

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0028345

(43) 공개일자 2020년03월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/20 (2006.01) *G01N 27/04* (2006.01)
G01N 33/38 (2020.01)
 (52) CPC특허분류
G01N 27/20 (2013.01)
G01N 27/041 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2020-0012801(분할)
 (22) 출원일자 2020년02월03일
 심사청구일자 2020년02월03일
 (62) 원출원 특허 10-2017-0175762
 원출원일자 2017년12월20일
 심사청구일자 2017년12월20일

(71) 출원인
 조선대학교산학협력단
 광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
 (72) 발명자
 김형기
 광주광역시 서구 풍암순환로 114 대주3차아파트
 306동 105호
 (74) 대리인
 이버드특허법인

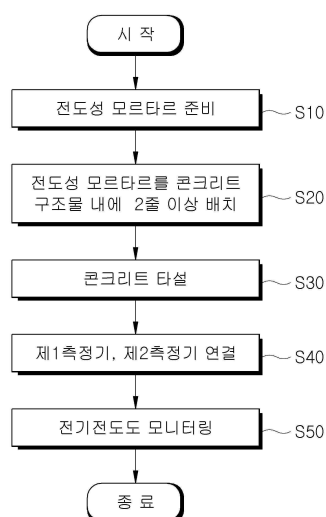
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지방법은, 전도성 모르타르를 준비하는 과정; 콘크리트 구조물 내에서 상기 전도성 모르타르를 2줄 이상 배치하는 과정; 콘크리트를 타설하여 상기 콘크리트 구조물을 제조하는 과정; 상기 전도성 모르타르 중 어느 하나의 양단에 연결되어 전기전도도를 측정할 수 있는 제1측정기, 상기 전도성 모르타르의 상호 간에 연결되어 전기전도도를 측정할 수 있는 제2측정기를 전기적으로 연결하는 과정; 및 상기 제1측정기 및 제2측정기를 통해 상기 콘크리트 구조물 내의 균열 발생에 따른 상기 전도성 모르타르 내부의 전기전도도 및 상기 전도성 모르타르 상호 간의 전기전도도 변화를 모니터링하는 과정을 포함한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

G01N 33/383 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711098851

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구실지원사업

연구과제명 미래 수요변화 대응을 위한 맞춤형 건축기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 조선대학교 산학협력단

연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

전도성 모르타르를 준비하는 과정;

콘크리트 구조물 내에서 상기 전도성 모르타르를 2줄 이상 배치하는 과정.

콘크리트를 타설하여 상기 콘크리트 구조물을 제조하는 과정;

상기 전도성 모르타르 중 어느 하나의 양단에 연결되어 전기전도도를 측정할 수 있는 제1측정기, 상기 전도성 모르타르의 상호 간에 연결되어 전기전도도를 측정할 수 있는 제2측정기를 전기적으로 연결하는 과정; 및

상기 제1측정기 및 제2측정기를 통해 상기 콘크리트 구조물 내의 균열 발생에 따른 상기 전도성 모르타르 내부의 전기전도도 및 상기 전도성 모르타르 상호간의 전기전도도 변화를 모니터링하는 과정을 포함하고,

상기 전기전도도 변화의 모니터링 과정 이후에 상기 제1측정기 및 제2측정기의 전기전도도 측정결과에 따라 균열상태를 결정하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 전도성 모르타르 배치과정은 상기 전도성 모르타르를 일정한 간격으로 상기 콘크리트 구조체의 두께 방향으로 배치하는 것을 특징으로 하는 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지 방법.

청구항 3

청구항1에 있어서,

상기 전기전도도 변화의 모니터링 과정은 균열 발생에 따른 상기 전도성 모르타르의 전기전도도 변화를 실시간 또는 주기적으로 측정하는 것을 특징으로 하는 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 제1측정기의 전기전도도가 상기 전도성 모르타르의 전기전도도와 같고, 상기 제2 측정기의 전기전도도가 상기 전도성 모르타르의 전기전도도보다 낮은 경우 균열이 없는 상태로 판단하는 것을 특징으로 하는 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제1측정기의 전기전도도가 단락상태의 값으로 낮고, 상기 제2측정기의 전기전도도가 단락상태의 값으로 낮은 경우 균열 발생 상태로 판단하는 것을 특징으로 하는 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 제1측정기의 전기전도도가 상기 전도성 모르타르의 전기전도도보다 감소하고 상기 제2측정기의 전기전도도가 물에 의해 전기적 연결상태에 해당하는 값인 경우 균열 후 균열 부분에 물이 흐르는 상태로 판단하는 것을 특징으로 하는 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 제1측정기의 전기전도도가 상기 전도성 모르타르의 전기전도도와 같고 상기 제2측정기의 전기전도도가 상기 전도성 모르타르의 전기전도도와 같은 값인 경우 균열 발생한 후 내부에 물이 고인 상태로 판단하는 것을 특징으로 하는 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 콘크리트 구조물 내에 균열 후에 내부에 물이 고인 상태로 판단한 이후에, 상기 제1측정기의 전기전도도가 상기 전도성 모르타르의 전기전도도와 같고 상기 제2측정기의 전기전도도가 단락상태의 값으로 낮은 경우 상기 콘크리트 구조물의 균열이 탄산화되어 충전된 상태로 판단하는 것을 특징으로 하는 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지방법.

청구항 9

전도성 모르타르를 콘크리트 구조물 내에 배치하여 내부 균열을 측정하기 위한 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지 장치에 있어서,

측정하고 하는 콘크리트 구조물 내에 2줄 이상 배치되는 전도성 모르타르;

상기 전도성 모르타르 중 어느 하나의 양단에 연결되어 전기전도도를 측정할 수 있는 제1측정기; 및 상기 전도성 모르타르의 상호 간에 연결되어 전기전도도를 측정할 수 있는 제2측정기;를 포함하고,

상기 제1측정기 및 제2측정기를 통해 상기 콘크리트 구조물 내의 균열 발생에 따른 상기 전도성 모르타르 내부의 전기전도도 및 상기 전도성 모르타르 상호간의 전기전도도 변화를 모니터링한 후에 상기 제1측정기 및 제2측정기의 전기전도도 측정결과에 따라 균열상태를 결정하는 것을 특징으로 하는 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 전도성 모르타르는 일정한 간격으로 상기 콘크리트 구조체의 두께 방향으로 배치되는 것을 특징으로 하는 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지 장치.

발명의 설명**기술 분야**

[0001]

본 발명은 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 콘크리트 내부에 발생한 균열에 물이 채워져 이온이 용출되어 내부의 전도성 모르타르의 전도성이 유지되더라도 균열여부를 감지할 수 있는 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 콘크리트 구조물은 양생 중 건조 및 수축에 의한 균열과 사용 하중 상태에서 외부 하중에 의하여 구조적으로 균열이 발생할 수 있다. 최근 보다 효과적인 콘크리트 구조물의 유지관리기술에 대해 관심이 고조되면서, 새로운 진단기술이 절실히 요구된다.
- [0004] 콘크리트 구조물의 균열을 검사하는 방법은 주로 육안 검사, 광섬유, 압전 소자, CT 스캔, 음향 방출 센싱, 전도성 페인트 등을 이용하여 검사하고 있다. 그러나 육안 검사는 외부 균열은 용이하게 파악할 수 있으나 내부 균열에 대해서는 파악하지 못한다.
- [0005] 내부 균열을 파악하기 위해 전도성 시멘트 또는 모르타르를 내부에 설치하여 센서로 이용하는 기술이 개발되었다. 도 1은 종래의 모르타르 센서를 이용한 콘크리트 균열을 측정하는 방법을 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 1에 도시한 바와 같이, 전도성 시멘트 복합재료(10)를 철근(30)과 콘크리트 구조물(20) 중에서 균열이 발생 전 파될 콘크리트 표면(도면의 아래쪽 면) 사이에 배칠할 수 있다. 그 결과 도 1의 (b)에서 보듯이 콘크리트 구조물(20)의 표면을 통하여 균열이 전파되면 전도성 모르타르(10)에 연결된 측정장비(40)에서 전기 전도도가 급감하는 것을 측정함으로써, 균열이 철근(30)에 까지 전파되기 이전에 미리 감지할 수 있다. 균열을 모니터링하여 적절한 유지보수 작업을 할 수 있도록 해줌으로써, 철근 콘크리트의 구조적 안정성을 향상시켜 준다.
- [0006] 이와 같이 하나의 전도성 모르타르(10)를 사용하여 내부 균열을 측정하는 경우 여러 한계점을 가진다. 단지 전도성 모르타르(10) 부분의 전기 전도도를 측정하기 때문에 균열에 수분이 포화되어 있고, 외부로 그 수분이 잘 이동하지 않는 경우 균열 측정이 어렵다.
- [0007] 전도성 모르타르의 전기전도도는 제작 수준에 따라 다르기는 하지만, 일반적으로 1~100 mS/m 수준이 일반적이다. 따라서, 순수한 물 또는 음용수가 균열된 콘크리트에 들어 있을 때에는 순수한 음용수의 전기전도도가 1 mS/s 이하이므로 콘크리트와 같이 균열된 전도성 모르타르 센서의 전기전도도는 수분에 상관 없이 크게 떨어진다. 이 경우 전기전도도의 변화를 측정하면 콘크리트 내부의 균열 측정이 가능하다.
- [0008] 그러나, 균열부의 물이 잘 흐르지 않고 정체되면, 콘크리트로부터 칼슘 등의 다량의 이온이 용탈되어 나오면서 점점 전기전도도가 상승한다. 예를 들어, 10일 이상 콘크리트와 접했던 물의 전기 전도도는 1000~3000 mS/m 까지 증가한다. 이와 같이 콘크리트의 균열 사이에 물이 포화되어 있고, 그 물이 장기간 흐르지 않아 전기전도도가 높아진 경우, 전도성 모르타르 층은 균열이 발생하여도 전기 전도도가 떨어지지 않아 균열이 발생하였는지 알 수 없는 문제점이 있다.
- [0010] 상기한 배경기술로서 설명된 사항들은 본 발명의 배경에 대한 이해 증진을 위한 것일 뿐, 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술에 해당함을 인정하는 것으로 받아들여져서는 안 될 것이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 한국 공개특허 10-2016-0074186 (2016.06.28)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 콘크리트 내부에 발생한 균열에 물이 채워져 이온이 용출되어 내부의 전도성 모르타르의 전도성이 유지되더라도 균열여부를 감지할 수 있는 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지방법 및 장치를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0015] 위 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지방법은, 전도성 모르타르를 준비하는 과정; 콘크리트 구조물 내에서 상기 전도성 모르타르를 2줄 이상 배치하는 과정; 콘크리트를 타설하여 상기 콘크리트 구조물을 제조하는 과정; 상기 전도성 모르타르 중 어느 하나의 양단에 연결되어 전기전도도를 측정할 수 있는 제1측정기, 상기 전도성 모르타르의 상호 간에 연결되어 전기전도도를 측정할 수 있는 제2측정기를 전기적으로 연결하는 과정; 및 상기 제1측정기 및 제2측정기를 통해 상기 콘크리트 구조물 내의 균열 발생에 따른 상기 전도성 모르타르 내부의 전기전도도 및 상기 전도성 모르타르 상호 간의 전기전도도 변화를 모니터링하는 과정을 포함한다.
- [0016] 상기 전도성 모르타르는 전도성 물질, 시멘트, 물을 일정한 배합비로 혼합한 것일 수 있다.
- [0017] 상기 전도성 물질은 탄소나노튜브, 탄소섬유, 흑연 및 코크스 중에서 선택되는 하나 이상일 수 있다.
- [0018] 상기 전도성 모르타르 배치과정은 상기 전도성 모르타르를 일정한 간격으로 상기 콘크리트 구조체의 두께 방향으로 배치할 수 있다.
- [0019] 상기 전기전도도 변화의 모니터링 과정은 균열 발생에 따른 상기 전도성 모르타르의 전기전도도 변화를 실시간 또는 주기적으로 측정할 수 있다.
- [0020] 상기 전기전도도 변화의 모니터링 과정 이후에 상기 제1측정기 및 제2측정기의 전기전도도 측정결과에 따라 균열상태를 결정할 수 있다.
- [0021] 상기 제1측정기의 전기전도도가 상기 전도성 모르타르의 전기전도도와 같고, 상기 제2측정기의 전기전도도가 상기 전도성 모르타르의 전기전도도보다 낮은 경우 균열이 없는 상태로 판단할 수 있다.
- [0022] 상기 제1측정기의 전기전도도가 단락상태의 값으로 낮고, 상기 제2측정기의 전기전도도가 단락상태의 값으로 낮은 경우 균열 발생 상태로 판단할 수 있다.
- [0023] 상기 제1측정기의 전기전도도가 상기 전도성 모르타르의 전기전도도보다 감소하고 상기 제2측정기의 전기전도도가 물에 의해 전기적 연결상태에 해당하는 값인 경우 균열 후 균열 부분에 물이 흐르는 상태로 판단할 수 있다.
- [0024] 상기 제1측정기의 전기전도도가 상기 전도성 모르타르의 전기전도도와 같고 상기 제2측정기의 전기전도도가 상기 전도성 모르타르의 전기전도도와 같은 값인 경우 균열 발생한 후 내부에 물이 고인 상태로 판단할 수 있다.
- [0025] 상기 콘크리트 구조물 내에 균열 후에 내부에 물이 고인 상태로 판단한 이후에, 상기 제1측정기의 전기전도도가 상기 전도성 모르타르의 전기전도도와 같고 상기 제2측정기의 전기전도도가 단락상태의 값으로 낮은 경우 상기 콘크리트 구조물의 균열이 탄산화되어 충전된 상태로 판단할 수 있다.
- [0026] 한편, 본 발명에 따른 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지 장치는 전도성 모르타르를 콘크리트 구조물 내에 배치하여 내부 균열을 측정하기 위한 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지 장치에 있어서, 측정하고 하는 콘크리트 구조물 내에 2줄 이상 배치되는 전도성 모르타르; 상기 전도성 모르타르 중 어느 하나의 양단에 연결되어 전기전도도를 측정할 수 있는 제1측정기; 및 상기 전도성 모르타르의 상호 간에 연결되어 전기전도도를 측정할 수 있는 제2측정기;를 포함한다.
- [0027] 상기 전도성 모르타르는 전도성 물질, 시멘트, 물을 일정한 배합비로 혼합한 것일 수 있다.
- [0028] 상기 전도성 물질은 탄소나노튜브, 탄소섬유, 흑연 및 코크스 중에서 선택되는 하나 이상일 수 있다.
- [0029] 상기 전도성 모르타르는 일정한 간격으로 상기 콘크리트 구조체의 두께 방향으로 배치될 수 있다.

발명의 효과

- [0031] 본 발명에 따르면, 전도성 모르타르의 전기전도도만 측정하면 되기 때문에 복잡한 데이터를 처리하기 위한 고가의 시스템을 필요로 하지 않아 저렴한 비용으로도 구현이 가능하다.
- [0032] 또한, 전도성 모르타르는 콘크리트 구조물과 동일한 재료이므로, 열팽창계수가 같기 때문에 부동 열수축/열팽창으로 인한 탈락이 발생하지 않아 장기간 사용이 가능하다.

- [0033] 또한, 현장에서 바로 전도성 모르타르를 배합하여 사용할 수 있기 때문에 시공성 및 작업성이 우수하다.
- [0034] 또한, 균열이 발생한 후에 물이 채워지고, 이온이 용출된 상태 및 탄산화에 의해 충전상태를 파악할 수 있기 때문에 각 상태에 따라 적절한 유지보수 작업을 할 수 있다.
- [0035] 또한, 전도성 모르타르를 일정한 간격으로 배치하는 경우에는 균열의 발생여부 뿐만 아니라 균열의 깊이 및 길이에 관하여도 예측이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0037] 도 1은 종래의 모르타르 센서를 이용한 콘크리트 균열을 측정하는 방법을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 2는 전도성 모르타르를 콘크리트 구조물 내에 설치한 상태에서 균열 발생된 상태는 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지장치를 나타낸 도면이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 전도성 모르타르를 신규 콘크리트 구조물에 설치하는 과정을 나타낸다.
- 도 5는 콘크리트 구조물에 일반적인 균열이 발생한 상태를 나타낸 도면이다.
- 도6은 콘크리트 구조물에 균열이 발생하고 내부에 물이 흘러 포화된 상태를 나타내는 도면이다.
- 도 7은 콘크리트 구조물에 균열이 발생하고, 내부에 물이 흘러 포화된 상태에서 물이 고인 상태에서 물 내부로 이온이 용출된 상태를 나타낸 도면이다.
- 도 8은 콘크리트 구조물에 균열이 발생하고, 물이 고인상태에서 탄산화되어 충전된 상태를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0038] 여기서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [0039] 다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0040] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지방법 및 장치에 대하여 설명하기로 한다.
- [0041] 본 발명은 균열 발생에 의해 전기전도도가 변화를 측정할 수 있는 전도성 모르타르를 이용하여 콘크리트 구조물 내에 균열이 발생되었는지 여부를 모니터링할 수 있는 방법이다. 콘크리트 구조물 내에서 전도성 물질을 배치하여 콘크리트 구조물 내에 균열이 발생하는 경우 전도성 물질에 단락이 발생하기 때문에 전기전도도가 급격히 떨어지는 현상을 이용하여 균열여부를 판단할 수 있다. 다만, 콘크리트 구조물 내부에 균열이 발생하고 방치하게 되면 내부에 물이 흐를 수 있고, 흐르는 물이 고이는 경우에는 물로 알칼리 성분이 용출되어 전기가 흐를 수 있는 상태에 도달하면 전도성 물질의 단락여부를 판단하는 것만으로는 콘크리트 구조물 내에 균열이 발생하였는지 여부에 대하여 판단하기 어렵다.
- [0042] 도 2는 전도성 모르타르를 콘크리트 구조물 내에 설치한 상태에서 균열 발생된 상태는 나타낸 도면이다. 도 2를 참조하면, 콘크리트 구조물(20) 내부에 균열(50)이 발생하여 전도성 모르타르 층에도 균열이 발생하게 된다(a참조). 이때 검출장치(40)를 통하여 전기전도도를 측정하게 되면 전기전도도가 매우 낮아진 상태를 알 수 있다. 균열(50)에 의해 단락이 발생하였으며 검출기(40)를 통하여 이를 검출하는 것이 가능하다. 그러나, 균열이 발생하고 시간이 지나 균열로 물이 흐르게 되고, 물이 고여 콘크리트 구조물 내의 알칼리 성분이 용출되는 경우에는 전기적 단락이 유지될 수 없다. 이 경우 전기전도도의 변화를 감지하는 못하는 경우 균열이 발생하는 경우에도 이를 검출기를 통하여 검출할 수 없는 문제가 있다. (b)와 같이 알칼리 성분이 용출되기 전의 물(51)이 흐르는

경우에는 전기전도도도 낮아 지게 되므로 이를 기준값과 비교하여 판단하는 것이 가능하지만 정교한 장치를 필요로 하게 된다. 한편, (c)와 같이 알칼리 성분이 용출된 물(52)가 고여있는 경우에는 전기전도도도 높아져 균열이 발생하기 전의 전기전도도와 차이가 없어 균열여부를 판단하기 어렵워진다.

- [0043] 따라서, 전도성 물질 층의 단일 층의 전기전도도 변화를 측정하는 것만으로는 실제 균열의 발생여부를 검출하기 어려운 문제가 있다.
- [0044] 본 발명자는 균열이 발생하고 난 후에 물이 흐르는 경우에는 단순히 전도성 모르타르 층만이 채워지는 것이 아니라 나머지 콘크리트 부분도 채워지고 이 경우 일정 이상의 전도도를 가지는 것을 착안하여 콘크리트 구조물 내부에 2줄 이상의 전도성 모르타르를 설치하고, 임의의 하나의 전도성 모르타르의 전기전도도만을 측정하는 것이 아니라, 전도성 모르타르의 상호간의 전기전도도를 측정함으로써 균열에 물이 흐르거나, 물에 콘크리트의 알칼리 성분이 용출되는 경우에도 균열여부를 판단할 수 있음을 알게 되어 본 발명을 완성하였다.
- [0045] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지장치를 나타낸 도면이다. 도 3에 도시된 바와 같이 전도성 모르타르(110)를 콘크리트 구조물(120)의 표면과 일정한 거리를 두고 2열 이상 배치된다. 제1검출기(130)는 전도성 모르타르(110) 내부의 전기전도도 변화를 측정하기 위해 하나의 전도성 모르타르의 양단에 전극을 매개로 하여 연결될 수 있다. 제2검출기(131)는 전도성 모르타르(110) 상호간의 전기전도도 변화를 측정하기 위해 다른 전도성 모르타르의 각각의 일단에 전극을 매개로 하여 연결될 수 있다.
- [0046] 상기 전도성 모르타르는 설치되는 콘크리트 구조물의 형태에 따라 다양하게 설치될 수 있다. 그 형태가 변화된다고 하더라도 각 전도성 모르타르는 선형으로 배치되고, 각각의 전도성 모르타르는 겹쳐지거나 연결되지 않는 구성이어야 한다. 예를 들면, 콘크리트 기둥의 경우, 길이방향으로 길게 다수의 전도성 모르타르가 십자형 박혀있으며, 각각의 전도성 모르타르는 두께 방향으로 일정한 간격을 가지고 배치될 수 있다.
- [0047] 예를 들어 기둥에 2 X 3으로 6개의 전도성 모르타르가 배열되는 경우에는 제1검출기는 각각의 전도성 모르타르 양단에 연결되어 각각의 전기전도도 변화를 측정할 수 있다. 제2검출기의 경우 6개의 전도성 모르타르 상호간의 전기전도도 변화를 측정할 수 있도록 각각의 일단에 연결될 수 있다. 제2검출기의 경우 초기 상태에서는 각각의 전도성 모르타르가 연결되지 않은 상태에 있기 때문에 전기전도도가 매우 낮은 상태를 유지하게 된다.
- [0048] 본 발명에 따른 전도성 모르타르는 전도성 물질, 시멘트 및 물을 일정한 배합비로 혼합하여 일반 물보다 높은 전기전도도를 가지도록 제조된다. 상기 전도성 물질은 탄소나노튜브, 탄소섬유, 흑연 및 코크스로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 하나 이상의 전도성 물질이 사용된다.
- [0049] 상기 탄소나노튜브(Carbon nanotube, CNT)는 첨단 나노소재 중 하나로서 1991년 발견 이후, CNT의 매우 안정한 화학적 결합에 의한 독특한 구조적, 화학적, 기계적 및 전기적 성질을 바탕으로 여러 분야에서 꾸준히 연구 및 상용화되어 왔다. 즉, 탄소나노튜브는 전기전도도가 구리만큼이나 높고, 열전도율은 자연계에서 가장 뛰어난 다이아몬드와 같으며, 강도는 철강보다 100배나 높은 반면에 15% 이상 변형되어도 견딜 수 있을만큼 연신율이 우수하다.
- [0050] 하지만 탄소나노튜브를 다양한 기지재료에 분산시켜 활용하는 과정에서 탄소나노튜브의 낮은 분산 성능으로 인해 연구의 어려움을 겪고 있으며 이로 인해 건설재료로의 사용이 제한되어 왔다. 본 발명자는 탄소나노튜브, 실리카폼(Silica fume), 시멘트를 배합하여 탄소나노튜브의 분산성을 향상시킨 시멘트 복합재료를 개발하였고, 이를 대한민국 등록특허 제10-1339904호(발명의 명칭: 탄소나노튜브를 함유한 시멘트 복합재료의 제조방법과 이 시멘트 복합재료를 이용한 탄소나노튜브-시멘트 구조체의 제조방법)로 등록받은 바 있다. 본 발명자는 이러한 탄소나노튜브를 함유한 시멘트 복합재료 제조기술을 바탕으로 이를 이용해 균열의 발생 및 전파를 효과적으로 감지할 수 있는 방법을 개발한 것이다.
- [0051] 상기 탄소섬유(Carbon Fiber)는 유기섬유(레이온, 피치 등)를 1,000 이상 고온에서 열처리하여 탄소 성분이 90% 이상이 되도록 만든 섬유로서, 1879년 에디슨이 처음 개발한 이후에 현재 항공, 우주, 자동차, 토목, 건축, 전기, 전자, 스포츠, 레저 등 전 산업분야에서 널리 사용되고 있는 신소재이다. 이 탄소섬유는 고강도/고탄성의 특성 이외에도 전기전도도도 우수한 물성을 가지므로, 시멘트 내에 분산 배합될 경우 전도성 모르타르를 제조할 수 있다.
- [0052] 이 밖에, 전극재료로 많이 사용되는 흑연(Graphite)이나, 점결탄을 고온 건류하여 만든 다공질의 코크스(Coke s)도 탄소를 주 성분으로 하는 전기전도도가 높은 재료이므로 이를 시멘트 내에 분산 배합할 경우 전도성 모르타르를 제조할 수 있다.

- [0053] 일반 콘크리트 재료에서는 전기를 전도할 수 있는 구성요소가 물 밖에 없기 때문에, 물에 의해 전기전도도가 크게 변화된다. 그러나, 탄소나노튜브, 탄소섬유와 같은 고전도성 물질을 대량으로 시멘트 복합재료에 혼입할 경우, 전기전도도가 물에 비해 높은 고전도성 물질을 통해 전기가 전도되므로 전도성 모르타르의 전기전도도는 물에 의해 영향을 받지 않을 것이다.
- [0054] 전도성 모르타르는 주변 콘크리트와 동일한 거동을 하기 때문에 콘크리트와 동일한 위치에서 균열이 발생하므로, 콘크리트의 균열 발생을 정확하게 파악할 수 있다. 또한, 제조된 전도성 모르타르에서 전기전도도의 편차가 발생하여도 균열 발생에 의해 전기전도도가 매우 급격하게 감소할 것이므로 신뢰도가 높은 측정방식이 된다.
- [0055] 본 발명에 따르면, 탄소나노튜브를 혼입하여 전도성 모르타르를 만들 때에는 상기 탄소나노튜브의 함량을 시멘트 중량 기준 0.4 ~ 0.6 중량% 혼합하는 것이 바람직하다. 탄소나노튜브의 함량이 0.4 중량% 미만인 경우에는 완전건조 상태(O.D)와 수분포화 상태(S.S.D)의 전기저항 차이가 여전히 크게 나타나, 전기전도도가 급감하는 것이 수분 건조에 의한 것인지 균열 발생에 의한 것인지를 명확하게 판단하기 어렵다. 반면, 탄소나노튜브의 함량이 0.6 중량%를 초과하는 경우에는 시멘트와의 배합이 어려워 균일한 분산성이 저하될 수 있다.
- [0056] 또한, 상기 전도성 모르타르는 콘크리트 구조물의 건설 현장에서 배합하여 곧바로 사용할 수 있어 시공성 및 작업성이 매우 우수하다. 다만, 전도성 물질로 탄소나노튜브를 사용할 경우 탄소나노튜브의 낮은 분산 성능으로 인해 전도성 모르타르를 현장에서 손쉽게 배합할 수 없을 수도 있다. 본 발명에 따르면, 이를 해결하기 위하여 탄소나노튜브, 시멘트 등을 배합할 때 실리카푼(Silica fume)을 상기 시멘트 중량 기준 10 ~ 30 중량% 혼합하는 것이 바람직하다.
- [0057] 탄소나노튜브는 높은 길이 대 직경비, 강한 소수성과 반데르발스 인력으로 인해 낮은 분산성을 나타내는데, 10 ~ 500nm 의 탄소나노튜브와 비슷한 규모의 작은 입자크기를 가지는 실리카푼을 함께 혼합하면 양 입자가 물리적으로 상호 작용하면서 콘크리트 매트릭스 내에 균일하게 분산된다. 상술한 바와 같이 실리카푼의 함량이 10 ~ 30 중량% 범위로 혼입되면, 본 발명의 목적을 달성할 수 있는 양호한 수준의 탄소나노튜브의 분산성을 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 콘크리트 매트릭스 내에 공극을 발생시키는 탄소나노튜브의 뭉침 현상을 실리카푼에 의해 효과적으로 분산시켜 줌으로써 콘크리트 내에 공극을 줄이고 더욱 밀실되게 만들어 압축강도를 향상시켜 준다.
- [0058] 다시 말해, 본 발명에 따르면, 시멘트, 탄소나노튜브, 실리카푼을 현장에서 간단히 배합하더라도 탄소나노튜브가 콘크리트 매트릭스 내에 균일하게 분산되기 때문에, 고전도성 시멘트 복합재료를 현장에서 즉시 배합하여 타설할 수 있다.
- [0059] 또한, 본 발명에 따른 고전도성 시멘트 복합재료는 기본적으로 콘크리트와 물성이 유사한 시멘트 재료로 만드는 것이 바람직하다. 그 결과, 동일한 열팽창 계수를 갖기 때문에 부동 열수축/팽창으로 인한 탈락이 발생하지 않아 장기간 사용이 가능하다. 따라서, 주변 콘크리트와 동일한 배합비로 제조하여 재료의 물성을 더욱 정확하게 맞추기 위하여 전도성 모르타르는 잔골재를 더 배합하여 제조될 수 있다.
- [0060] 이하에서 본 발명에 따른 전도성 모르타르를 이용한 콘크리트 내 균열 감지방법을 상세히 설명한다.
- [0061] 도 4는 본 발명에 따른 전도성 모르타르를 신규 콘크리트 구조물에 설치하는 과정을 나타낸다.
- [0062] 먼저, 전도성 모르타르를 준비한다(S10). 전도성 모르타르는 전도성 물질, 시멘트 및 물을 일정한 배합비로 혼합하여 제조한다. 양단에 전류를 효과적으로 흐를 수 있도록 전극판을 설치한다. 이 때, 상기 전도성 물질은 탄소나노튜브, 탄소섬유, 흑연 및 코크스 중에서 선택된 적어도 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0063] 다음으로, 콘크리트 구조물 내에 전도성 모르타르를 2줄 이상 배치한다(S20). 도 3을 참조로 설명한 바와 같이, 전도성 모르타르는 콘크리트 구조물 표면으로부터 내부로 일정한 간격으로 배치될 수 있으며, 2줄 이상 배치하여 한다. 각각의 전도성 모르타르는 서로 연결되어 있지 않으며 내부 콘크리트에 의해 나누어져 배치된다. 이 때 배치되는 전도성 모르타르의 전기전도도 변화 여부와 전도성 모르타르 상호간의 전기전도도 변화를 측정하여 균열여부를 측정하게 된다.
- [0064] 균열 측정의 정확성을 높이기 위하여 상기 전도성 모르타르는 각종 형태의 콘크리트 구조물 중에서 균열 발생 가능성이 높은 위치에 배치되는 것이 바람직하다. 예를 들어 콘크리트 보의 경우 전도성 모르타르가 보의 하부 바닥면과 철근 사이에 배치되고, 콘크리트 거더의 경우 전도성 모르타르가 거더 하단부 측면과 철근 사이에 배치되며, 콘크리트 기둥의 경우에는 전도성 모르타르가 기둥의 외측면과 철근사이에 수평방향에 배치되고, 콘크리트 내민보의 경우에는 전도성 모르타르가 내민보의 연결 표면과 철근사이에 배치되는 것이 바람직하다.

- [0065] 전도성 모르타르의 배치가 완료되면, 콘크리트를 타설하여 새로운 콘크리트 구조물을 제조하고(S30), 제1측정기와 제2측정기를 전도성 모르타르에 연결한다(S40). 제1 측정기는 전도성 모르타르 중 어느 하나의 양단에 연결되는 것으로서 전도성 모르타르의 내부의 전기전도도를 측정할 수 있다. 제2 측정기는 전도성 모르타르 상호간에 각각의 일단에 연결되어 상호간의 전기전도도를 측정할 수 있다.
- [0066] 상기 제1측정기, 제2측정기를 통해 콘크리트 구조물 내의 균열 전파에 따른 고전도성 시멘트 복합재료의 전기전도도 변화를 실시간 또는 주기적으로 모니터링하게 된다(S50).
- [0067] 실시간 모니터링은 제1측정기, 제2측정기를 계속 연결한 상태에서 데이터 프로세싱을 통해 자동적으로 전기전도도 변화를 확인하고, 일정 범위 이상의 변화가 감지되는 경우에 알람 등을 통해 관리자에게 자동으로 경고하도록 구성될 수 있다. 주기적 모니터링은 일정기간 간격으로 현장을 방문하여 제1측정기, 제2측정기를 전도성 모르타르에 연결하여 전기전도도의 변화를 확인하고, 이전의 기록과 비교하여 이상이 발견되는 경우 필요한 보수 유지 작업을 취하도록 구성된다.
- [0068] 도 5 내지 도8를 참조하여, 콘크리트 구조물의 균열상태를 판단하는 과정을 보다 자세하게 설명한다.
- [0069] 도 5는 콘크리트 구조물에 일반적인 균열이 발생한 상태를 나타낸 도면이다. 도 5에 도시된 바와 같이 콘크리트 구조물(120)에 일반적인 균열(51)이 발생하는 경우에는 전도성 모르타르(110)에도 균열이 발생하게 된다. 균열(51)이 발생하기 전에 비하여 제1측정기(130)의 전기전도도가 단락상태가 발생한 것으로서 매우 크게 낮아지게 된다. 이 때 제2측정기(131)는 균열이 발생하기 전부터 전기적으로 연결되지 않고 콘크리트를 매개로 하여 연결되기 때문에 전기전도도가 단락상태의 값을 계속 유지하게 된다. 즉, 제1측정기(130)의 변화상태를 감지하여 균열상태를 감지할 수 있다.
- [0070] 도6은 콘크리트 구조물에 균열이 발생하고 내부에 물이 흘러 포화된 상태를 나타내는 도면이다. 도6에 도시한 바와 같이, 콘크리트 구조물(120)에 균열이 발생하고 물(52)이 흐르는 경우에는 전기전도도가 변화하게 된다. 이 때는 콘크리트에서 이온이 용출되기 전이므로 제1측정기(130)의 전기전도도는 전도성 모르타르의 전기전도도보다 낮은 상태로 측정되며, 제2측정기(131)의 전기전도도는 상승하여 물에 의해 연결된 상태로 상승하게 된다. 즉 제1측정기(130)와 제2측정기(131)의 전기전도도가 물에 의해 통전상태로 되어 전도성 모르타르보다는 낮은 전도도이지만 검출이 가능한 상태로 이루어지며 이 경우 물에 의해 포화된 상태로 판단할 수 있다.
- [0071] 도 7은 콘크리트 구조물에 균열이 발생하고, 내부에 물이 흘러 포화된 상태에서 물이 고인 상태에서 물 내부로 이온이 용출된 상태를 나타낸 도면이다. 콘크리트 구조물(120) 내에 발생한 균열내부로 물이 고인 상태(53)에 콘크리트의 이온이 용출되면 전기전도도가 증가하게 된다. 이때 전기전도도가 전도성 모르타르와 같은 수준으로 증가하게 된다. 따라서, 이 상태에서는 제1측정기(130)와 제2측정기(131)의 전도도가 모두 상승하여 전도성 모르타르와 같은 수준으로 증가하게 되어 이를 검출하여 균열이 발생한 후 내부에 물이 고인 상태로 판단할 수 있다.
- [0072] 도 8은 콘크리트 구조물에 균열이 발생하고, 물이 고인상태에서 탄산화되어 충전된 상태를 나타낸 도면이다. 이 경우 시멘트의 경우 자가치유 성질을 가지고 있다. 따라서, 균열이 발생하고 균열이 메워진 상태에 도달하면 균열이 시멘트로 충전(54)되고 이로서, 제1측정기(130)와 제2측정기(131) 모두 전기적으로 단락상태를 이루어지게 된다. 이는 초기 균열이 발생한 상태와 동일한 상태에 해당하나, 지속적인 모니터링을 통하여 균열이 발생한 이후에 다시 이러한 상태를 검출하게 되며 탄산화에 의해 균열이 충전된 상태로 판단하는 것이 가능하다.
- [0073] 이와 같이 본 발명에 따르면, 균열이 발생한 후에 물이 채워지고, 이온이 용출된 상태 및 탄산화에 의해 충전상태를 파악할 수 있기 때문에 각 상태에 따라 적절한 유지보수 작업을 할 수 있다.
- [0075] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0076] 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변경된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

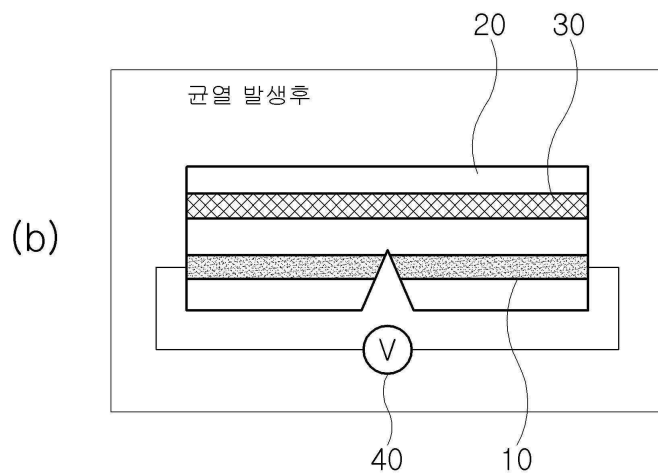
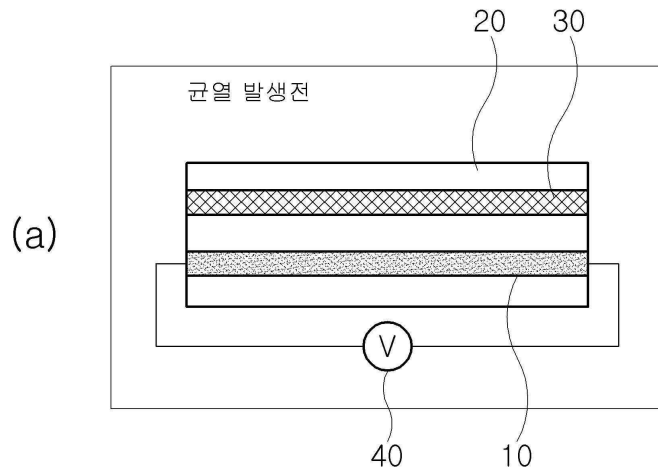
[0078]

110: 전도성 모르타르 120: 콘크리트 구조물

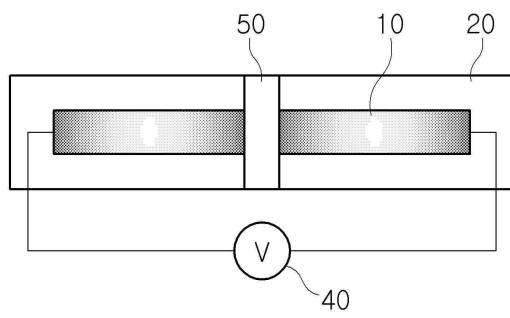
130: 제1검출기 131: 제2검출기

도면

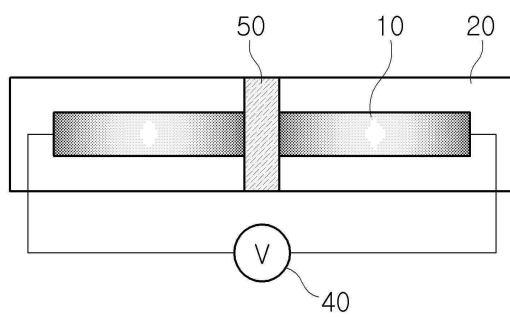
도면1



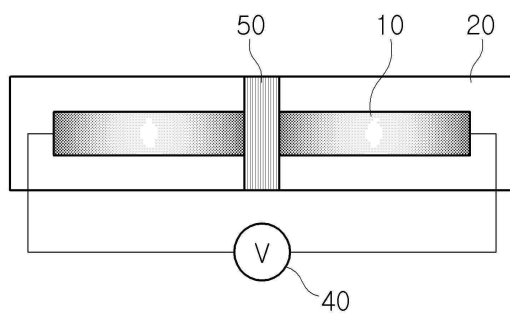
도면2



(a)

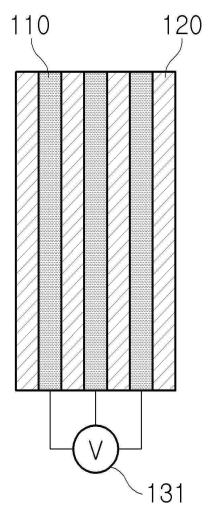
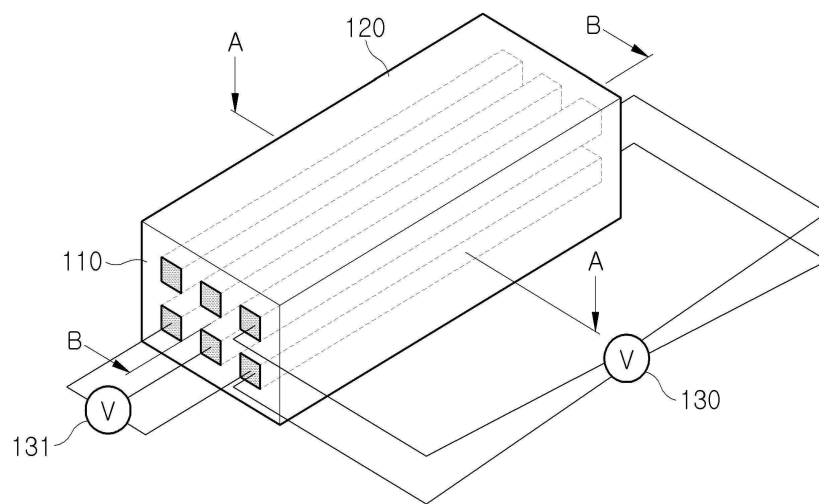


(b)

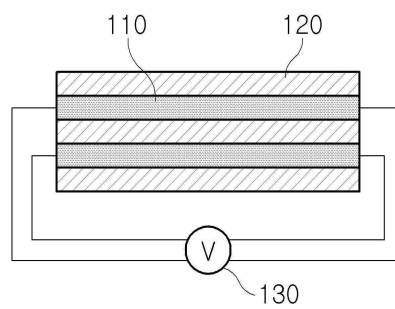


(c)

도면3

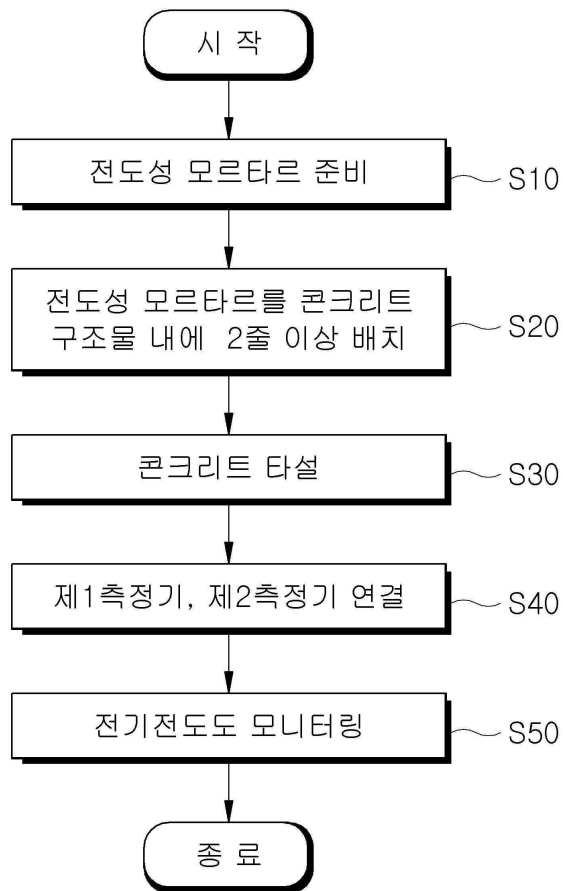


(a)

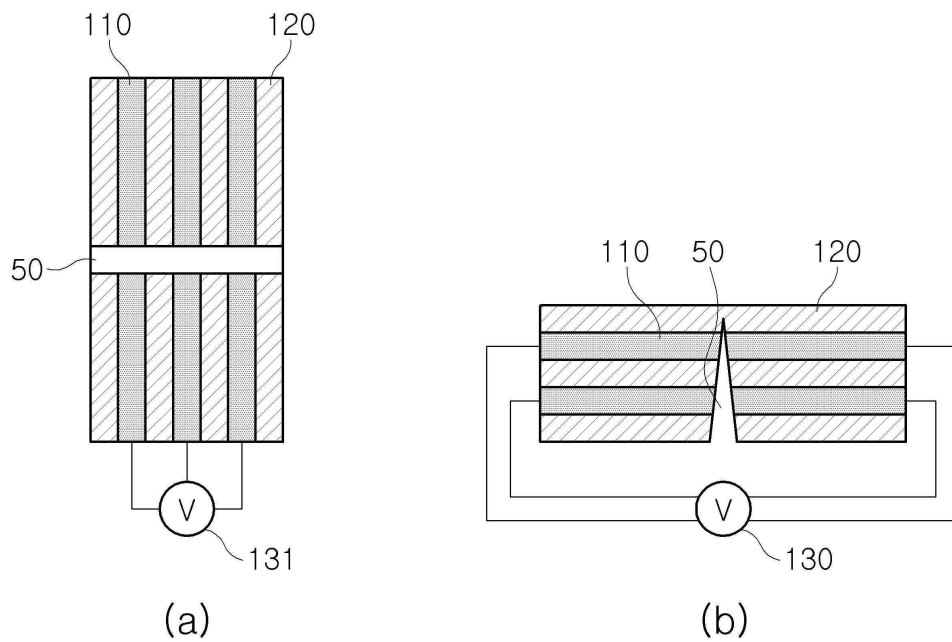


(b)

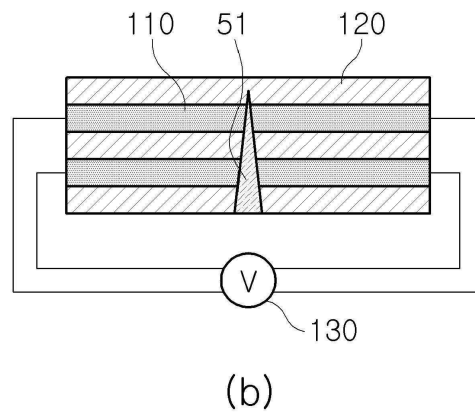
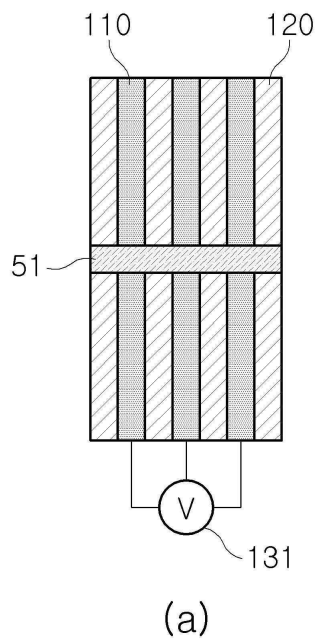
도면4



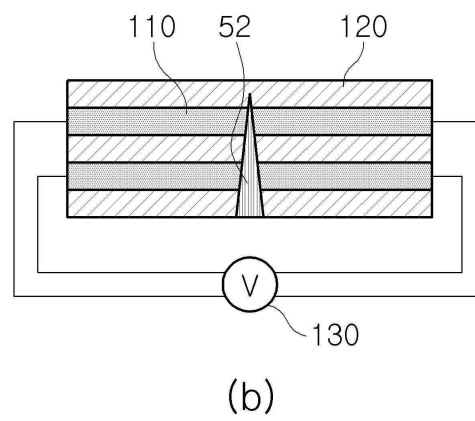
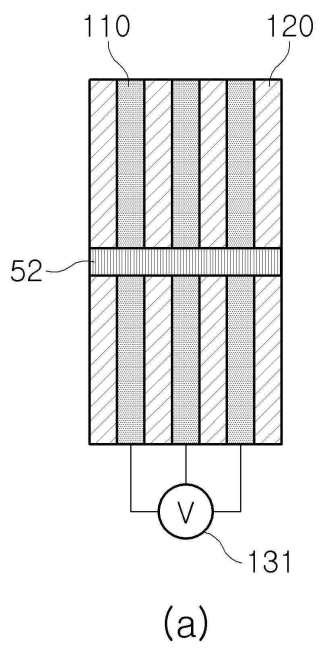
도면5



도면6



도면7



도면8

