



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0059639
(43) 공개일자 2019년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 11/30 (2006.01) G01B 11/16 (2006.01)
G01N 33/38 (2006.01) G06T 3/60 (2006.01)
G06T 5/00 (2019.01) G06T 7/50 (2017.01)

(52) CPC특허분류
G01B 11/30 (2013.01)
G01B 11/16 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0157447
(22) 출원일자 2017년11월23일
심사청구일자 2017년11월23일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
성균관대학교산학협력단
경기도 수원시 장안구 서부로 2066 (천천동, 성균관대학교내)

(72) 발명자
심성한
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김현준
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이광명
서울특별시 서초구 서초중앙로 188, C동 1610호 (서초동, 아크로비스타)

(74) 대리인
특허법인 무한

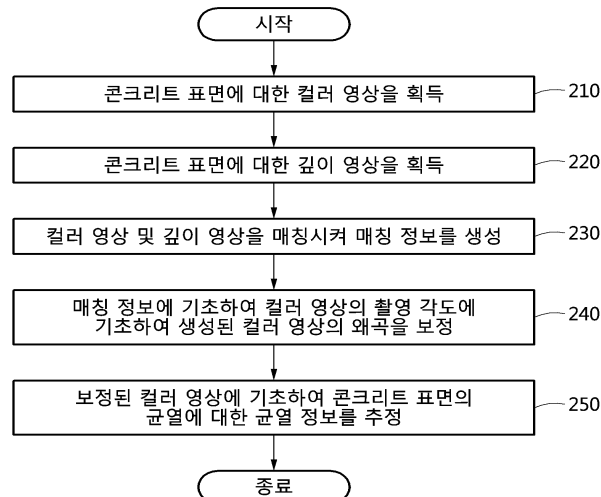
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 콘크리트 표면 균열 측정 장치 및 방법

(57) 요약

컬러 카메라를 이용하여 균열을 포함하는 콘크리트 표면에 대한 컬러 영상을 획득하는 단계; 깊이 카메라를 이용하여 상기 콘크리트 표면에 대한 깊이 영상을 획득하는 단계; 상기 컬러 영상과 상기 깊이 영상을 매칭시켜 매칭 정보를 생성하는 단계; 상기 매칭 정보에 기초하여 상기 컬러 영상의 촬영 각도에 기초하여 생성된 컬러 영상의 영상 왜곡을 보정하는 단계; 및 상기 보정된 컬러 영상에 기초하여 상기 콘크리트 표면의 상기 균열에 대한 균열 정보를 추정하는 단계를 포함하는 콘크리트의 균열 측정 방법이 개시된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G01N 33/38 (2013.01)

G06T 3/60 (2013.01)

G06T 5/001 (2013.01)

G06T 7/50 (2017.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1615009152

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 건설기술연구

연구과제명 자기치유 콘크리트 성능평가 기술 개발 및 실용화 전략

기 여 율 1/1

주관기관 성균관대학교 산학협력단

연구기간 2017.02.14 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

컬러 카메라를 이용하여 균열을 포함하는 콘크리트 표면에 대한 컬러 영상을 획득하는 단계;
 깊이 카메라를 이용하여 상기 콘크리트 표면에 대한 깊이 영상을 획득하는 단계;
 상기 컬러 영상과 상기 깊이 영상을 매칭시켜 매칭 정보를 생성하는 단계;
 상기 매칭 정보에 기초하여 상기 컬러 영상의 촬영 각도에 기초하여 생성된 컬러 영상의 영상 왜곡을 보정하는 단계; 및
 상기 보정된 컬러 영상에 기초하여 상기 콘크리트 표면의 상기 균열에 대한 균열 정보를 추정하는 단계를 포함하는, 콘크리트 균열 정보 측정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 영상 왜곡을 보정하는 단계는,
 상기 콘크리트 표면에 수직인 방향에서 획득한 형태로 상기 컬러 영상을 변환하는, 콘크리트 균열 정보 측정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 영상 왜곡을 보정하는 단계는,
 상기 매칭 정보에 포함된 깊이 영상 정보에 기초하여 상기 컬러 영상에 포함된 픽셀에 대응되는 카메라 좌표계에서의 픽셀의 위치를 계산하는 단계;
 상기 계산된 위치에 기초하여 영상 좌표계 상의 컬러 영상 평면에 대응되는 상기 카메라 좌표계에서의 컬러 영상 평면의 법선 벡터를 획득하는 단계;
 상기 획득한 법선 벡터 및 상기 카메라 좌표계에서의 픽셀들의 위치에 기초하여 상기 카메라 좌표계에서의 픽셀들에 대한 회전 변환을 수행하는 단계; 및
 상기 회전 변환이 수행된 픽셀들을 상기 영상 좌표계로 변환하는 단계를 포함하는 콘크리트 균열 정보 측정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 균열 정보를 추정하는 단계는,
 상기 균열의 폭, 길이, 면적에 대한 정보 중 적어도 하나를 추정하는, 콘크리트 균열 정보 측정 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 균열 정보를 추정하는 단계는,
 상기 컬러 영상에 포함된 색상 정보에 기초하여 상기 균열 정보를 추정하는, 콘크리트 균열 정보 측정 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 균열 정보를 추정하는 단계는,

영상 이진화(image binarization), 에지 검출(edge detection), 루트 파인더(route-finder) 중 적어도 하나에 기초하여 균열 정보를 획득하는, 콘크리트 균열 정보 측정 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 컬러 영상에서 상기 균열은 검은색으로 표현되고, 상기 콘크리트 표면의 배경은 흰색으로 표현되는, 콘크리트 균열 정보 측정 방법.

청구항 8

균열을 포함하는 콘크리트 표면에 대한 컬러 영상을 획득하는 컬러 영상 획득부;

상기 콘크리트 표면에 대한 깊이 영상을 획득하는 깊이 영상 획득부;

상기 컬러 영상과 상기 깊이 영상을 매칭시킴으로써 매칭 정보를 생성하는 매칭 정보 생성부;

상기 매칭 정보에 포함된 깊이 영상 정보에 기초하여 상기 컬러 영상의 촬영 각도에 기초하여 생성된 영상 왜곡을 보정하는 영상 왜곡 보정부; 및

상기 보정된 컬러 영상에 기초하여 상기 콘크리트 표면에 대한 균열 정보를 추정하는 균열 정보 추정부를 포함하는, 콘크리트 균열 정보 측정 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 영상 왜곡 보정부는,

상기 콘크리트 표면에 수직한 방향에서 획득한 형태로 상기 컬러 영상을 변환하는, 콘크리트 균열 정보 측정 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 영상 왜곡 보정부는,

상기 매칭 정보에 포함된 깊이 영상 정보에 기초하여 상기 컬러 영상에 포함된 픽셀에 대응되는 카메라 좌표계에서의 픽셀의 위치를 계산하고,

상기 계산된 위치에 기초하여 영상 좌표계 상의 컬러 영상 평면에 대응되는 상기 카메라 좌표계에서의 컬러 영상 평면의 법선 벡터를 획득하고,

상기 획득한 법선 벡터 및 상기 카메라 좌표계에서의 픽셀들의 위치에 기초하여 상기 카메라 좌표계에서의 픽셀들에 대한 회전 변환을 수행하고,

상기 회전 변환이 수행된 픽셀들을 상기 영상 좌표계로 변환하는, 콘크리트 균열 정보 측정 장치.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 균열 정보를 추정부는,

상기 균열의 폭, 길이, 면적에 대한 정보 중 적어도 하나를 추정하는, 콘크리트 균열 정보 측정 장치.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 균열 정보를 추정부는,

상기 컬러 영상에 포함된 색상 정보에 기초하여 상기 균열 정보를 추정하는, 콘크리트 균열 정보 측정 장치.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 균열 정보를 추정부는,

영상 이진화(image binarization), 에지 검출(edge detection), 루트 파인더(route-finder) 중 적어도 하나에 기초하여 균열 정보를 추정하는, 콘크리트 균열 정보 측정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 설명은 콘크리트 표면 균열 측정 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 콘크리트 구조물에서 내구성 및 구조 안전성에 가장 큰 영향을 주는 요인은 균열의 발생이다. 콘크리트는 압축 강도에 비해 인장 강도가 낮은 재료에 해당하므로 콘크리트 구조물에 균열이 발생하는 것은 불가피하다. 이러한 콘크리트 균열의 원인은 구조물의 건조 수축이나 과도한 응력의 발생 또는 재료적인 문제일 수 있다. 이러한 콘크리트 균열 중에는 구조물의 구조적인 안전성에 영향이 없는 균열도 있으나, 구조물의 구조적인 결함을 야기하고 구조물의 붕괴를 초래할 수 있는 균열도 있을 수 있다. 따라서, 콘크리트 구조물의 안전을 위해 반드시 균열의 발생 여부를 조사해야 한다.

[0003] 콘크리트 구조물의 균열 측정은 크랙 모니터(crack monitor) 또는 마이크로스코프(microscope)를 통해 특정 지점의 균열의 폭이나 균열의 깊이를 측정한 다음 일정 시간이 경과한 후 동일 지점의 균열을 다시 측정하여 균열의 진행 여부를 평가하였다. 해당 방식은 측정자의 손으로 직접 수행함으로써, 오차가 발생할 수 있고, 신속성이 떨어지는 단점이 있을 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0004] 일 실시예에 따른 콘크리트 균열 정보 측정 방법은 컬러 카메라를 이용하여 균열을 포함하는 콘크리트 표면에 대한 컬러 영상을 획득하는 단계; 깊이 카메라를 이용하여 상기 콘크리트 표면에 대한 깊이 영상을 획득하는 단계; 상기 컬러 영상과 상기 깊이 영상을 매칭시켜 매칭 정보를 생성하는 단계; 상기 매칭 정보에 기초하여 상기 컬러 영상의 촬영 각도에 기초하여 생성된 컬러 영상의 영상 왜곡을 보정하는 단계; 및 상기 보정된 컬러 영상에 기초하여 상기 콘크리트 표면의 상기 균열에 대한 균열 정보를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0005] 일 실시예에 따른 상기 영상 왜곡을 보정하는 단계는 상기 콘크리트 표면에 수직한 방향에서 획득한 형태로 상기 컬러 영상을 변환할 수 있다.

[0006] 일 실시예에 따른 상기 영상 왜곡을 보정하는 단계는 상기 매칭 정보에 포함된 깊이 영상 정보에 기초하여 상기 컬러 영상에 포함된 픽셀에 대응되는 카메라 좌표계에서의 픽셀의 위치를 계산하는 단계; 상기 계산된 위치에 기초하여 영상 좌표계 상의 컬러 영상 평면에 대응되는 상기 카메라 좌표계에서의 컬러 영상 평면의 법선 벡터를 획득하는 단계; 상기 획득한 법선 벡터 및 상기 카메라 좌표계에서의 픽셀들의 위치에 기초하여 상기 카메라

좌표계에서의 픽셀들에 대한 회전 변환을 수행하는 단계; 및 상기 회전 변환이 수행된 픽셀들을 상기 영상 좌표계로 변환하는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 일 실시예에 따른 상기 균열 정보를 추정하는 단계는 상기 균열의 폭, 길이, 면적에 대한 정보 중 적어도 하나를 추정할 수 있다.

[0008] 일 실시예에 따른 콘크리트 균열 정보 측정 장치는 균열을 포함하는 콘크리트 표면에 대한 컬러 영상을 획득하는 컬러 영상 획득부; 상기 콘크리트 표면에 대한 깊이 영상을 획득하는 깊이 영상 획득부; 상기 컬러 영상과 상기 깊이 영상을 매칭시킴으로써 매칭 정보를 생성하는 매칭 정보 생성부; 상기 매칭 정보에 포함된 깊이 영상 정보에 기초하여 상기 컬러 영상의 촬영 각도에 기초하여 생성된 영상 왜곡을 보정하는 영상 왜곡 보정부; 및 상기 보정된 컬러 영상에 기초하여 상기 콘크리트 표면에 대한 균열 정보를 추정하는 균열 정보 추정부를 포함할 수 있다.

[0009] 일 실시예에 따른 상기 영상 왜곡 보정부는 상기 콘크리트 표면에 수직한 방향에서 획득한 형태로 상기 컬러 영상을 변환할 수 있다.

[0010] 일 실시예에 따른 상기 영상 왜곡 보정부는 상기 매칭 정보에 포함된 깊이 영상 정보에 기초하여 상기 컬러 영상에 포함된 픽셀에 대응되는 카메라 좌표계에서의 픽셀의 위치를 계산하고, 상기 계산된 위치에 기초하여 영상 좌표계 상의 컬러 영상 평면에 대응되는 상기 카메라 좌표계에서의 컬러 영상 평면의 법선 벡터를 획득하고, 상기 획득한 법선 벡터 및 상기 카메라 좌표계에서의 픽셀들의 위치에 기초하여 상기 카메라 좌표계에서의 픽셀들에 대한 회전 변환을 수행하고, 상기 회전 변환이 수행된 픽셀들을 상기 영상 좌표계로 변환할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 촬영 각도에 따라 콘크리트 표면 균열을 측정하기 위한 컬러 영상에 왜곡이 발생하는 일례를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 일 실시예에 따른 콘크리트 균열 측정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 3a 및 3b는 일 실시예에 따른 컬러 영상의 촬영 각도에 기초하여 생성된 영상 왜곡을 보정하기 위하여 컬러 영상에 포함되는 픽셀에 대응되는 카메라 좌표계에서의 픽셀의 위치를 계산하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 일 실시예에 따른 회전 변환을 통해 컬러 영상의 왜곡을 보정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 일 실시예에 따른 콘크리트 표면 균열 측정 장치가 왜곡이 보정된 컬러 영상에 기초하여 균열 정보를 획득하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 일 실시예에 따른 콘크리트 균열 정보 측정 장치의 전체 구성을 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 실시예들에 대한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 실시될 수 있다. 따라서, 본 명세서의 범위는 개시된 실시예들의 특정한 형태로 한정되는 것이 아니라 설명한 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0013] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0014] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0015] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0016] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는

는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

- [0017] 한편, 어떤 실시예가 달리 구현 가능한 경우에 특정 블록 내에 명기된 기능 또는 동작이 순서도와 다르게 수행될 수 있다. 예를 들어, 연속하는 두 블록들이 실제로는 실질적으로 동시에 수행될 수도 있고, 관련된 기능 또는 동작에 따라서는 해당 블록들의 순서가 뒤바뀌어 수행될 수도 있다.
- [0018] 이하, 실시예들을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고, 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0020] 콘크리트 표면 균열 측정 시스템은 측정자가 직접 균열을 측정하지 않고, 콘크리트 표면에 대한 영상을 통해 콘크리트에 균열에 대한 정보를 측정할 수 있다. 콘크리트 표면 균열 측정 시스템은 콘크리트 표면에 대한 영상을 획득할 때에, 촬영 각도에 기초하여 발생하는 영상 왜곡을 보정하고, 보정된 영상을 통해 보다 정확한 균열 정보를 측정할 수 있는 방법을 제공할 수 있다.
- [0022] 도 1은 촬영 각도에 따라 콘크리트 표면 균열을 측정하기 위한 컬러 영상에 왜곡이 발생하는 일례를 설명하기 위한 도면이다.
- [0023] 도 1을 참조하면, 영상 처리를 통해 콘크리트 표면(110)의 균열 정보를 정확하게 측정하기 위해서는, 카메라(120)과 같이 콘크리트 표면에 대해 수직 방향에서 콘크리트 표면(110)에 대한 영상이 획득되어야 한다. 만약 카메라(131, 133)과 같이 콘크리트 표면(110)에 대해 수직 방향에 아닌 방향에서 획득한 영상 정보는 촬영 각도에 따라 콘크리트 표면(110)에 존재하는 균열의 크기 및 위치가 변화함에 따라 왜곡된 영상이 획득되고, 왜곡된 영상은 정확한 균열 정보를 획득하는 데에 방해가 될 수 있다.
- [0025] 도 2는 일 실시예에 따른 콘크리트 균열 측정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0026] 도 2를 참조하면, 단계(210)에서 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 컬러 카메라를 이용하여 균열을 포함하는 콘크리트 표면에 대한 컬러 영상을 획득할 수 있다. 컬러 영상은 콘크리트 표면에 대한 색상 정보를 포함할 수 있다.
- [0027] 단계(220)에서 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 깊이 카메라를 이용하여 콘크리트 표면에 대한 깊이 영상을 획득할 수 있다. 깊이 영상은 영상에 표현된 각 지점까지의 거리 정보를 포함할 수 있다.
- [0028] 단계(230)에서 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 컬러 영상 및 깊이 영상을 매칭시켜 매칭 정보를 생성할 수 있다. 예를 들어, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 컬러 영상의 각각의 픽셀에 대하여, 각각의 픽셀에 대응하여 깊이 영상에서 획득한 거리 정보를 매칭시킨 매칭 정보를 생성할 수 있다. 즉, 매칭 정보는 각각의 픽셀에 대한 색상 정보 및 거리 정보를 포함할 수 있다.
- [0029] 단계(240)에서 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 매칭 정보에 기초하여 컬러 영상의 촬영 각도에 기초하여 생성된 컬러 영상의 영상 왜곡을 보정할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 2D 형태로 획득된 컬러 영상을 매칭 정보에 포함된 거리 정보에 기초하여 콘크리트 표면에 수직한 방향에서 획득한 형태로 변환할 수 있다. 예를 들어, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 매칭 정보에 포함된 깊이 영상 정보에 기초하여 카메라의 지향 방향(카메라가 바라보는 방향)과 콘크리트 표면에 수직한 방향의 각도 차이를 추정하고, 추정된 각도 차이에 기초하여 회전 변환이 수행된 2D 컬러 영상을 획득함으로써 컬러 영상의 왜곡을 보정할 수 있다. 컬러 영상의 왜곡을 보정하는 예시적인 방법에 대해서는 이하 첨부되는 도면을 통해 구체적으로 설명된다. 컬러 영상의 촬영 각도에 따른 왜곡을 보정하는 방법은 제시된 예시에 한정되지 않고, 획득한 컬러 영상을 획득한 깊이 영상에 포함된 거리 정보에 기초하여 콘크리트 표면에 수직한 방향에서 획득한 형태의 컬러 영상으로 변환하는 임의의 방법을 포함할 수 있다.
- [0030] 단계(250)에서 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 보정된 컬러 영상에 기초하여 콘크리트 표면의 균열에 대한 균열 정보를 추정할 수 있다. 콘크리트 표면의 균열에 대한 균열 정보를 추정하는 방법은 도 5를 통해 구체적으

로 설명된다.

- [0032] 일 실시예에 따르면, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 매칭 정보에 포함된 깊이 영상 정보에 기초하여 컬러 영상에 포함된 픽셀에 대응되는 카메라 좌표계에서의 픽셀의 위치를 계산하고, 계산된 위치에 기초하여 영상 좌표계 상의 컬러 영상 평면에 대응되는 카메라 좌표계에서의 컬러 영상 평면의 법선 벡터를 획득하고, 획득한 법선 벡터 및 카메라 좌표계에서의 픽셀들의 위치에 기초하여 카메라 좌표계에서의 픽셀들에 대한 회전 변환을 수행하고, 회전 변환이 수행된 픽셀들을 영상 좌표계로 변환할 수 있다.
- [0033] 도 3a 및 3b는 일 실시예에 따른 컬러 영상의 촬영 각도에 기초하여 생성된 영상 왜곡을 보정하기 위하여 컬러 영상에 포함되는 픽셀에 대응되는 카메라 좌표계에서의 픽셀의 위치를 계산하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0034] 도 3a는 콘크리트 표면에 수직하지 않은 방향에서 촬영된 2D 컬러 영상(310)을 도시한다. 2D 컬러 영상(310)의 촬영 각도에 기초하여 생성된 컬러 영상 왜곡을 회전 변환을 통해 보정하기 위해서 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 2D 컬러 영상(310)의 픽셀(311)에 대응되는 3D 카메라 좌표계 상의 픽셀의 위치(321)를 획득하고, 획득한 위치(321)에 기초하여 회전 변환 수행을 수행할 수 있다.
- [0035] 도 3b를 참조하면, 2D 컬러 영상에서의 픽셀(331)의 좌표가 (x, y, f)로 주어진 경우, 3D 카메라 좌표계에서 픽셀(331)에 대응하는 픽셀의 위치(332) 좌표는 (x_c, y_c, z_c) 로 계산될 수 있다(f는 카메라로부터 영상의 투영되는 뷰 포트까지의 거리, z_c 는 카메라 중심으로부터 픽셀(331)에 대응하는 위치까지의 거리). 위치(332)의 좌표 (x_c, y_c, z_c) 는 수학식 1을 통해 계산될 수 있다.

수학식 1

$$x_c = \frac{z_c x}{f}, y_c = \frac{z_c y}{f}$$

- [0036]
- [0037] 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 수학식 1을 통해 획득한 2D 컬러 영상에 포함된 모든 픽셀에 대응되는 3D 카메라 좌표계에서의 픽셀들의 위치를 계산할 수 있다.
- [0038] 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 계산된 3D 카메라 좌표계에서의 픽셀 위치에 기초하여 2D 영상 좌표계 상의 컬러 영상 평면에 대응되는 카메라 좌표계에서의 컬러 영상 평면의 법선 벡터를 획득할 수 있다. 예를 들어, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 2D 컬러 영상에 포함된 픽셀들에 대응되는 3D 카메라 좌표계에서의 픽셀들의 개별적인 법선 벡터를 획득하고, 개별적인 법선 벡터의 합을 통해 3D 좌표계에서의 컬러 영상 평면의 법선 벡터를 생성할 수 있다. 예를 들어, 개별적인 법선 벡터는 일 픽셀의 위, 아래에 존재하는 픽셀을 연결하여 생성되는 벡터, 좌, 우에 존재하는 픽셀을 연결하여 생성되는 벡터의 외적을 통해 획득될 수 있다.
- [0040] 도 4는 일 실시예에 따른 회전 변환을 통해 컬러 영상의 왜곡을 보정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0041] 일 실시예에 따르면, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 카메라 좌표계에서의 컬러 영상 평면의 법선 벡터에 기초하여 카메라 좌표계에서의 픽셀들에 대한 회전 변환을 수행할 수 있다.
- [0042] 도 4를 참조하면, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 3D 카메라 좌표계에서의 컬러 영상 평면(420)의 법선 벡터 $N(421)$ 과 XY 평면(410)에 수직한 벡터 $N'(411)$ 이 평행하도록 3D 카메라 좌표계에서의 픽셀들을 회전 변환함으로써 컬러 영상 왜곡에 대한 보정을 수행할 수 있다. 예를 들어, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 수학식 2 및

3을 통해 컬러 영상 왜곡에 대한 보정을 위한 회전 변환 행렬 R을 획득할 수 있다. 벡터 $\mathbf{u}$ 는 N과 $\mathbf{N}'$ 를 외적인 벡터를 정규화한 벡터에 해당된다.

수학식 2

$$\mathbf{u} = \frac{\mathbf{N} \times \mathbf{N}'}{|\mathbf{N} \times \mathbf{N}'|}$$

[0043]

수학식 3

$$R = \cos\theta \mathbf{I} + \sin\theta [\mathbf{u}] + (1 - \cos\theta) \mathbf{u} \otimes \mathbf{u}$$

$$\mathbf{u} \otimes \mathbf{u} = \begin{bmatrix} u_x^2 & u_x u_y & u_x u_z \\ u_x u_y & u_y^2 & u_y u_z \\ u_x u_z & u_y u_z & u_z^2 \end{bmatrix}$$

$$[\mathbf{u}]_{\times} = \begin{bmatrix} 0 & -u_z & u_y \\ u_z & 0 & -u_x \\ -u_y & u_x & 0 \end{bmatrix}$$

[0044]

[0045] 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 수학식 4에 기초하여 획득한 회전 변환 행렬 R을 통해 3D 카메라 좌표계에서의 픽셀들을 회전 변환할 수 있다.

수학식 4

$$\begin{bmatrix} x'_c \\ y'_c \\ z'_c \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{bmatrix}$$

[0046]

[0047] 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 회전 변환이 수행된 픽셀들을 영상 좌표계로 변환하여, 왜곡이 보정된 컬러 영상을 생성할 수 있다. 예를 들어, 변환이 수행된 픽셀들을 영상 좌표계로 변환하는 방식은 수학식 1을 통해 수행된 방식과 유사한 방식으로 수행될 수 있다.

[0049] 도 5는 일 실시예에 따른 콘크리트 표면 균열 측정 장치가 왜곡이 보정된 컬러 영상에 기초하여 균열 정보를 획득하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0050] 도 5를 참조하면, 왜곡이 보정된 컬러 영상(500)은 콘크리트 배경 영역과 균열(510)이 포함된 영역을 포함할 수 있다.

[0051] 일 실시예에 따르면, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 보정된 컬러 영상으로부터 균열(510)의 폭, 길이, 면적에 대한 정보 중 적어도 하나를 추정할 수 있다. 또한, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 보정된 컬러 영상에 포함된 색상 정보에 기초하여 균열의 폭, 길이, 면적 정보 중 적어도 하나를 포함하는 균열 정보를 추정할 수 있다. 예를 들어, 콘크리트 표면에 대한 컬러 영상에서 균열을 검정색으로, 배경에 해당하는 콘크리트 표면 영역은 흰

색으로 표현될 수 있고, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 검정색 영역을 균열에 해당하는 영역으로 판단하고, 흰색 영역을 배경에 해당하는 영역으로 판단하여 균열 정보를 측정할 수 있다. 균열 정보 및 색상에 대한 정보는 제시된 예시에 한정되지 않고, 균열 정보는 균열과 관련된 다양한 정보를 포함할 수 있고, 배경 및 균열에 대한 색상 정보는 다양한 색상 정보의 조합을 포함할 수 있다.

[0052] 일 실시예에 따르면, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 영상 이진화(image binarization), 에지 검출(edge detection), 루트 파인더(route-finder) 중 적어도 하나에 기초하여 균열 정보를 획득할 수 있다. 예를 들어, 콘크리트 표면 균열 측정 장치는 보정된 컬러 영상을 이진화하여 콘크리트 배경과 균열 영역을 구분함으로써 균열 정보를 획득하거나, 균열 영역의 에지를 검출함으로써 균열 정보를 획득하거나 루트 파인더(route-finder)에 기초하여 균열 영역을 검출함으로써 균열 정보를 획득할 수 있다.

[0054] 도 6은 일 실시예에 따른 콘크리트 균열 정보 측정 장치의 전체 구성을 도시하는 도면이다.

[0055] 일 실시예에 따르면, 콘크리트 균열 정보 측정 장치(600)는 균열을 포함하는 콘크리트 표면에 대한 컬러 영상을 획득하는 컬러 영상 획득부(610), 콘크리트 표면에 대한 깊이 영상을 획득하는 깊이 영상 획득부(620), 컬러 영상과 깊이 영상을 매칭시킴으로써 매칭 정보를 생성하는 매칭 정보 생성부(630), 매칭 정보에 포함된 깊이 영상 정보에 기초하여 컬러 영상의 촬영 각도에 기초하여 생성된 영상 왜곡을 보정하는 영상 왜곡 보정부(640), 보정된 컬러 영상에 기초하여 콘크리트 표면에 대한 균열 정보를 추정하는 균열 정보 추정부(650) 및 영상 정보 및 균열 정보를 저장하는 데이터 베이스(660)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 컬러 영상 획득부(610)는 컬러 영상을 획득하는 컬러 카메라일 수 있고, 깊이 영상 획득부(620)는 깊이 영상을 획득하는 깊이 카메라일 수 있다. 매칭 정보 생성부(630)는 컬러 영상에 포함된 각각의 픽셀에 대하여, 깊이 영상으로부터 각각의 픽셀에 대응하여 획득한 거리 정보를 매칭함으로써 매칭 정보를 생성할 수 있다.

[0056] 일 실시예에 따르면, 영상 왜곡 보정부(640)는 컬러 영상 획득부(610)를 통해 획득한 컬러 영상을 콘크리트 표면에 수직한 방향에서 획득한 형태로 변환할 수 있다. 영상 왜곡 보정부(640)는 매칭 정보에 포함된 깊이 영상 정보에 포함된 거리 정보에 기초하여 컬러 영상에 포함된 픽셀에 대응되는 카메라 좌표계에서의 픽셀의 위치를 계산하고, 계산된 위치에 기초하여 영상 좌표계 상의 컬러 영상 평면에 대응되는 카메라 좌표계에서의 컬러 영상 평면의 법선 벡터를 획득하고, 획득한 법선 벡터 및 카메라 좌표계에서의 픽셀들의 위치에 기초하여 카메라 좌표계에서의 픽셀들에 대한 회전 변환을 수행하고, 회전 변환이 수행된 픽셀들을 영상 좌표계로 변환함으로써 컬러 영상의 왜곡을 보정할 수 있다.

[0057] 일 실시예에 따르면, 균열 정보 추정부(650)는 콘크리트 표면에 포함된 균열의 폭, 길이 면적에 대한 정보 중 적어도 하나를 추정할 수 있고, 컬러 영상에 포함된 색상 정보에 기초하여 균열 정보를 추정할 수 있다. 또한, 균열 정보 추정부(650)는 영상 이진화, 에지 검출, 루트 파인더 중 적어도 하나에 기초하여 균열 정보를 추정할 수 있다.

[0059] 실시예들에서 설명된 구성요소들은 하나 이상의 DSP (digital signal processor), 프로세서, 컨트롤러, ASIC (application specific integrated circuit), FPGA (field programmable gate array)와 같은 프로그래머블 논리 소자, 다른 전자 기기들 및 이것들의 조합 중 하나 이상을 포함하는 하드웨어 구성 요소에 의해 구현될 수 있다. 실시예들에서 설명된 과정들 또는 기능들 중 적어도 일부는 소프트웨어에 의해 구현될 수 있고, 해당 소프트웨어는 기록 매체에 기록될 수 있다. 실시예들에서 설명된 구성요소들, 기능들 및 과정들은 하드웨어와 소프트웨어의 조합에 의해 구현될 수 있다.

[0060] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포

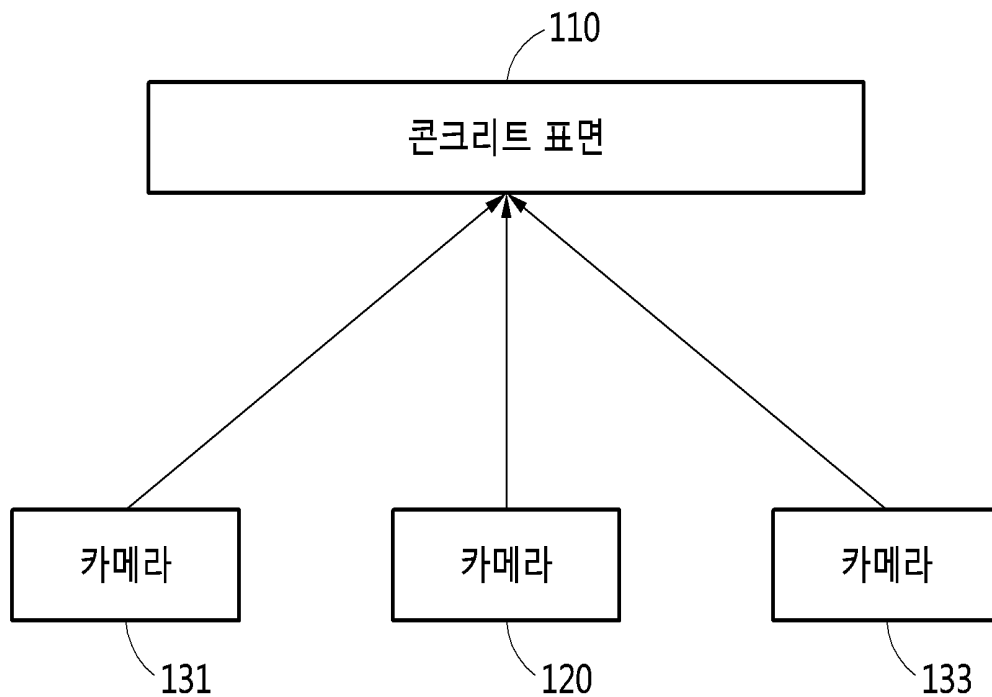
함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0061]

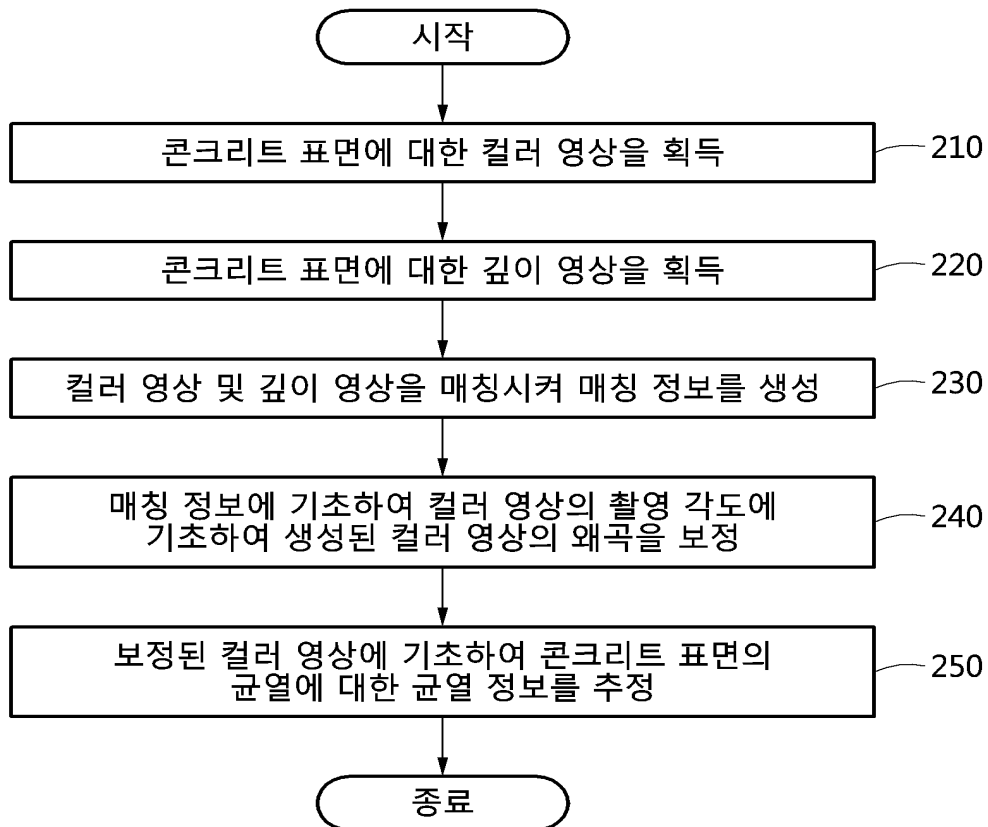
이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

도면

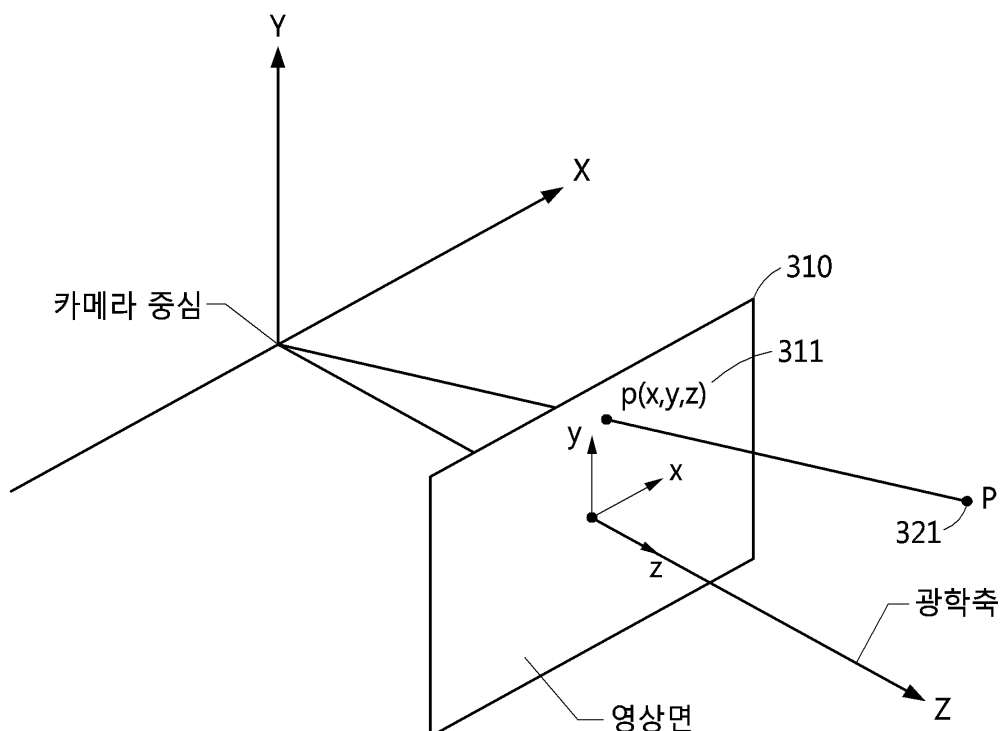
도면1



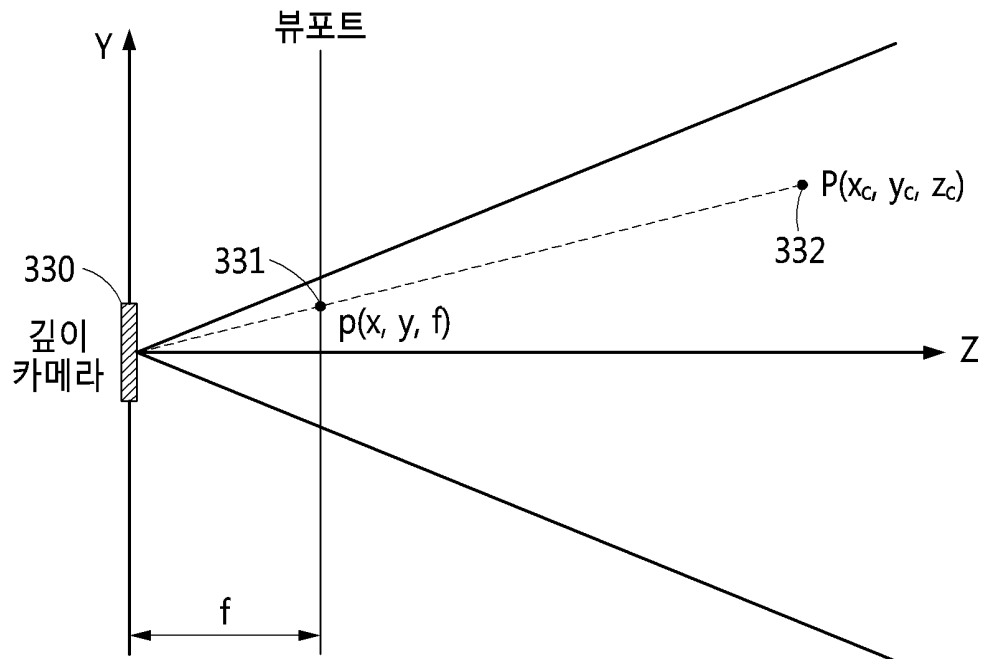
도면2



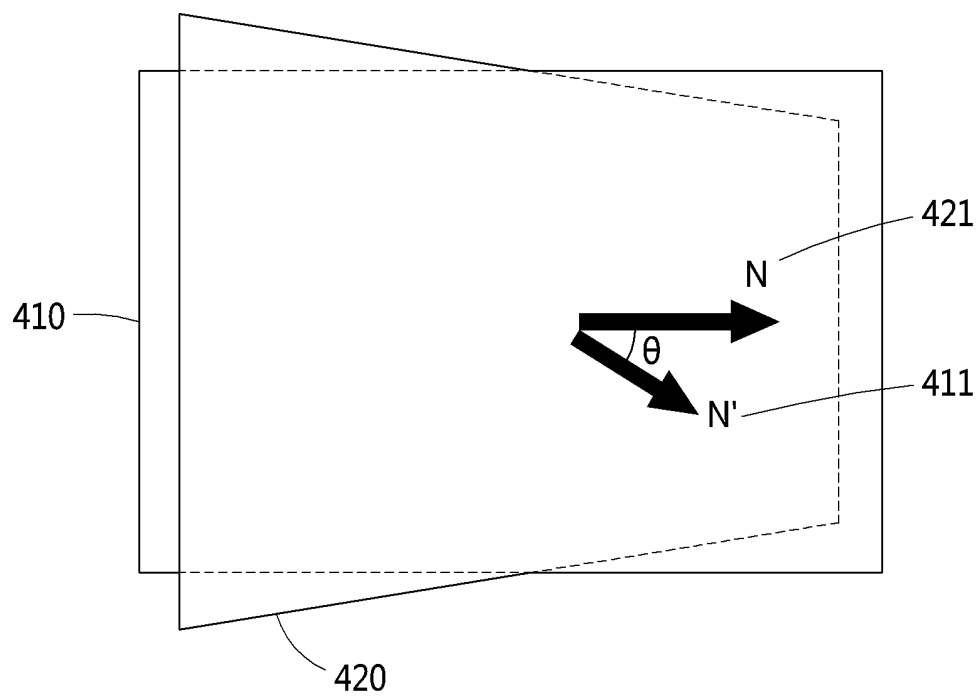
도면3a



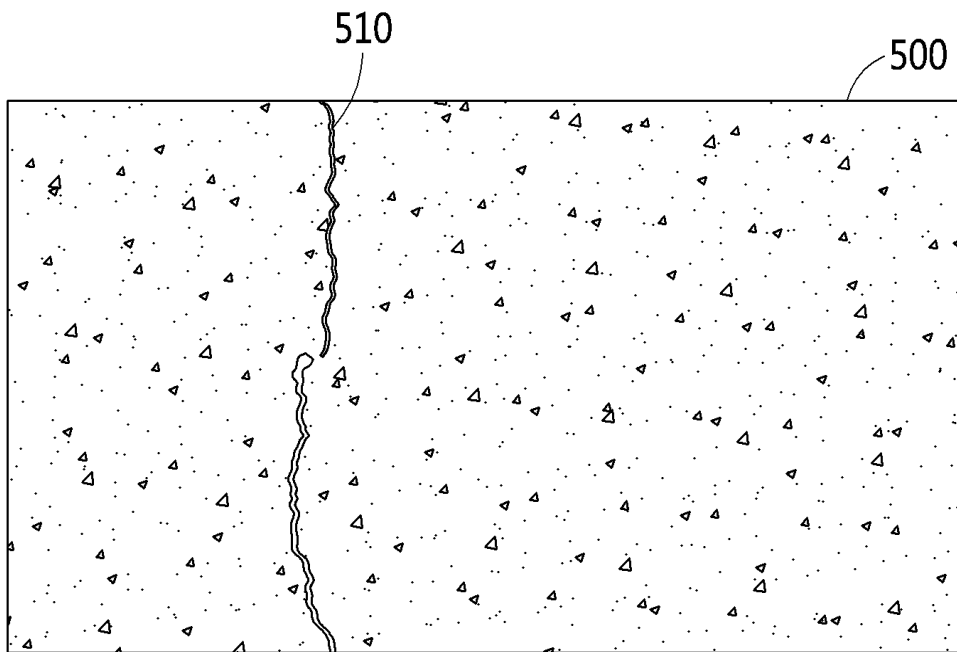
도면3b



도면4



도면5



도면6

