면이다.
- 도 11은 도 10에 따른 시스템의 전기 저항 측정부의 구성을 개략적으로 보여주는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기 저항 계측 시스템이 교량에 적용된 예시를 설명하기 위한 도면, 도 2는 도 1에 따른 교량에 적용된 지능형 시멘트 기반 센서 장치를 설명하기 위한 도면, 도 3은 도 2에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치의 전극을 보여주는 투시 사시도, 도 4는 도 3에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치에 적용된 한 쌍의 전극을 도시한 도면, 도 5는 도 3에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치의 재하 위치에 따른

저항 측정 실험을 보여주는 도면, 도 6은 도 3에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치의 단면을 보여주는 도면, 도 7은 도 3에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치의 변형예를 보여주는 도면, 도 8은 도 7에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치가 적용된 콘크리트 구조물을 예시적으로 보여주는 도면, 도 9는 도 3에 따른 시스템에 있어서 하중 상태 변화에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치의 전기 저항률 변화 거동을 보여주는 실험 결과, 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기 저항 계측 시스템을 구성을 개략적으로 보여주는 도면, 도 11은 도 10에 따른 시스템의 전기 저항 측정부의 구성을 개략적으로 보여주는 도면이다.

- [0033] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100)는, 가해지는 하중 또는 응력에 따라 전기 저항이 변하는 스마트 콘크리트를 포함하는 구조물(110); 및 상기 스마트 콘크리트 구조물(110)에 매립 또는 내장되는 적어도 한 쌍의 전극(120);을 포함하며, 상기 전극(120)은 한 쌍의 전극 사이에 위치하는 상기 스마트 콘크리트의 전기 저항을 측정할 수 있다.
- [0034] 스마트 콘크리트 구조물(110)은 상기 스마트 콘크리트를 재료로 하여 제작될 수 있다. 여기서, 상기 스마트 콘크리트(Smart Concrete)는, 시멘트(Cement), 실리카 흙(Silica fume), 실리카 파우더(Silica powder), 실리카 샌드(Silica sand), 제강 슬래그 잔골재(Steel slag aggregate), 강섬유(steel fiber), 고성능 감수제(Super plasticizer) 및 물(Water)을 포함할 수 있다. 즉, 시멘트(Cement), 실리카 흙(Silica fume), 실리카 파우더(Silica powder), 실리카 샌드(Silica sand), 제강 슬래그 잔골재(Steel slag aggregate), 강섬유(steel fiber), 고성능 감수제(Super plasticizer) 및 물(Water)은 상기 스마트 콘크리트의 배합 재료들이다.
- [0035] 상기와 같은 조성을 가지는 상기 스마트 콘크리트를 스마트 콘크리트 구조물(110)을 형성하고 스마트 콘크리트 구조물(110)에 전기를 흘려줄 수 있는 전극(120)을 형성하고, 전극(120)에 전류를 공급하여 시간에 따른 스마트 콘크리트 구조물(110)의 비저항 변화를 측정함으로써 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100)는 스마트 콘크리트 구조물(110)에 걸리는 응력을 자가 센싱(self-sensing)할 수 있다.
- [0036] 상기 제강 슬래그 잔골재는, 철강 산업의 부산물로서 높은 철 함유량을 가지며 전기 전도성을 가지고 있다. 상기 제강 슬래그 잔골재는 모래 입자의 형상 또는 크기로 형성될 수 있다. 제강 슬래그 잔골재는 제강 슬래그(Steel slag)를 모래 입자 크기로 가공한 것이다.
- [0037] 상기 강섬유는 길이가 짧은 단섬유(short smooth steel fiber)를 복수개 포함할 수 있다. 즉, 강섬유는 길이가 짧은 단섬유를 복수개 혼합하여 사용할 수 있다.
- [0038] 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 콘크리트는 길이가 짧고 인장강도가 우수하며 전기 전도성이 뛰어난 강섬유가 혼입됨으로써, 스마트 콘크리트의 전기-역학적 성능을 평가하여 자가 응력 변화 감지 능력이 우수한 스마트 콘크리트를 얻을 수 있다.
- [0039] 상기 강섬유는 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 콘크리트로 된 구조물(110) 내에 균질하게 분산되기에 적합한 길이로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0040] 또한, 상기 제강 슬래그 잔골재는 모래 입자 크기로 가공된 것을 사용하기 때문에 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 콘크리트 내에 균질하게 분산될 수 있다.
- [0041] 상기 제강 슬래그 잔골재의 크기는 강섬유의 직경 또는 굵기 보다 큰 것이 바람직하다. 제강 슬래그 잔골재와 강섬유는 스마트 콘크리트 또는 시멘트 페이스트(Cement paste) 내에서 고르게 분산될 수 있다.
- [0042] 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 콘크리트에 포함되는 시멘트, 실리카 흙, 실리카 파우더, 실리카 샌드, 제강 슬래그 잔골재, 강섬유, 고성능 감수제 및 물 등은 하기 [표 1]의 최적 배합비를 가지는 것이 바람직하다.
- [0043] 하기 [표 1]은 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 콘크리트 조성물의 최적 배합비를 나타낸다.

표 1

Cement (Type I)	Silica fume	Silica powder	Silica sand	Steel slag aggregate	Super-plasticizer	Water	f _{ck} (MPa)	Fiber volume contents(%)
1.0	0.15	0.25	0.5	0.5	0.057	0.2	180	Short smooth 2%

[0044]

- [0045] 본 출원인은 상기 [표 1]과 같은 최적 배합비를 찾아 내기 위해서, 제강 슬래그 잔골재 및 강섬유와 같은 전도성 재료에 따른 스마트 콘크리트 조성물의 전기-역학적 성능 평가, 제강 슬래그 잔골재의 크기 및 전도성 재료 혼입량에 따른 스마트 콘크리트 조성물의 전기-역학적 성능 평가 실험을 진행하였다.
- [0046] [표 1]에 기재된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 콘크리트는 시멘트 100 중량부를 기준으로, 실리카 흙 15 중량부, 실리카 파우더 25 중량부, 실리카 샌드 50 중량부, 제강 슬래그 잔골재 50 중량부, 고성능 감수제 5.7 중량부 및 물 20 중량부를 포함할 수 있다. 이때, 상기 강섬유는 스마트 콘크리트로 형성된 시험체 부피의 2%로 포함될 수 있다.
- [0047] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 콘크리트 내지 스마트 콘크리트 조성물에 포함된 제강 슬래그 잔골재 및 강섬유는 서로 접촉되거나 맞닿아 있거나 서로 떨어진 상태로 있을 수 있다. 이들 중에서 서로 접촉되거나 맞닿아 있는 제강 슬래그 잔골재와 강섬유는 전기적 네트워크(EN; Electric Network)를 형성할 수 있다. 즉, 서로 접촉되거나 맞닿아 있는 제강 슬래그 잔골재와 강섬유에는 전류가 흐를 수 있다.
- [0048] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 콘크리트는 서로 접촉하면 전기적 네트워크를 형성하는 제강 슬래그 잔골재 및 강섬유를 포함할 수 있다.
- [0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 콘크리트로 된 구조물(110)에 압축 하중이 가해지면, 스마트 콘크리트에 응력 변화가 생기게 되고 이에 따라 스마트 콘크리트 내의 제강 슬래그 잔골재 또는 강섬유의 이동 또는 위치 변화가 일어날 수 있다. 가해진 압축 하중에 의해서 자가 응력 센싱 스마트 콘크리트에 생긴 응력 변화에 의해서 서로 접촉하거나 맞닿는 제강 슬래그 잔골재 또는 강섬유에 변화가 생길 수 있다. 예를 들면, 압축 하중에 의한 응력 변화로 인해 서로 접촉하고 있는 강섬유에 각각 접촉하는 제강 슬래그 잔골재 사이에 새로운 제강 슬래그 잔골재가 위치하여 2개의 제강 슬래그 잔골재와 동시에 접촉할 수 있다. 또한, 2개의 강섬유에 각각 추가적으로 접촉하는 제강 슬래그 잔골재가 존재할 수 있게 된다. 이에 더하여 새로운 강섬유와 또 다른 제강 슬래그 잔골재도 기존의 2개의 강섬유와 전기적으로 연결될 수 있다. 더 많은 강섬유와 제강 슬래그 잔골재가 하나의 전기적 네트워크(EN)를 형성하게 된다.
- [0050] 이와 같이 제강 슬래그 잔골재와 강섬유는 서로 접촉하여 전기적 네트워크(EN)를 형성하고, 압축 하중이 가해지거나 응력이 변하는 경우 상기 전기적 네트워크에 개입되는 제강 슬래그 잔골재 또는 강섬유의 개수가 늘어날 수 있다.
- [0051] 상기한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 콘크리트는, 고르게 분포된 다수개의 제강 슬래그 잔골재와 강섬유로 인해서 응력이 변하는 경우 확대되는 전기적 네트워크로부터 응력 변화를 자가 센싱할 수 있고 그 감지 능력의 향상을 기대할 수 있다.
- [0052] 도 1에는 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100)가 적용된 교량(1)에 예시적으로 도시되어 있다.
- [0053] 도 1을 참조하면, PSC 구조물인 PSC 교량(1)은 슬래브(2), 슬래브(2)를 지지하는 거더(3) 및 교량의 전체 하중을 지지하는 교각(4)을 포함할 수 있다.
- [0054] 교량(1)의 슬래브(2)를 지지하는 거더(3)의 내부에 긴장재(50)가 마련될 수 있다. 긴장재(50)의 긴장응력이 약해지거나 변하게 되면 긴장재(50)가 고정된 스마트 콘크리트 구조물(110)의 스마트 콘크리트에 걸리는 힘이 변하게 되고, 이러한 힘의 변화는 전기적 신호(ES)로 변환되어 전극(120)을 통해서 출력될 수 있다. 전기적 신호(ES)는 디스플레이부(300)를 통해서 시각적으로 표시될 수 있다.
- [0055] 도 2에는 스마트 콘크리트 구조물(110)이 긴장재(50, tendon)를 고정하는 정착구(anchorage)인 경우가 도시되어 있다.
- [0056] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기 저항 계측 시스템(10)은 긴장재의 정착구인 스마트 콘크리트 구조물(110), 스마트 콘크리트 구조물(110)의 일단에 마련되는 스틸 플레이트(30), 스틸 플레이트(30)의 일측에 마련되고 긴장재(50)의 일단이 연결되는 앵커 헤드(40), 디스플레이부(300)를 포함할 수 있다.
- [0057] 여기서, 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100)는 스마트 콘크리트 구조물(110)을 포함하며, 스마트 콘크리트 구조물(110)의 내부에는 전극(120)이 마련되거나 매립될 수 있다.
- [0058] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100)의 스마트 콘크리트

구조물(110)은 긴장재(50)의 정착구가 될 수 있다. 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100)의 스마트 콘크리트 구조물(110)은 새로 만들어지는 정착구 뿐만 아니라 기존의 정착구를 유지 보수하는데 사용될 수도 있다.

- [0059] 도 3에는 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100)의 내부 구조를 보여주는 투시 사시도가 도시되어 있는데, 도 3에 도시된 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100)의 스마트 콘크리트 구조물(110)은 도 2에 도시된 정착구인 경우이다.
- [0060] 도 3을 참조하면, 스마트 콘크리트 구조물(110)은 가운데에 구멍이 뚫린 육면체 형상으로 마련된다. 스마트 콘크리트 구조물(110)은 상기에서 설명한 스마트 콘크리트로 형성될 수 있다.
- [0061] 스마트 콘크리트 구조물(110)은 가해지는 하중 또는 응력에 따라 전기 저항이 변하는 스마트 콘크리트로 형성되는데, 전기 저항을 측정하기 위해서 한 쌍의 전극(120)이 스마트 콘크리트 구조물에 매립되거나 내장되어 있다.
- [0062] 한 쌍의 전극(120)은 그 사이에 상기 스마트 콘크리트가 존재하도록 이격된 상태로 마련되는데, 한 쌍의 전극(120) 사이에 위치하는 상기 스마트 콘크리트에서 얻어지는 전기 저항을 측정할 수 있다.
- [0063] 상기 전극(120)은, 전극면이 서로 마주보도록 전극(120)의 좌우방향 또는 상하방향을 따라 한 쌍으로 마련될 수 있다. 도 3을 참조하면, 전극(120)은 스마트 콘크리트 구조물(110)의 모서리 쪽에 각 한 쌍씩 총 8개의 전극(120)이 매립되어 있다. 즉, 스마트 콘크리트 구조물(110)의 가로방향(x축 방향) 및 세로방향(y축 방향) 모서리를 따라 한 쌍의 전극(120)이 배치되고, 높이방향(z축 방향) 모서리를 따라 한 쌍의 전극(120)이 배치될 수 있다. 이때, 가로방향, 세로방향, 높이방향으로 배치된 한 쌍의 전극(120)은 떨어져서 배치되기 때문에 한 쌍의 전극(120) 사이에는 스마트 콘크리트가 존재하게 된다. 따라서, 한 쌍의 전극(120)은 그 사이에 존재하는 스마트 콘크리트의 전기 저항을 측정할 수 있다.
- [0064] 도 3에서 도면부호 200은 전기 저항 측정부이고, 210은 전기 저항 측정부(200)와 전극(120)을 연결하는 라인이다.
- [0065] 상기 전극(120)은, 수평면을 따라 마련되는 제1 전극부(121), 제1 전극부(121)의 가로방향 가장자리에서 높이방향을 따라 마련되는 제2 전극부(122) 및 제1 전극부(121)의 세로방향 가장자리에서 높이방향을 따라 마련되되 제2 전극부(122)와 연결되도록 마련되는 제3 전극부(123)를 포함할 수 있다.
- [0066] 도 4를 참조하면, 전극(120)은 3개의 부분으로 이뤄지는 3차원(3 Dimension) 형상을 가진다. 제1 전극부(121)는 수평방향의 전극면을 가지며, 제2 전극부(122) 및 제3 전극부(123)는 상하방향의 전극면을 가진다.
- [0067] 제1 전극부(121)는 대략 사각형 모양으로 형성되며, 제2 전극부(122)는 제 1 전극부(121)의 가로방향(x축 방향) 가장자리에서 높이방향(z축 방향)을 따라 형성되고, 제3 전극부(123)는 제1 전극부(121)의 세로방향(y축 방향) 가장자리에서 높이방향(z축 방향)을 따라 형성될 수 있다. 제2 전극부(122)와 제3 전극부(123)는 서로 연결되어 있다. 즉, 제2 전극부(122) 및 제3 전극부(123)는 제1 전극부(121)의 가장자리 중 서로 이웃하는 가장자리에 형성되되 높이방향을 따라 절곡 형성될 수 있다.
- [0068] 도 4에 도시된 제1 전극부(121)는 대략 정사각형 모양을 가지고 제2 전극부(122)와 제3 전극부(123)는 직사각형 모양을 가지는데, 반드시 이러한 모양에 한정되는 것은 아니고 다른 모양을 가지도록 형성될 수도 있다.
- [0069] 제1 내지 제3 전극부(121,122,123)는 구멍(120a,120b)이 형성된 메쉬(mesh) 또는 네트(net) 형태를 가지는 것이 바람직하다. 전극(120)이 스마트 콘크리트 구조물(110)의 내부에 매립될 때 전극(120)의 구멍(120a,120b) 내에 스마트 콘크리트가 존재하게 되고 이 상태로 스마트 콘크리트가 경화되면, 전극(120)과 스마트 콘크리트의 결합력이 높아질 수 있고 스마트 콘크리트 구조물(110) 내에 전극(120)이 매립된 상태에서 전극(120)의 매립 위치가 변하는 등의 문제를 방지할 수 있다.
- [0070] 한편, 도 3 및 도 4를 참조하면, 전극(120) 중 스마트 콘크리트 구조물(110)의 높이방향(z축 방향) 모서리를 따라 배치된 한 쌍의 전극(120)은 제1 전극부(121)가 서로 대향하도록 마련될 수 있다. 이때, z축 방향을 따라 배치된 한 쌍의 전극(120)은 서로 대향하는 제1 전극부(121) 사이의 가운데를 지나는 가상의 평면에 대해서 제2 전극부(122) 및 제3 전극부(123)가 서로 대칭이 되도록 마련될 수 있다.
- [0071] 도 4에 도시된 바와 같이, 제1 전극부(121)가 서로 마주 보도록 마련되고, 위아래의 제2 전극부(122)와 제3 전극부(123)도 서로 마주 보도록 마련되어 있다. 제2 전극부(122)와 제3 전극부(123)의 모양이 동일하기 때문에

한 쌍의 전극(120)은 서로 대향하는 제1 전극부(121) 사이의 가운데를 지나는 가상의 평면에 대해서 제2 전극부(122) 및 제3 전극부(123)가 서로 대칭이 되도록 배치될 수 있다.

[0072] 도 3 및 도 5를 참조하면, 한 쌍의 전극(120)은 제1 전극부(121)의 전극면 방향을 따라 제2 전극부(122)와 제3 전극부(123)가 서로 대향하도록 마련될 수 있다.

[0073] 도 5를 참조하면, 스마트 콘크리트 구조물(110)의 상단 쪽에서 x축 방향으로 배치된 한 쌍의 전극(120)은 제3 전극부(123)와 제2 전극부(122)가 서로 대향하도록 배치되고 스마트 콘크리트 구조물(110)의 하단 쪽에서 x축 방향으로 배치된 한 쌍의 전극(120)은 제2 전극부(122)와 제3 전극부(123)가 서로 대향하도록 배치될 수 있다. 스마트 콘크리트 구조물(110)의 가로방향(x축 방향)을 따라 서로 마주 보는 제2 전극부(122)와 제3 전극부(123) 사이에 존재하는 영역(HM1)에서 스마트 콘크리트의 전기 저항을 측정할 수 있다.

[0074] 또한, 스마트 콘크리트 구조물(110)의 좌측단 쪽에서 y축 방향으로 배치된 한 쌍의 전극(120)은 제2 전극부(122)와 제3 전극부(123)가 서로 대향하도록 배치되고 스마트 콘크리트 구조물(110)의 우측단 쪽에서 y축 방향으로 배치된 한 쌍의 전극(120)은 제3 전극부(123)와 제2 전극부(122)가 서로 대향하도록 배치될 수 있다. 스마트 콘크리트 구조물(110)의 세로방향(y축 방향)을 따라 서로 마주 보는 제2 전극부(122)와 제3 전극부(123) 사이에 존재하는 영역(HM2)에서 스마트 콘크리트의 전기 저항을 측정할 수 있다.

[0075] 도 6을 참조하면, 스마트 콘크리트 구조물(110)의 높이방향(z축 방향)을 따라 배치된 한 쌍의 전극(120)이 도시되어 있다. 스마트 콘크리트 구조물(110)의 좌측단 쪽에서 z축 방향으로 배치된 한 쌍의 전극(120)은 제1 전극부(121)끼리 서로 대향하도록 배치되고 스마트 콘크리트 구조물(110)의 우측단 쪽에서 z축 방향으로 배치된 한 쌍의 전극(120)도 제1 전극부(121)끼리 서로 대향하도록 배치될 수 있다. 스마트 콘크리트 구조물(110)의 높이방향(z축 방향)을 따라 서로 마주 보는 한 쌍의 제1 전극부(121) 사이에 존재하는 영역(VM1)에서 스마트 콘크리트의 전기 저항을 측정할 수 있다.

[0076] 도 6에서 L1은 스마트 콘크리트 구조물(110)의 가로 길이, L2는 제1 전극부(121)의 전극면 방향을 따라 위치하는 제2 전극부(122)와 제3 전극부(123) 사이의 거리, L3는 전극(120) 또는 제1 전극부(121)의 가로 길이, L4는 스마트 콘크리트 구조물(110)의 측면과 제1 전극부(121)의 가장자리 사이의 최단거리, H1은 스마트 콘크리트 구조물(110)의 높이, H2는 상하방향으로 배치된 한 쌍의 제1 전극부(121) 사이의 거리, H3는 제2 전극부(122) 및 제3 전극부(123)의 높이, H4는 제2 전극부(122) 또는 제3 전극부(123)와 스마트 콘크리트 구조물(110)의 상하면 사이의 최단 거리이다.

[0077] 도 6에 도시된 바와 같이, 제1 전극부(121)에 연결되어 있지 않은 제2 전극부(122)의 일단 또는 제3 전극부(123)의 일단은 제1 전극부(121) 보다 스마트 콘크리트 구조물(110)의 표면 가까이에 마련될 수 있다. 즉, 제2 전극부(122) 및 제3 전극부(123) 보다 넓은 면적을 가지는 제1 전극부(121)는 스마트 콘크리트 구조물(110)의 표면 쪽에 위치하기 보다는 스마트 콘크리트 구조물(110)의 가운데 쪽에 위치하고 제2 전극부(122) 및 제3 전극부(123)의 상단(즉, 제1 전극부(121)에 연결되지 않은 일단)이 스마트 콘크리트 구조물(110)의 표면 가까이에 위치하는 것이 바람직하다. 만약, 제1 전극부(121)가 스마트 콘크리트 구조물(110)의 표면 가까이 위치하는 경우 스마트 콘크리트 구조물(110)의 표면 박리가 발생하면 제1 전극부(121)가 외부로 노출되고 이렇게 되면 전기 저항을 정확하게 측정하지 못하게 된다. 따라서, 이러한 문제 즉, 표면 박리가 발생하더라도 전극(120)이 외부로 노출되지 않도록 제1 전극부(121)에 연결되어 있지 않은 제2 전극부(122)의 일단 또는 제3 전극부(123)의 일단은 제1 전극부(121) 보다 스마트 콘크리트 구조물(110)의 표면 가까이에 마련되는 것이 바람직하다.

[0078] 도 6에서 H1이 50mm라고 하면, H2는 20mm, H3는 10mm가 되게 전극(120)을 배치하면 H4는 5mm가 된다. 상하방향으로 배치된 한 쌍의 제1 전극부(121) 사이의 거리(H2)는 제2 전극부(122) 및 제3 전극부(123)의 높이(H3)의 2배가 되는 것이 바람직하다. 스마트 콘크리트 구조물(110)의 높이방향(상하방향)을 따라 이러한 길이가 되게 전극(120)을 배치하면 스마트 콘크리트 구조물(110)에 박리 현상이 생겨도 전극(120)이 외부로 노출되는 것을 방지할 수 있다.

[0079] 도 6에서 L1이 200mm라고 하면, L3는 60mm, L2는 70mm, L4는 5mm가 되도록 전극(120)을 스마트 콘크리트 구조물(110)에 배치할 수 있다.

[0080] 도 7에는 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치(1000,2000)의 변형예가 도시되어 있다.

[0081] 도 7(a)에는 스마트 콘크리트 구조물(1100)이 정작구 보다 큰 경우에 적용되는 지능형 시멘트 기반 센서 장치(1000)가 도시되어 있다. 도 7(a)의 경우는 도 8(a)에 도시된 바와 같이 스마트 콘크리트 구조물(1100)은 교량

의 받침 구조물에 적용될 수 있다.

- [0082] 스마트 콘크리트 구조물(1100)의 크기가 큰 경우에는 매립되는 전극(1200, 1210, 1220)의 개수를 늘일 수 있다. 즉, 매립되는 전극(1200)은 도 3에 도시된 전극(120)과 크기가 같을 경우에 구조물(110)의 크기가 커지면 매립되는 전극(1200)의 개수도 늘어나는 것이 바람직하다. 도 7(a)의 경우에는 스마트 콘크리트 구조물(1100)에 9개씩 총 18개의 전극(1200)이 매립될 수 있다. 스마트 콘크리트 구조물(1100)의 모서리에 매립된 전극(1200)은 도 3의 전극(120)과 동일한 형태를 가진다. 반면에 모서리에 매립된 전극(1200)의 사이에 위치하는 전극(1210)은 제2 전극부와 마주 보는 제4 전극부(미도시)를 포함할 수 있다. 제2 전극부 내지 제4 전극부 모두 제1 전극부의 가장자리에서 절곡 형성되며, 제2 전극부 내지 제4 전극부는 서로 연결되는 형태를 가진다. 제2 내지 제4 전극부는 제1 전극부의 가장자리에 \cap 형태로 마련될 수 있다.
- [0083] 또한, 가운데 부분에 위치하는 1개의 전극(1220)은 제5 전극부(미도시)를 더 포함할 수 있다. 가운데 부분에 위치하는 전극(1220)의 제2 내지 제5 전극부는 제1 전극부의 가장자리에 \square 형태로 마련될 수 있다.
- [0084] 만약, 전극(1200, 1210, 1220)의 크기가 커진다면 전극의 개수를 늘이지 않고 8개의 전극을 사용할 수도 있다.
- [0085] 도 7(b)는 스마트 콘크리트 구조물(2100)이 원형의 단면을 가지는 경우에 적용되는 지능형 시멘트 기반 센서 장치(2000)를 나타낸다. 도 7(b)는 도 8(b)에 도시된 경우와 같이 원기둥 형태의 칼럼 구조물(2200)의 내부에 스마트 콘크리트 구조물(2100)을 포함하는 센서 장치(2000)가 설치된 경우를 나타낸다. 도 7(b)는 도 3의 경우와 마찬가지로 4각형 모양으로 배치된 8개의 전극(2120)을 이용하여 전기 저항을 측정할 수 있다.
- [0086] 도 8(a)에서 도면부호 1400은 상부 플레이트, 1500은 하부 플레이트, 1600은 앵커 볼트이다. 도 8(b)에서 도면부호 2200은 전기 저항 측정부, 2300은 디스플레이부이다.
- [0087] 한편, 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100)는 상하방향을 따라 배치된 한 쌍의 제1 전극부(121)의 사이, 전후 또는 좌우방향을 따라 배치된 제2 전극부(122)와 제3 전극부(123)의 사이에서 스마트 콘크리트의 전기 저항을 측정할 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100)는 전극(120)에서만뿐만 아니라 전극(120)의 사이에서도 전기 저항을 측정할 수 있기 때문에 편심 응력으로 인한 전기 저항도 측정하는 것이 가능한데, 도 5를 참조하여 설명한다.
- [0088] 도 5에 표시된 LP1, LP2, LP3는 각각 스마트 콘크리트 구조물(110)에 대해서 하중이 재하되는 위치>Loading position)를 나타낸다.
- [0089] 하기 [표 2]는 LP1, LP2, LP3에 하중을 가하는 경우 재하 위치 및 측정된 응력을 나타낸다.

표 2

No.	하중 재하 위치	전기저항 측정위치	e_x	e_y	σ_{e1}
3C_LP1	Loading position 1	전극 3 - 전극 c	0	0	45.0 MPa
3C_LP2	Loading position 2	전극 3 - 전극 c	-10 mm	0	52.7 MPa
3C_LP3	Loading position 3	전극 3 - 전극 c	-10 mm	-10 mm	60.4 MPa

- [0090]
- [0091] [표 2]에서 전기저항 측정위치는 LP1, LP2, LP3에 가해지는 하중에 따른 전기저항을 측정하는데 사용되는 전극을 나타내는데, 전극3은 도 3의 도면부호 120(3)을 참조하고 전극c는 도 3의 도면부호 120(c)를 참조하면 된다.
- [0092] [표 2]에서 σ_{e1} (압축 응력1)은 전기 저항 측정을 위한 전극(전극3-전극c)의 매립 중앙부 위치에서의 응력을 나타낸다.

수학식 1

$$\sigma_e = \sigma_m + \frac{M_x}{I_x} y + \frac{M_y}{I_y} x; M_x = P \times e_x; M_y = P \times e_y; I_x = I_y = \frac{bh^3}{12} - \frac{\pi D^4}{64}$$

[0093]

[0094]

[수학식 1]에서 σ_e 은 각 전극의 중앙부에 작용하는 압축 응력, σ_m 은 스마트 콘크리트 구조물(110)의 도심에 작용하는 압축 응력, M_x, M_y 는 x,y축에 대한 모멘트, I_x, I_y 는 x,y축에 대한 이차 단면모멘트, e_x 및 e_y 는 하중이 재하되는 위치 즉, 편심 거리를 나타낸다. LP1은 중앙 위치이기 때문에 편심 거리가 0이고, LP2는 x축을 따라 좌측으로 10mm 편심된 위치이고, LP3는 x축을 따라 좌측으로 10mm 편심된 위치에서 다시 y축을 따라 하측으로 10mm 편심된 위치이다.

[0095]

[표 2]에서 알 수 있듯이, 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100)는 편심된 위치에 작용하는 하중으로 인한 압축 응력도 측정할 수 있다.

[0096]

도 9에는 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100)를 이용하여 하중 상태 변화에 따른 전기 저항률 변화 거동을 측정한 데이터가 도시되어 있다.

[0097]

도 9에서 가로축은 압축 응력(Compressive stress, MPa)을 나타내고 세로축은 전기 저항률 변화율(Fractional change in resistivity, FCR(%))을 나타낸다. 또한, 3C_LP1, 3C_LP2, 3C_LP3는 각각 도 5의 하중 재하 위치 LP1, LP2, LP3에서 측정한 전기 저항률 변화율을 나타낸다.

[0098]

도 9의 결과는 하기 [표 3]과 같이 정리할 수 있다.

표 3

Notation	Initial electrical resistivity (kΩ-cm)	Electrical resistivity at $\sigma=45$ MPa (kΩ-cm)	Change in the electrical resistivity (kΩ-cm)	Fractional change in the resistivity (%)
3C_LP1	4058.74	4003.69	55.06	1.35
3C_LP2	4092.61	4019.64	72.97	1.78
3C_LP3	4240.72	4126.57	114.15	2.69

[0099]

[0100]

[표 3]에서, initial electrical resistivity는 초기 전기 저항률, electrical resistivity at $\sigma=45$ MPa은 압축 응력이 45 MPa일 때의 전기 저항률, Change in the electrical resistivity는 전기 저항률의 변화량, Fractional change in resistivity는 전기 저항률 변화율을 의미한다.

[0101]

도 9와 [표 3]을 참조하면, LP1, LP2, LP3에 가해지는 압축 응력이 증가하면 전기 저항률 변화율도 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한, 편심 하중이 작용하는 경우에도 전기 저항률 변화율의 측정이 가능함을 알 수 있다.

[0102]

한편, 도 10 및 도 11을 참조하면, 본 발명은 상기한 지능형 시멘트 기반 센서 장치(100); 전극(120)에 연결되어 스마트 콘크리트 구조물(110)의 전기 저항을 측정하는 전기 저항 측정부(200); 및 상기 전기 저항 측정부(200)에서 측정 또는 산출한 저항을 시각적으로 표시하는 디스플레이부(300);를 포함하는 전기 저항 측정 시스템(10)을 제공할 수 있다.

[0103]

상기 전기 저항 측정부(200)는 전극(120)과 연결되어 전극(120)의 출력으로부터 전기 저항을 측정하거나 계산할 수 있다.

[0104]

도 3을 참조하면, 전기 저항 측정부(200)는 스마트 콘크리트 구조물(110)의 내부에 매립된 모든 전극(120)과 전

기적으로 연결되어야 한다. 이를 위해 전극(120)을 서로 연결하는 연결 라인(210)이 필요하다. 전기 저항 측정부(200)는 전극(120)을 연결하는 연결 라인(210)에 전기적으로 연결될 수 있다. 전기 저항 측정부(200)는 스마트 콘크리트 구조물(110)의 내부에 매립될 수도 있고 스마트 콘크리트 구조물(110)의 표면에 노출되도록 마련될 수도 있다.

[0105] 도 11을 참조하면, 전기 저항 측정부(200)는 마이크로컨트롤러(Microcontroller, 210), 아날로그-디지털 컨버터(ADC: Analog to Digital Converter, 220) 및 휘트스톤브리지(Wheatstone bridge, 230)를 포함할 수 있다. 이와 같이 구성된 전기 저항 측정부(200)는 전극(120)의 출력을 이용하여 전기 저항을 측정하거나 계산해 낼 수 있다.

[0106] 상기 디스플레이부(300)는 전기 저항 측정부(200)에서 측정하거나 계산한 전기 저항을 시각적으로 표시할 수 있다. 여기서, 디스플레이부(300)는 전기 저항 측정부(200)의 전원을 이용하거나 이-페이퍼(E-paper)로 마련될 수 있다.

[0107] 상기 전기 저항 측정부(200)는 자체 전원을 구비하는 반면 디스플레이부(300)는 자체 전원을 구비하지 않고 전기 저항 측정부(200)의 전원을 이용하여 작동할 수 있다. 이와 같이, 디스플레이부(300)는 자체 전원 없이 전기 저항 측정부(200)의 전원을 이용하기 때문에 저전력으로 작동하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 디스플레이부(300)는 소비 전력이 작은 전자 종이 내지 이-페이퍼(e-paper)로 형성되는 것이 바람직하다.

[0108] 상기 디스플레이부(300)는 전기 저항 측정부(200)에서 전기 저항값을 전달 받아 숫자 형태로 저항을 시각적으로 표시하거나 QR코드 형태로 저항을 나타낼 수 있다.

[0109] 상기 디스플레이부(300)는 항상 저항값을 시각적으로 표시하기 보다는, 관리자가 전기 저항 측정 시스템(10)에 저항값 표시를 요청하는 경우에만 저항값을 시각적으로 표시하도록 작동하는 것이 소비 전력을 줄일 수 있기 때문에 바람직하다.

[0111] 이상과 같이 본 발명의 실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 청구범위뿐 아니라 이 청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

[0112] 10: 전기 저항 측정 시스템

100: 지능형 시멘트 기반 센서 장치

110: 스마트 콘크리트 구조물

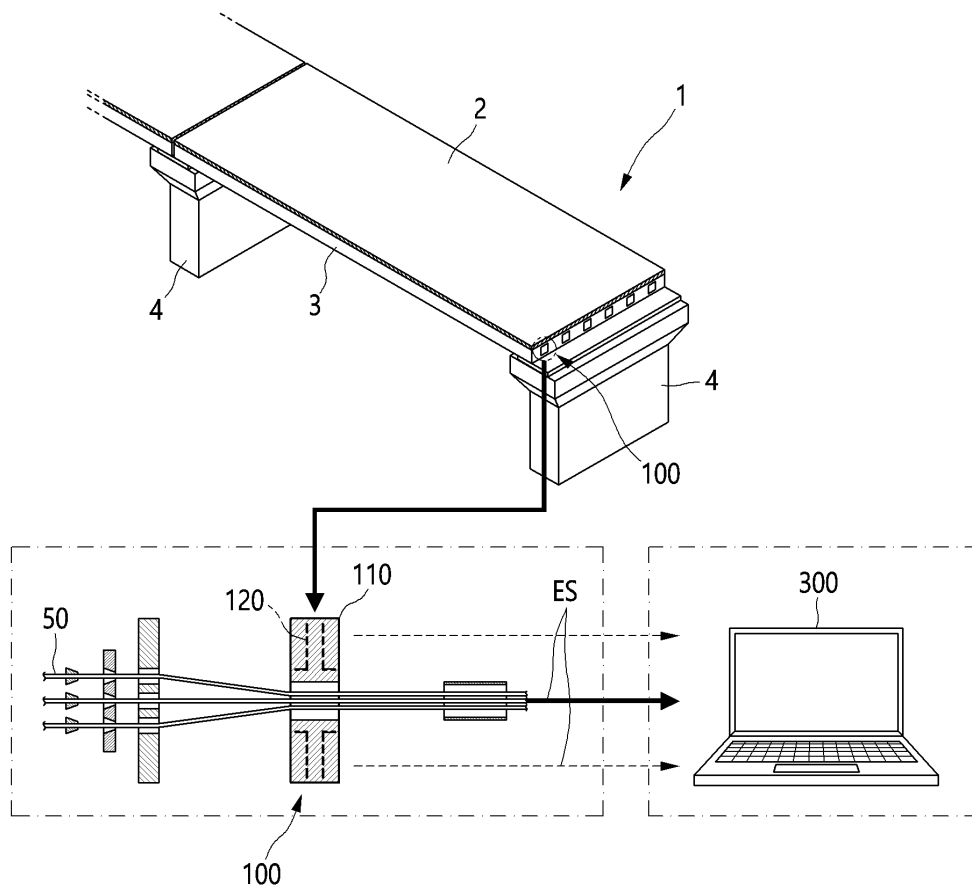
120: 전극

200: 전기 저항 측정부

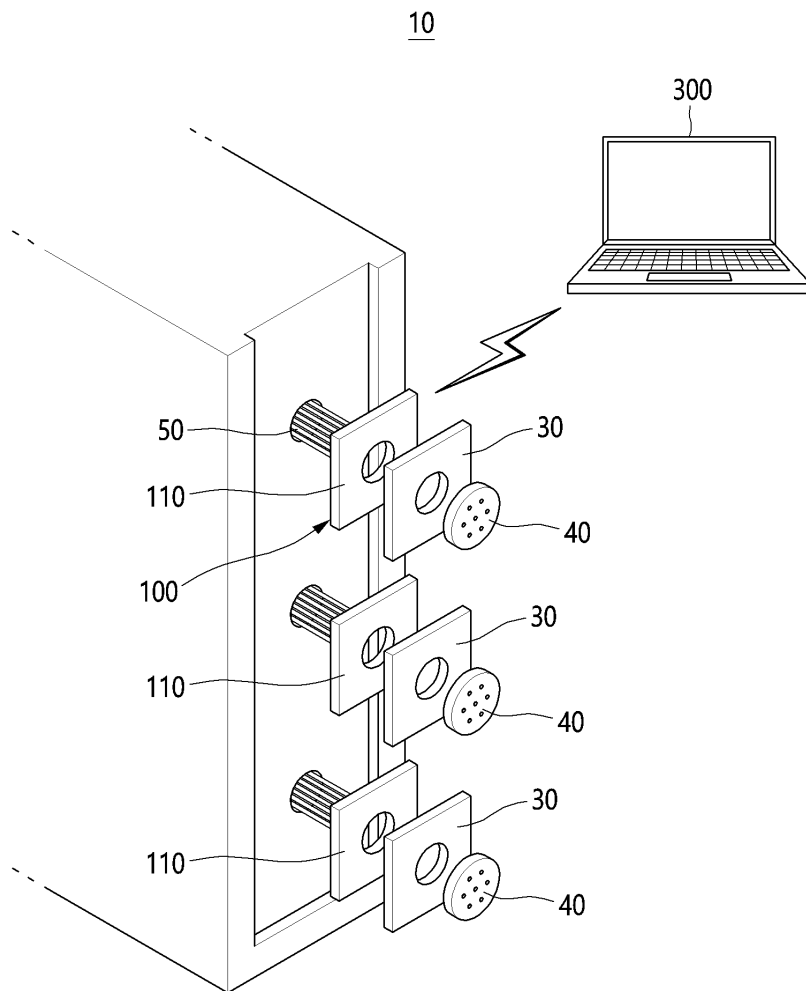
300: 디스플레이부

도면

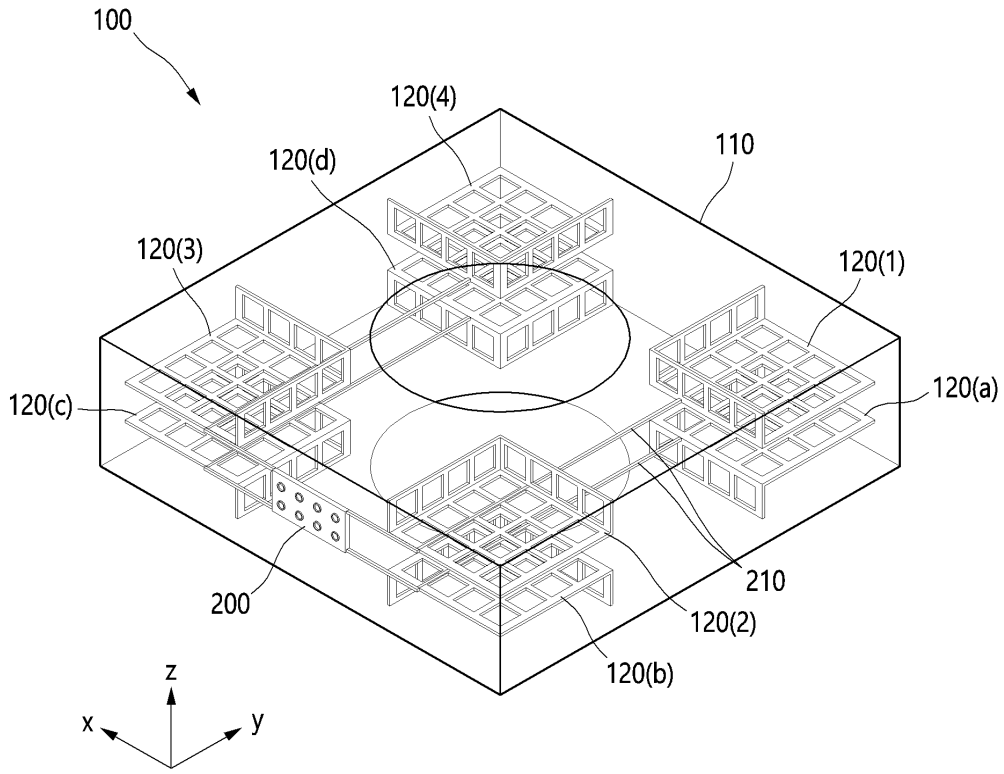
도면1



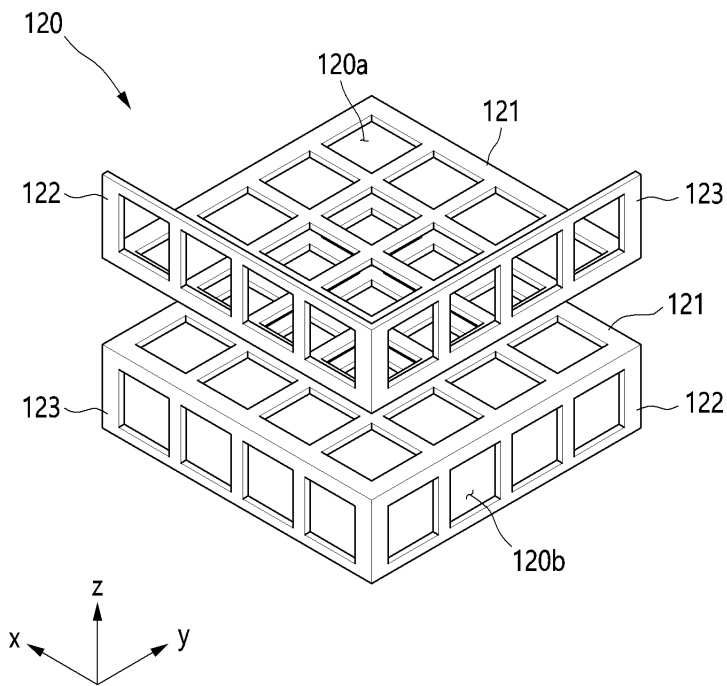
도면2



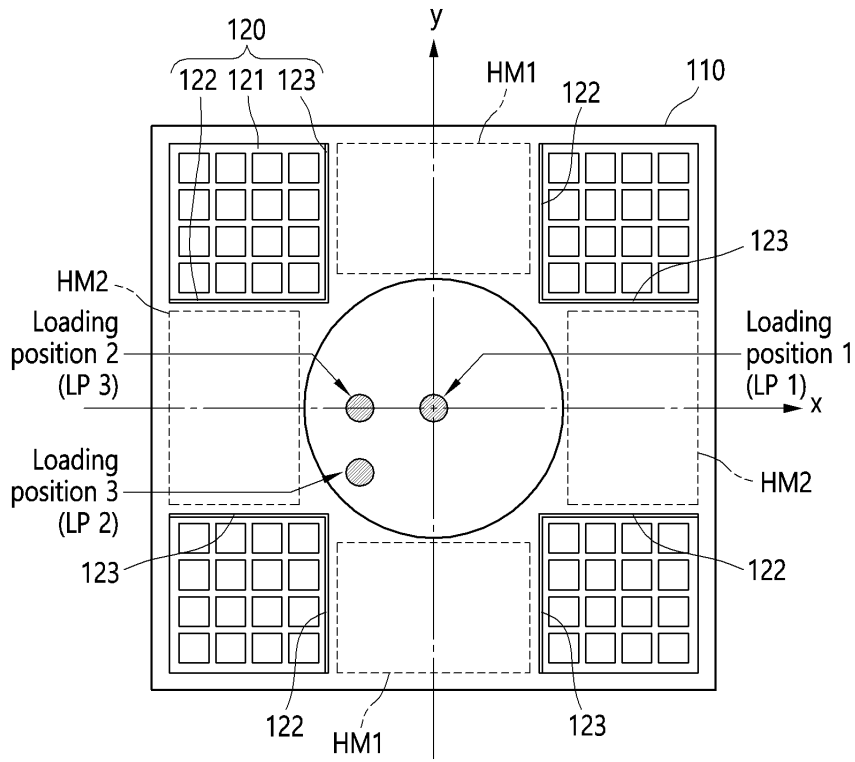
도면3



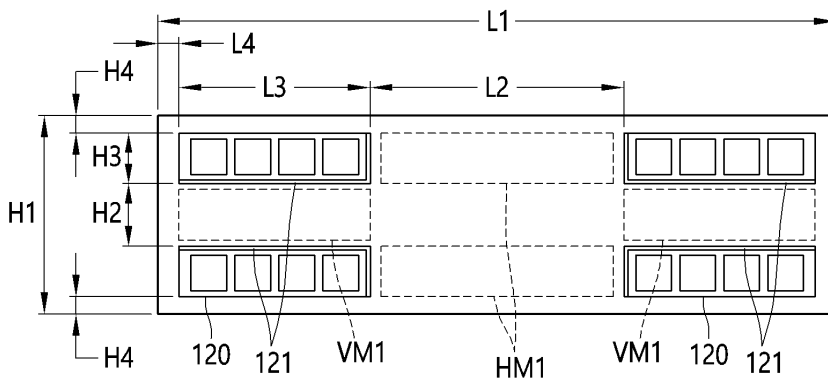
도면4



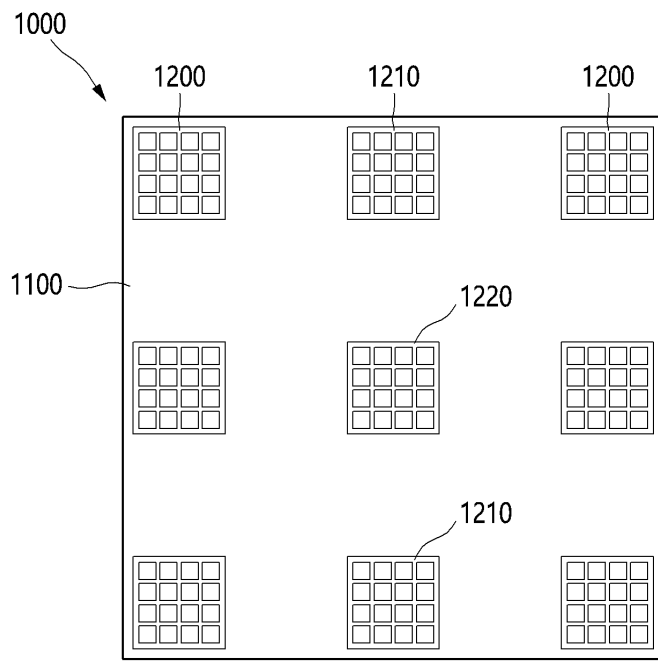
도면5



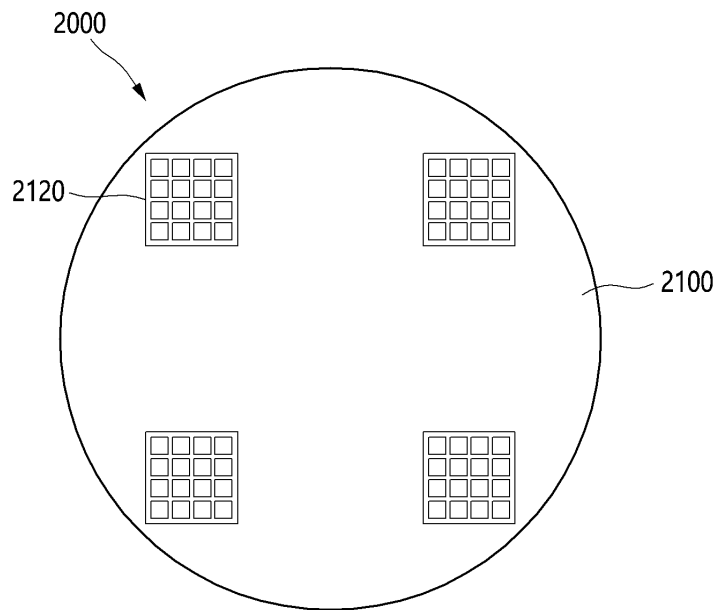
도면6



도면7

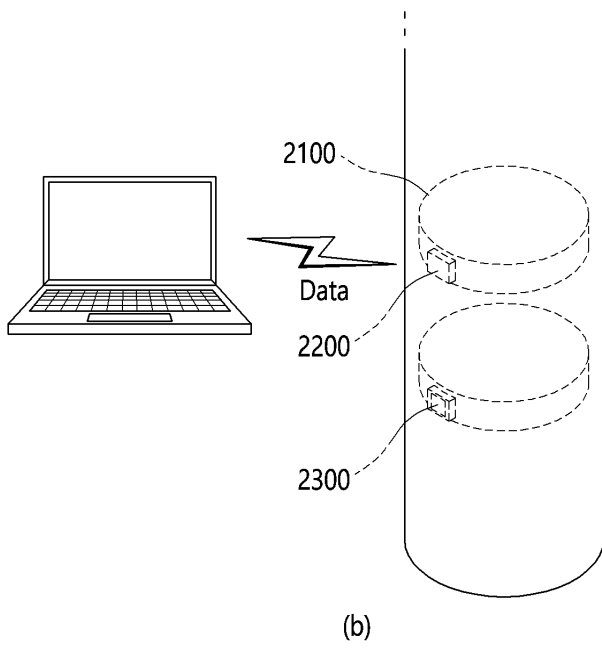
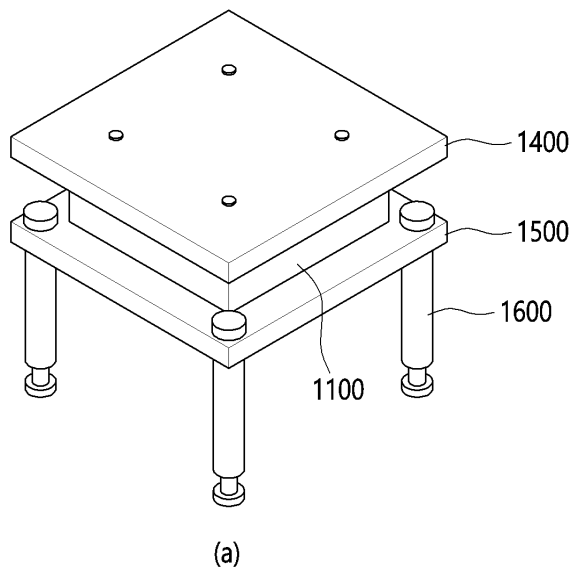


(a)

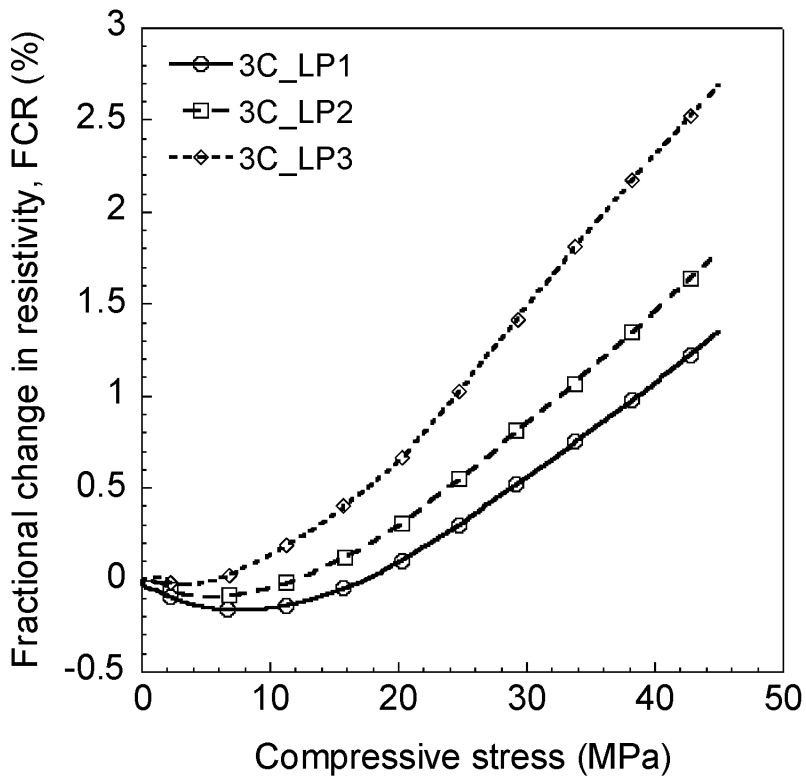


(b)

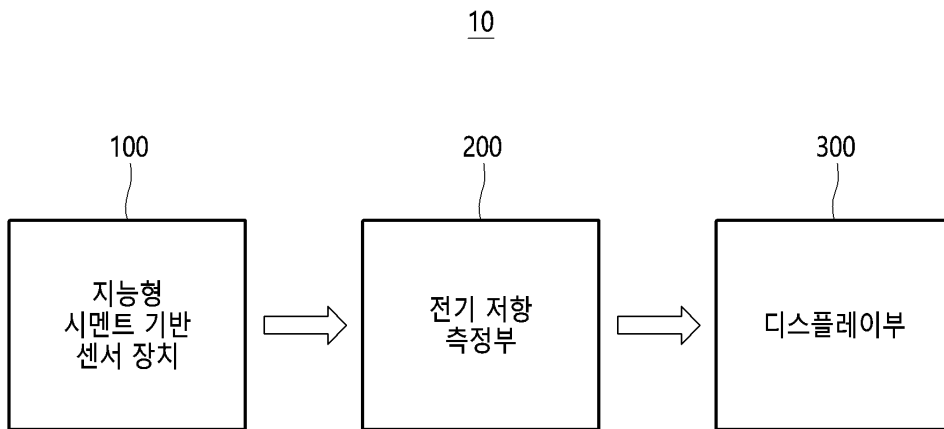
도면8



도면9



도면10



도면11

