



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0011600
(43) 공개일자 2018년02월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04N 5/33 (2006.01) G01V 9/00 (2006.01)
G06T 17/05 (2011.01)
(52) CPC특허분류
H04N 5/33 (2013.01)
G01V 9/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0094183
(22) 출원일자 2016년07월25일
심사청구일자 2016년07월25일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
임윤목
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관 N406호
김태연
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관 507GH
(74) 대리인
김인철

전체 청구항 수 : 총 13 항

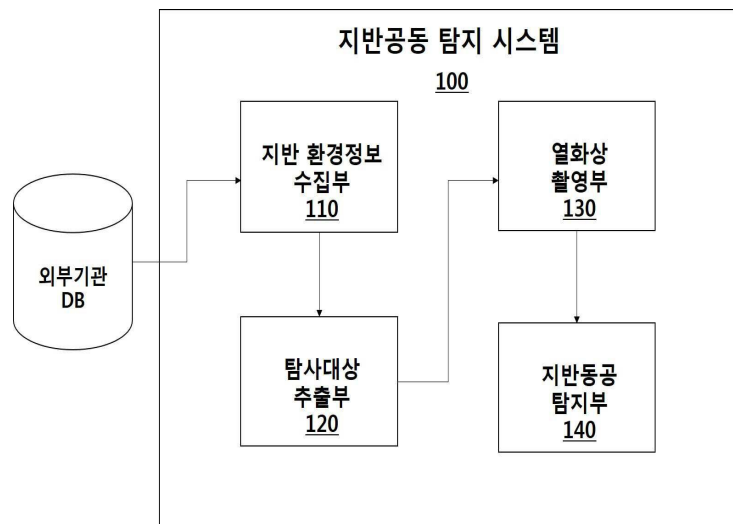
(54) 발명의 명칭 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템 및 탐지방법

(57) 요약

본 발명은 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템 및 탐지방법에 관한 것으로, 관심지역의 지반 환경정보를 수집하는 지반 환경정보 수집부; 수집된 지반 환경정보에서 지반동공 탐사를 위한 미리 설정된 지반동공 탐사 환경 조건 범위 내에 해당되는 탐사지역 및 탐사시간 정보를 포함하는 탐사대상 정보를 추출하는 탐사대상 추출부; 추출된 탐사대상 정보를 바탕으로 탐사지역을 탐사시간에 적외선 열화상 카메라로 촬영하는 열화상 촬영부; 및 촬영된 적외선 영상을 통해 지반동공 정보를 획득하는 지반동공 탐지부를 포함한다.

이와 같은 본 발명은 적외선 열화상 카메라를 이용하여 낮은 비용과 빠르고 효율적인 방법으로 지반동공을 탐지할 수 있고, 최적의 탐사대상 정보를 높은 해상도의 지반동공 정보를 획득하고 그 존재여부를 확인하고 모니터링할 수 있는 지반동공 탐지 시스템 및 탐지방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
G06T 17/05 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

관심지역의 지반 환경정보를 수집하는 지반 환경정보 수집부;

수집된 지반 환경정보에서 지반동공 탐사를 위한 미리 설정된 지반동공 탐사환경 조건 범위 내에 해당되는 탐사 지역 및 탐사시간 정보를 포함하는 탐사대상 정보를 추출하는 탐사대상 추출부;

추출된 탐사대상 정보를 바탕으로 탐사지역을 탐사시간에 적외선 열화상 카메라로 촬영하는 열화상 촬영부; 및 촬영된 적외선 영상을 통해 지반동공 정보를 획득하는 지반동공 탐지부를 포함하는 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 지반 환경정보 수집부는,

유선 또는 무선 통신을 이용하여 외부기관의 데이터베이스로부터 관심 지역의 지반 환경정보를 실시간 또는 주기적으로 수집하는 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 지반 환경정보는,

관심 지역의 태양열 복사 정보, 지온 정보, 토양 정보 및 콘크리트 정보 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 토양 정보 및 콘크리트 정보는,

밀도, 비열 및 전도도 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 지반동공 탐사환경 조건 범위는,

해당 지역의 지면에 흡수된 태양 복사값이 $2W/m^2$ 이상인 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템.

청구항 6

청구항 3에 있어서,

상기 지반동공 탐사환경 조건 범위는,

해당 지역의 지온(ground temperature)이 $10^{\circ}C$ 이상인 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 지반동공 탐지부는,

촬영된 적외선 영상 이미지를 지반동공 정보를 포함하는 3차원 시뮬레이션 영상으로 표시하는 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템.

청구항 8

(a) 지반 환경정보 수집부가 관심 지역의 태양열 복사 정보, 지온 정보, 토양 정보 및 콘크리트 정보 중 적어도 하나를 포함하는 지반 환경정보를 수집하는 단계;

(b) 탐사대상 추출부가 수집된 지반 환경정보에서 지반동공 탐사를 위한 미리 설정된 지반동공 탐사환경 조건 범위 내에 해당되는 탐사지역 및 탐사시간 정보를 포함하는 탐사대상 정보를 추출하는 단계;

(c) 열화상 촬영부 추출된 탐사대상 정보를 바탕으로 탐사지역을 탐사시간에 적외선 열화상 카메라로 촬영하는 단계; 및

(d) 지반동공 탐지부가 촬영된 적외선 영상을 통해 지반동공 정보를 획득하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 (a) 단계는,

지반 환경정보 수집부가 유선 또는 무선 통신을 이용하여 외부기관의 데이터베이스로부터 관심 지역의 지반 환경정보를 실시간 또는 주기적으로 수집하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지방법.

청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 (b) 단계에서,

상기 지반동공 탐사환경 조건 범위는,

해당 지역의 지면에 흡수된 태양 복사값이 $2W/m^2$ 이상인 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지방법.

청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 지반동공 탐사환경 조건 범위는,

해당 지역의 지온(ground temperature)이 $10^{\circ}C$ 이상인 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지방법.

청구항 12

청구항 8에 있어서,

상기 (d) 단계는,

촬영된 적외선 영상 이미지를 지반동공 정보를 포함하는 3차원 시뮬레이션 영상으로 변환하여 표시하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지방법.

청구항 13

하드웨어와 결합되어, 청구항 8의 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 매체에 저장된 컴퓨터프로그램.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 지반동공 탐지 시스템 및 탐지방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 적외선 열화상 카메라를 이용하여 낮은 비용과 빠르고 효율적인 방법으로 지반동공을 탐지할 수 있는 시스템 및 탐지방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 지반동공 또는 싱크홀(sinkhole)이란 지하의 빈 공간이 침하를 일으켜 만들어진 구멍으로 용해형 싱크홀, 침하형 싱크홀, 붕괴형 싱크홀 등으로 구분될 수 있으며, 이 중 우리나라에서는 이슈로 부각되는 것은 붕괴형 싱크홀이다.
- [0003] 붕괴형 싱크홀은 점토층이 두꺼운 곳에서 주로 발생하게 되는데, 지하에 생긴 빈 공간을 점토의 점착력으로 일정기간 버티다가 갑자기 붕괴되며 발생하게 된다.
- [0004] 이러한, 지반동공 또는 싱크홀은 대개 지하수가 암석을 녹이거나 지하수 흐름에 급격한 변화가 일어났을 때 발생하게 된다. 지하수로 인해 암반에 빈 공간이 생기면 상부의 토양과 지하수가 빈 공간을 채우게 되는데 토양에 아치 형태의 동
- [0005] 공이 만들어진 후 붕괴된다. 또한, 싱크홀은 과다한 지하수 이용, 개발사업 추진시 지하수 흐름 교란, 상하수도 관 누수 등에 의해서도 발생하게 된다.
- [0006] 지하수의 과다 이용은 암반층의 지하수를 빠져나가게 해서 암반에 빈 공간을 만들어 싱크홀을 만들고, 개발사업 추진과정이나 개발 이후 지하수를 지표로 유출시키거나 기존의 지하수 흐름이 변할 때 싱크홀이 발생하기도 하며, 개발시 굴착한 면에 되메움 작업이 완벽하게 이루어지지 않을 시에도 발생하게 된다. 마지막으로 상하수도 관의 누수가 있을 경우 점토의 응집력이 약화되어 물과 토양이 침전하면서 싱크홀이 발생하기도 한다.
- [0007] 수도권의 싱크홀 발생원인은 주로 공사승인 및 관리체계 미흡, 상하수도 시설 노후화, 지하수위 저하 등이 복합적으로 작용한 결과이다. 싱크홀 발생 원인인 지하수 흐름 교란을 일으키는 대규모 개발사업 승인시 싱크홀에 대한 고려가 부족했고, 지하매설물인 상하수도 시설의 누수관리가 미흡했을 뿐만 아니라, 매년 낮아지는 지하수 위도 싱크홀을 가속화시키는 주원인이 된다.
- [0008] 이처럼 최근 발생하는 지반동공의 함몰문제는 공학의 문제를 넘어 사회문제로 확산되고 있다. 이 문제는 사회의 안전문제로 인식되면서 지반동공의 감지 기술의 필요성이 대두되고 있다.
- [0009] 종래에 지하에 존재하는 공동의 위치 및 크기 등을 조사하기 위하여 다양한 종류의 시험방법들이 이용되고 있다. 가장 정확한 조사 방법은 시추조사이다. 시추조사는 직접적으로 공동이나 붕괴위험을 조사할 수 있으나 광범위한 대상에 대한 전수조사가 어려울 뿐만 아니라 시추조사로 인하여 붕괴를 야기할 수도 있다는 단점이 있다.
- [0010] 종래에 가장 일반적으로 사용되는 물리탐사는 GPR(Ground Penetrating Radar) 탐사, 탄성과 굴절법, 전기비저항 탐사, 탄성과 토모그래피 탐사, 탄성과 반사법 등이 있다.
- [0011] GPR탐사는 송신안테나로부터 방출된 전자기파가 전자기적 물성이 다른 물체를 만나 반사된 신호를 수신 안테나에서 탐지하고 이를 처리하여 단면도로 작성, 해석하여 조사대상물의 내부 상태를 파악하는 탐사법이다. 전자기파가 대상물 내부를 진행하다가 공동에 다다르면 반사파의 위상이 달라지는데, 이 위상을 해석하여 공동의 위치와 크기를 판단할 수 있다. 그러나, 이러한 장비는 대형이거나 고가로 그 활용도가 한계가 있다는 단점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 특개2005-283383호(공개일자: 2005년10월13일)
- (특허문헌 0002) 대한민국 등록특허공보 제10-1531697호(등록일자: 2015년06월19일)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명에 따른 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템 및 탐지방법은 다음과 같은 해결과제를 가진다.
- [0014] 첫째, 본 발명은 적외선 열화상 카메라를 이용하여 낮은 비용과 빠르고 효율적인 방법으로 지반동공을 탐지할 수 있는 시스템 및 탐지방법을 제공하고자 함이다.
- [0015] 둘째, 본 발명은 최적의 탐사대상 정보를 높은 해상도의 지반동공 정보를 획득하고 그 존재여부를 확인하고 모니터링 할 수 있는 지반동공 탐지 시스템 및 탐지방법을 제공하고자 함이다.
- [0016] 본 발명의 해결과제는 이상에서 언급한 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0017] 상술한 과제를 해결하려는 본 발명의 제1 특징은, 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템으로, 관심지역의 지반 환경정보를 수집하는 지반 환경정보 수집부; 수집된 지반 환경정보에서 지반동공 탐사를 위한 미리 설정된 지반동공 탐사환경 조건 범위 내에 해당되는 탐사지역 및 탐사시간 정보를 포함하는 탐사대상 정보를 추출하는 탐사대상 추출부; 추출된 탐사대상 정보를 바탕으로 탐사지역을 탐사시간에 적외선 열화상 카메라로 촬영하는 열화상 촬영부; 및 촬영된 적외선 영상을 통해 지반동공 정보를 획득하는 지반동공 탐지부를 포함한다.
- [0018] 여기서, 상기 지반 환경정보 수집부는, 유선 또는 무선 통신을 이용하여 외부기관의 데이터베이스로부터 관심지역의 지반 환경정보를 실시간 또는 주기적으로 수집하는 것이 바람직하고, 상기 지반 환경정보는, 관심지역의 태양열 복사 정보, 지온 정보, 토양 정보 및 콘크리트 정보 중 적어도 하나를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0019] 또한, 상기 토양 정보 및 콘크리트 정보는, 밀도, 비열 및 전도도 정보를 포함하는 것이 바람직하고, 상기 지반동공 탐사환경 조건 범위는, 해당 지역의 지면에 흡수된 태양 복사값이 $2W/m^2$ 이상인 것이 바람직하다.
- [0020] 더하여, 상기 지반동공 탐사환경 조건 범위는, 해당 지역의 지온(ground temperature)이 $10^{\circ}C$ 이상인 것이 바람직하고, 상기 지반동공 탐지부는, 촬영된 적외선 영상 이미지를 지반동공 정보를 포함하는 3차원 시뮬레이션 영상으로 표시하는 것이 바람직하다.
- [0022] 본 발명의 제2 특징은, 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지방법으로, (a) 지반 환경정보 수집부가 관심지역의 태양열 복사 정보, 지온 정보, 토양 정보 및 콘크리트 정보 중 적어도 하나를 포함하는 지반 환경정보를 수집하는 단계; (b) 탐사대상 추출부가 수집된 지반 환경정보에서 지반동공 탐사를 위한 미리 설정된 지반동공 탐사환경 조건 범위 내에 해당되는 탐사지역 및 탐사시간 정보를 포함하는 탐사대상 정보를 추출하는 단계; (c) 열화상 촬영부 추출된 탐사대상 정보를 바탕으로 탐사지역을 탐사시간에 적외선 열화상 카메라로 촬영하는 단계; 및 (d) 지반동공 탐지부가 촬영된 적외선 영상을 통해 지반동공 정보를 획득하는 단계를 포함한다.
- [0023] 여기서, 상기 (a) 단계는, 지반 환경정보 수집부가 유선 또는 무선 통신을 이용하여 외부기관의 데이터베이스로부터 관심지역의 지반 환경정보를 실시간 또는 주기적으로 수집하는 단계를 포함하는 것이 바람직하고, 상기 (b) 단계에서, 상기 지반동공 탐사환경 조건 범위는, 해당 지역의 지면에 흡수된 태양 복사값이 $2W/m^2$ 이상인 것이 바람직하다.
- [0024] 또한, 상기 지반동공 탐사환경 조건 범위는, 해당 지역의 지온(ground temperature)이 $10^{\circ}C$ 이상인 것이 바람직하고, 상기 (d) 단계는, 촬영된 적외선 영상 이미지를 지반동공 정보를 포함하는 3차원 시뮬레이션 영상으로 변환하여 표시하는 단계를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0026] 본 발명의 제3 특징은, 하드웨어와 결합되어, 상술한 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 매체에 저장된 컴퓨터프로그램을 그 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명에 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템 및 탐지방법은 다음과 같은 효과를 가진다.
- [0028] 첫째, 본 발명은 적외선 열화상 카메라를 이용하여 최적의 탐사대상 정보를 통해 빠르고 효율적이며 낮은 단가의 탐지비용으로 지반동공의 존재여부를 확인하고 모니터링 할 수 있는 지반동공 탐지 시스템 및 탐지방법을 제공한다.
- [0029] 둘째, 본 발명은 최적 탐사 조건에서 획득한 적외선 영상을 3D 영상으로 변환하여 표시함으로써, 지표면의 두께, 지반동공의 깊이, 넓이 및 온도 정보를 입체적으로 확인할 수 있는 지반동공 탐지 시스템 및 탐지방법을 제공한다.
- [0030] 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템의 블록 구성을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 발명의 실시예에 따른 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지방법의 흐름을 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템에 의해 표시되는 지반동공 정보의 표시예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 본 발명의 추가적인 목적들, 특징들 및 장점들은 다음의 상세한 설명 및 첨부도면으로부터 보다 명료하게 이해될 수 있다.
- [0033] 본 발명의 상세한 설명에 앞서, 본 발명은 다양한 변경을 도모할 수 있고, 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는바, 아래에서 설명되고 도면에 도시된 예시들은 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0034] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0035] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도는 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0036] 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...유닛", "...모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미할 수 있다.
- [0037] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0039] 이하에서 본 발명의 바람직한 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0040] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템(100)의 블록 구성을 나타낸 도면이고, 도 2는 발명의 실시예에 따른 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지방법의 흐름을 나타낸 도면이다.

- [0041] 도 1에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템(100)은, 관심지역의 지반 환경정보를 수집하는 지반 환경정보 수집부(110); 수집된 지반 환경정보에서 지반동공 탐사를 위한 미리 설정된 지반동공 탐사환경 조건 범위 내에 해당되는 탐사지역 및 탐사시간 정보를 포함하는 탐사대상 정보를 추출하는 탐사대상 추출부(120); 추출된 탐사대상 정보를 바탕으로 탐사지역을 탐사시간에 적외선 열화상 카메라로 촬영하는 열화상 촬영부(130); 및 촬영된 적외선 영상 이미지를 통해 지반동공 정보를 획득하는 지반동공 탐지부(140)를 포함하여 구성된다.
- [0042] 그리고, 도 2에 나타난 바와 같이, 본 발명의 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지방식은, (a) 지반 환경정보 수집부(110)가 관심 지역의 태양열 복사 정보, 지온 정보, 토양 정보 및 콘크리트 정보 중 적어도 하나를 포함하는 지반 환경정보를 수집하는 단계; (b) 탐사대상 추출부(120) 수집된 지반 환경정보에서 지반동공 탐사를 위한 미리 설정된 지반동공 탐사환경 조건 범위 내에 해당되는 탐사지역 및 탐사시간 정보를 포함하는 탐사대상 정보를 추출하는 단계; (c) 열화상 촬영부(130) 추출된 탐사대상 정보를 바탕으로 탐사지역을 탐사시간에 적외선 열화상 카메라로 촬영하는 단계; 및 (d) 지반동공 탐지부(140)가 촬영된 적외선 영상 이미지를 통해 지반동공 정보를 획득하는 단계를 포함하여 구성된다.
- [0043] 이처럼, 본 발명의 실시예에서는 관심 지역의 태양열 복사 정보, 지온 정보, 토양 정보 및 콘크리트 정보 등 다양한 지반 환경정보를 수집하여 미리 설정된 최적의 열화상 감지에 의한 지반동공 탐사환경 조건 범위를 설정하고 설정된 조건 범위에 해당하는 최적의 탐사지역 및 탐사시간의 탐사대상 정보를 획득한다. 그리고, 획득한 탐사대상 정보에 따라 최적 탐사시간에 최적 탐사지역을 적외선 열화상 카메라로 촬영하고, 촬영된 영상을 바탕으로 지반동공을 정보를 획득하는 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템(100)을 제공한다.
- [0044] 본 발명의 실시예에서는 지반동공을 탐지하고 확인하기 위해서, 적외선 열화상 카메라를 이용하게 되는데, 이는 지표 또는 지반에서 발생하는 온도가 지반동공이 있는 경우와 없는 경우에 확연한 차이가 나타난다는 점과, 종래의 광물 탐사 등에 사용하는 물리적 탐사와 달리 비접촉식 비파괴 검사라는 장점이 있고, 탐사 시스템 장치의 설치 비용이 저렴하기 때문이다.
- [0045] 일반적으로 대기의 온도, 태양열, 토양의 물질적 특성 등의 주변 환경으로 인하여 지표 또는 지반의 온도를 결정하게 되는데, 지표 부근에서 빈공간을 차지하는 지반동공의 경우에는 인접한 지반의 복사열 및 지온 등에서 확연한 차이를 가지게 된다. 이러한 차이를 가시적으로 정확성을 가지고 확인하여 지반동공의 존재여부를 확인하기 위해서, 본 발명의 실시예에서는 비접촉식 및 비파괴적 적외선 열화상 카메라를 이용하는 것이다.
- [0046] 본 발명의 실시예에 사용되는 비 접촉식 온도계의 한 종류인 적외선 카메라는 기본적으로 렌즈, 필터, 적외선 센서, 신호처리부로 구성되어 있다. 물체에서 복사되는 적외선은 렌즈에 의해 집중되고, 조리개는 렌즈를 통해 입사한 적외선 중 불필요한 가장자리 신호들을 제거한다. 다음으로 적외선 필터에서 원하는 적외선 파장 대역만 통과시켜 적외선 센서로 보내고 이러한 광학적 신호를 적외선 센서에서 전기적인 신호로 변화시킨 뒤 신호처리부에서 전기적인 신호를 온도로 환산하게 된다.
- [0047] 적외선 온도 측정원리는 온도를 환산하는 과정은 대상물체에서 나오는 적외선의 원하는 파장영역의 복사량을 측정하여 흑체의 복사량과 상대비교를 통해 물체의 온도를 추정하는 방법을 이용하고, 이 방법은 이론적으로 플랑크 복사법칙을 이용하여 대상체의 온도를 감지 또는 측정하게 된다.
- [0048] 일반적으로 물체의 열전달 방식은, 주위와 열평형이 깨지게 되면 열은 높은 온도를 가진 물체에서 낮은 온도를 가진 물체 쪽으로 전달되는데 전도(Conduction), 대류(Convection), 복사(Radiation)의 3가지 방식으로 전달된다.
- [0049] 열전달 문제를 해석하기 위해서는 물질의 여러 가지 물성 값이 필요하고, 이 물성 값들을 일반적으로 열 물리적(thermophysical) 물성 값이라고 하고, 전달(transport) 물성 값과 열역학적(thermodynamic) 물성 값의 두 가지 별개의 물성 값을 포함한다. 전달 물성 값은 열전달에 대한 열전도율 k 와 같은 확산을 계수들을 포함한다. 한편, 열역학적 물성 값은 시스템의 평형상태를 정의한다. 보통 체적열용량(volumetric heat capacity)이라고 불리는 밀도(ρ)와 비열(C_p)의 곱은 물질이 열에너지를 저장하는 능력의 정도를 나타낸다.
- [0050] 적외선을 이용해서 비접촉식으로 물체 표면의 온도를 측정할 때 반사, 투과, 방사와 같은 세 가지 에너지 형태가 존재하게 되는데, 이중에서 오직 방사에 의한 에너지만 물체 표면의 온도를 측정하는데 사용된다. 따라서 적외선 측정장치로 온도를 측정하고자 할 때는 반사와 투과에 의한 효과는 제거하고 오직 방사에 의한 에너지로만 측정해야 한다. 일반적으로 투명하지 않은 물체인 경우는 투과에 의한 효과는 거의 없으며 반사에 의한 효과만 오차에서 고려하면 된다.

- [0051] 따라서 본 발명의 실시예에서는 지반동공을 탐지하기 위해 적외선 열화상 카메라를 이용하는 것이므로, 지반에서 방사하는 에너지를 발생하는 열전달 특성이 잘 나타나는 지반동공 탐사환경 조건 범위를 설정하고, 이 조건 범위에 해당하는 탐사지역 및 탐사시간에 따라 적외선 열화상 카메라로 대상지역을 촬영함으로써, 빠르고 효율적으로 지반동공 정보를 획득하여 탐지할 수 있는 탐지 시스템 및 방법을 제공한다.
- [0053] 이하에서 본 발명의 실시예에 따른 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템(100)을 이용한 지반동공의 탐지방법을 각 단계별 프로세스를 도 1 및 도 2를 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0054] (a) 단계는 지반 환경정보를 수집하는 단계로서, 지반 환경정보 수집부(110)가 유선 또는 무선 통신을 이용하여 외부기관의 데이터베이스로부터 관심 지역의 지반 환경정보를 실시간 또는 주기적으로 수집하게 된다.
- [0055] 여기서, 지반 환경정보는 관심 지역의 태양열 복사 정보, 지온 정보, 토양 정보 및 콘크리트 정보 중 적어도 하나를 포함하는 것이 바람직한데, 이는 상술한 바와 같이, 적외선 열화상 카메라를 이용하여 지반에서 발생 또는 방사하는 에너지에 의한 온도 영상을 통해 지반동공을 탐색하는 것이므로, 지반의 열전달 특성을 고려한 환경정보와 지반의 방사 에너지의 원인인 태양열 복사 정보 및 지온(ground temperature) 등의 환경정보가 중요하기 때문이다.
- [0056] 또한, 상기 토양 정보 및 콘크리트 정보는, 밀도, 비열 및 전도도 정보를 포함하는 것이 바람직하다. 이는 열전달 특성이 잘 나타나는 열 물리적 또는 열 화학적 물성 값이기 때문이다.
- [0057] 그리고, 지반 환경정보 수집부(110)는 유/무선 통신장치를 구비하고, 데이터를 저장할 수 있는 데이터베이스를 구비하여, 외부 기관의 각종의 환경정보를 유/무선 통신으로 실시간 또는 주기적으로 수집 가능한 컴퓨팅 장치일 수 있다.
- [0058] (b) 단계는 탐사대상 정보를 추출하는 단계로서, 탐사대상 추출부(120)가 수집된 지반 환경정보에서 지반동공 탐사를 위한 미리 설정된 지반동공 탐사환경 조건 범위 내에 해당되는 탐사지역 및 탐사시간 정보를 포함하는 탐사대상 정보를 추출하는 단계이다.
- [0059] 여기서, 지반동공 탐사환경 조건 범위를 설정하는 것은, 상술한 바와 같이, 적외선 열화상 카메라를 이용하여 지반에서 발생 또는 방사하는 에너지에 의한 온도 영상을 통해 지반동공을 탐지하는 시스템 및 방법을 적용함에 있어서, 적외선 열화상 카메라에 의해 지반동공이 가장 잘 탐지되는 최적 탐사환경 조건 범위를 미리 설정하고, 지반 환경정보 수집부(110)에서 수집된 대량의 지반 환경정보 중에서 이 설정 범위 내에 포함되는 탐사지역 및 탐사시간을 획득하여 측정 또는 탐지하기 위함이다.
- [0060] 본 발명의 실시예에서 적용되는 지반동공 탐사환경 조건 범위에서 핵심적인 조건은 적외선 열화상 측정원리에 비추어 지반의 방사에너지에 기반하는 태양열 복사 및 지온 조건이다. 즉, 태양열 복사량 및 지온이 일정 조건 이상이 되어야 적외선 열화상 카메라에 의해 지반동공이 선명하게 드러날 수 있을 뿐만 아니라, 이를 통해 지반동공이 깊이 및 넓이 등 다양한 정보를 정확하게 획득할 수 있기 때문이다.
- [0061] 이에 본 발명의 실시예에서는 지반동공 탐사환경 조건 범위에서 태양열 복사의 조건은 해당 지역의 지면에 흡수된 태양 복사값이 $2W/m^2$ 이상이고, 해당 지역의 지온(ground temperature)이 $10^\circ C$ 이상인 것이 바람직하다. 이는 지반 환경정보에서 토양, 공기, 콘크리트의 열적 물성값(열전달율, 비열, 밀도, 두께 등) 등의 변화값이 적고 일정한 값을 유지하는 환경정보의 경우 최적 조건을 위한 변수로 사용하는데 한계가 있지만, 시간 및 날씨 등의 기후에 따라 변화기 쉬운 태양열 복사 정보와 공기온도, 풍속 및 지온(ground temperature) 정보 등은 최적 조건을 위한 핵심 변수로 사용할 수 있기 때문이다.
- [0062] 일실시예로 지반동공 탐사환경 조건 범위에서 지면에 흡수된 태양열 복사값의 조건은 $2W/m^2$ 이상에서 지표면이 받는 최대 태양열 복사값이면 가능하고, 지온(ground temperature)의 조건은 $10^\circ C$ 에서 지표 온도 최대 온도값까지 모두 가능하다.
- [0063] 보다 구체적으로, 본 발명의 일실시예로서 다음의 지반동공 탐사환경 조건 범위를 설정할 수 있다.
- [0064] 태양열 복사의 조건의 경우, 해당 지역의 지면에 흡수된 태양 복사값이 $2W/m^2$ 이상이고, 해당 지역의 지온(ground temperature)이 $10^\circ C$ 이상으로 설정할 수 있다.
- [0065] 그리고, 토양(Soil) 조건의 경우, 밀도(density)는 $1700kg/m^3$ 이고, 비열(specific heat)은 $740J/kg^\circ C$ 이고, 전도율(conductivity)은 $0.16J/m^\circ C$ 이고, 공기(Air) 조건의 경우, 밀도(density)는 $1.2kg/m^3$ 이고, 비열(specific

heat)은 $1003\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$ 이고, 전도율(conductivity)은 $0.026\text{J/m}^{\circ}\text{C}$ 이고, 콘크리트(Concrete) 조건의 경우, 밀도(density)는 2240kg/m^3 이고, 비열(specific heat)은 $750\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$ 이고, 전도율(conductivity)은 $1.8\text{J/m}^{\circ}\text{C}$ 이고, 태양복사(Solar Radiation) 조건은 2W/m^2 으로 설정할 수 있다.

[0066] 여기서 공기(Air) 조건은 외부 공기(지표면에서의 열전달과 관련된 지상의 공기 조건으로 풍속 및 공기 온도 등의 해당) 조건이 아니라, 지반동공 내부의 공기 조건으로 해석에 의해 예측되는 조건 변수이다. 이때의 조건은 공기의 밀도, 비열, 열 전도율 등의 물성값이 되고, 지반동공 내부의 공기 온도는 토양, 콘크리트, 지온 등의 의해 결정된다.

[0067] 이와 같이 최적의 지반동공을 측정 또는 탐지할 수 있는 지반동공 탐사환경 조건 범위를 설정하고, 탐사대상 추출부(120)가 수집된 지반 환경정보에서 상기 지반동공 탐사환경 조건 범위에 해당하는 탐사지역 및 탐사시간을 검색하고 추출하게 된다.

[0068] (c) 단계는 적외선 열화상 카메라로 촬영하는 단계로서, (b) 단계에서 추출된 탐사대상 정보로서 탐사지역 및 탐사시간 정보에 따라 적외선 열화상 카메라로 탐사시간에 탐사지역을 촬영하여 열화상 이미지를 획득하는 단계이다.

[0069] 이처럼, 최적의 탐지를 위한 조건 범위내에 해당하는 탐사지역 및 탐사시간을 확보함으로써, 적외선 열화상 카메라를 이동시켜 빠르고 정확하게 촬영함으로써, 탐지 시간 및 효율성을 크게 높일 수 있을 뿐만 아니라, 간단하고 낮은 비용이 장비로 빠르고 정확한 지반동공 존재여부를 확인 및 모니터링 할 수 있게 된다.

[0070] 즉, 최근 자출 발생하는 지반동공에 의한 도로 등의 함몰로 인한 사고를 미연에 예방하기 위해서 싱크홀이 발생할 가능성이 있는 지역을 탐지할 필요가 있는데, 종래의 물리탐사 등의 방법으로는 시간, 비용 및 효율성이 매우 떨어지기 때문에, 적외선 열화상 카메라를 이용하여 최적의 탐사대상 정보를 통해 빠르고 효율이며 낮은 단가의 탐지비용으로 지반동공의 존재여부를 확인하고 모니터링 할 수 있다는 큰 장점이 있다.

[0072] (d) 단계는, 지반동공 정보를 획득하는 단계로서, 지반동공 탐지부(140)가 (c) 단계에서 촬영된 적외선 영상을 통해 지반동공 정보를 획득하는 단계이다. 또한, 이 단계에서는 촬영된 적외선 영상을 지반동공 정보를 포함하는 3차원 시뮬레이션 영상으로 변환하여 표시할 수 있다.

[0073] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지 시스템(100)에 의해 표시되는 지반동공 정보의 표시예이다. 도 3에 나타난 바와 같이, 지반동공 탐지부(140)가 촬영하여 획득한 적외선 영상을 3차원 시뮬레이션 알고리즘 또는 모델을 통해 3D 영상으로 변환하여 표시함으로써, 지표면의 두께, 지반동공의 깊이, 넓이 및 온도 정보를 입체적으로 확인할 수 있게 된다.

[0075] 그리고, 본 발명의 또 다른 실시예로서, 하드웨어와 결합되어 상술한 적외선 열화상 카메라를 이용한 지반동공 탐지방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 매체에 저장된 컴퓨터프로그램일 수 있다.

[0076] 즉, 본 발명의 실시예에 따른 장치로서, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽힐 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 기록매체의 예로는 ROM, RAM, 광학 디스크, 자기 테이프, 플로피 디스크, 하드 디스크, 비휘발성 메모리 등을 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

[0078] 본 명세서에서 설명되는 실시 예와 첨부된 도면은 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 예시적으로 설명하는 것에 불과하다. 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이므로, 이러한 실시 예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아님은 자명하다. 본 발명의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형 예와 구체적인 실시 예는 모두 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0079] 100: 지반동공 탐지 시스템 110: 지반 환경정보 수집부

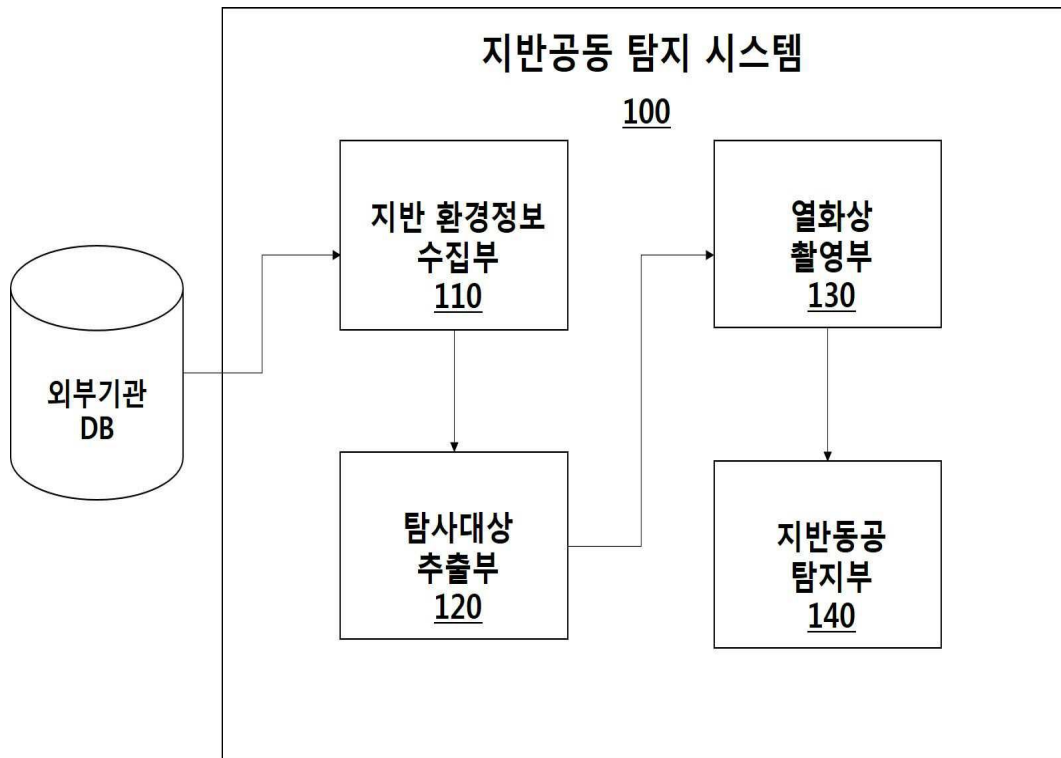
120: 탐사대상 추출부

130: 열화상 촬영부

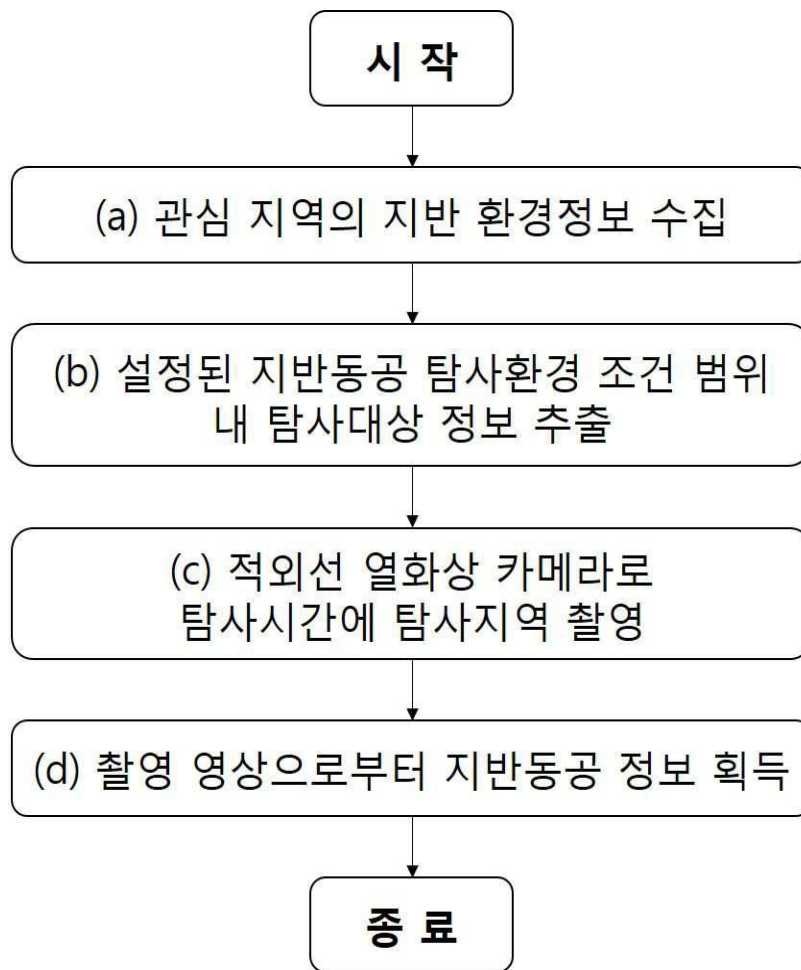
140: 지반동공 탐지부

도면

도면1



도면2



도면3

