(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0116441
(43) 공개일자 2009년11월11일

(51) Int. Cl.
G01N 22/02 (2006.01) *G01N 25/72* (2006.01)
G01N 21/35 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0042380
(22) 출원일자 2008년05월07일
심사청구일자 2008년05월07일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
지광습
서울특별시 중랑구 묵동 브라운스톤 태릉아파트 105동 1705호
(74) 대리인
송세근

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한콘크리트 비파괴 검사시스템 및 검사방법

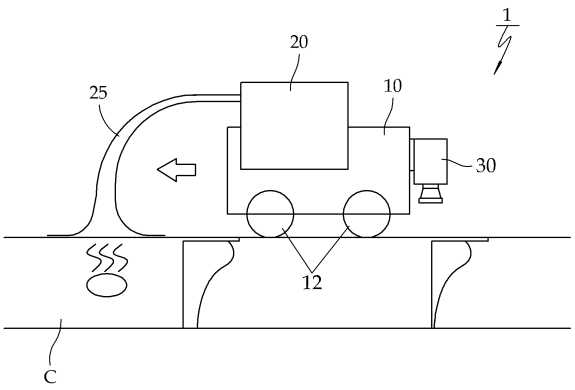
(57) 요 약

본 발명은 마이크로웨이브를 대상물에 투과하여 열을 가한 후, 열 화상 카메라로 적외선 촬영을 실시하여 보다 정밀하게 대상물 표면의 균열에 대한 열 화상 정보를 얻는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템 및 검사방법에 관한 것이다.

본 발명은, 이동가능한 일정 크기의 대차; 상기 대차의 일측에 장착되고, 전원공급에 의해서 마이크로웨이브를 발생시키는 마이크로웨이브 발생기; 상기 마이크로웨이브 발생기의 전방에 연결되고, 내부에는 마이크로웨이브가 안내되는 공간을 형성하며 마이크로웨이브를 콘크리트 구조물의 표면으로 향하도록 하는 도파 관(導波管); 및 상기 대차의 타측에 장착되고, 상기 콘크리트 구조물로부터 발생되는 적외선 량을 측정하는 열 화상 카메라;를 포함하고, 콘크리트 구조물에 마이크로웨이브를 가하여 가열한 후, 적외선 량을 측정하여 결함을 측정하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템 및 검사방법을 제공한다.

본 발명에 따른 콘크리트 비파괴 검사시스템 및 검사방법에 의하면 공기 중에 습기가 많거나, 일교차가 크지 않거나, 바람이 많이 부는 장소나 기후 등의 적외선 열 화상 촬영법의 신뢰도를 심각하게 떨어뜨리는 열악한 외부 환경여건 속에서도 마이크로웨이브를 이용하여 콘크리트 구조물을 가열하고 적외선 열 화상을 촬영할 수 있음으로써 구조물 표면의 균열과 공동과 같은 결함을 보다 정확히 파악할 수 있는 효과가 얻어진다. 뿐만 아니라 마이크로웨이브 발생기를 통하여 열을 빠른 시간에 가한 후에, 발생하는 온도차를 바로 촬영할 수 있고, 곧바로 열 화상을 통하여 콘크리트 구조물의 균열이나 중공 부위를 확인할 수 있으므로, 구조물의 결함 검사 시간을 크게 단축하고, 정밀한 검사를 가능하게 한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	05첨단융합B01
부처명	국토해양부
연구사업명	건설기술혁신사업
연구과제명	레이더와 열화상 카메라를 이용한 콘크리트 비파괴시스템개발
주관기관	한국산업기술대학교 산학협력단
연구기간	2005년 12월 30일~2008년 12월 29일

특허청구의 범위

청구항 1

콘크리트 구조물에 열을 가하고 적외선 량을 측정하여 결함을 측정하기 위한 장치에 있어서,

이동가능한 일정 크기의 대차;

상기 대차의 일측에 장착되고, 전원공급에 의해서 마이크로웨이브를 발생시키는 마이크로웨이브 발생기;

상기 마이크로웨이브 발생기의 전방에 연결되고, 내부에는 마이크로웨이브가 안내되는 공간을 형성하며 마이크로웨이브를 콘크리트 구조물의 표면으로 향하도록 하는 도파 관; 및

상기 대차의 타측에 장착되고, 상기 콘크리트 구조물로부터 발생되는 적외선 량을 측정하는 열 화상 카메라;를 포함하고, 콘크리트 구조물에 마이크로웨이브를 가하여 가열한 후, 적외선 량을 측정하여 결함을 측정하는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 도파 관은 금속재 중공튜브형상으로 이루어지고, 마이크로웨이브 발생기에 연결되는 단면 크기보다 콘크리트 구조물에 부착되는 끝단의 단면 크기가 큰 확대 구조를 형성하는 것임을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 대차는 그 하부에 다수의 휠을 구비하여 이동가능한 것임을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 대차는 회전 및 신축가능한 로봇 암을 구비하여 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 장착한 것임을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템.

청구항 5

콘크리트 구조물에 열을 가하고 적외선 량을 측정하여 결함을 측정하기 위한 방법에 있어서,

콘크리트 구조물에 마이크로웨이브 발생기의 도파 관을 밀착시키는 단계;

상기 콘크리트 구조물에 마이크로웨이브 발생기를 통하여 마이크로웨이브를 인가하여 가열시키는 단계;

상기 가열된 콘크리트 구조물로부터 발생되는 적외선 량을 열 화상 카메라로 측정하여 열 화상을 형성하는 단계; 및

상기 판독된 열 화상을 이용하여 콘크리트 구조물의 결함을 판정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 마이크로웨이브 발생기는 700W 내지 1KW의 용량으로 2450MHz의 마이크로웨이브를 콘크리트 구조물에 인가시키는 것임을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 열 화상 카메라는 순간 시야각(IFOV)이 1.3mrad이고, 스펙트럼 범위 7.5 내지 13㎛ 및 이미지 주파수 50 내지 60Hz를 측정하는 것임을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 열 화상 카메라는 -40℃ 내지 500℃의 범위에서 0.08℃의 민감도로 열 화상을 측정하는 것임을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 구조물 표면의 균열을 찾기 위해 실시하는 비파괴 검사시스템 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세히는 열 화상 카메라로 검사 대상물을 촬영하기 전에 열 화상 카메라 앞에 설치한 마이크로웨이브 발생기로 먼저 마이크로웨이브를 대상물에 투과하여 열을 가한 후, 열 화상 카메라로 적외선 촬영을 실시하여 보다 정밀하게 대상물 표면의 균열에 대한 열 화상 정보를 얻도록 된 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템 및 검사방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 일반적으로 일반 아스팔트 도로나 콘크리트로 이루어진 벽면 또는 타일과 같이 널리 쓰이는 건축 재료에 대한 균열이나 박리 또는 내부 공극과 같은 결함을 빠르고 정밀하게 검사할 수 있는 기술로서 비파괴 검사법이 제시되어 있다.

<3> 통상적인 건축 구조물은 하중의 작용이나 오랜 시간의 경과에 따른 재하 환경의 변화, 외부 기후 조건의 변화 등에 따라 표면에 균열이 발생하고, 공동부위가 발생하게 되며, 이는 구조물의 추가 균열과 결함에 크게 영향을 미친다.

<4> 이에 따라서 구조물 설치 후 검사결과의 신속성, 적용범위의 확대, 경제성 등의 장점을 가지는 비파괴 검사를 실시하여 구조물의 결함을 파악하는데, 그 중 열 화상 카메라를 사용하여 구조물의 표면의 균열이나 공동을 찾는 방법을 적외선 열 화상 촬영법이라고 한다.

<5> 이와 같은 종래의 적외선 열 화상 촬영법은 물체가 방출하는 적외선을 열 화상 카메라로 촬영하는데, 물체 표면에서 방출되는 적외선 량을 측정함으로써 그 물체의 표면온도를 알 수 있게 해준다. 이때 물체 표면에 균열이나 공동이 있으면 물체 표면의 온도 장이 교란을 받게 되고, 균열이나 공동부위는 주변의 다른 부위와는 다른 온도를 나타내게 되며, 이것을 열 화상으로 쉽게 확인할 수 있다.

<6> 상기와 같은 원리로 현재 사용되고 있는 적외선 열 화상 촬영법은, 구조물 표면의 균열이나 공동부위에서 방출되는 적외선이 그 주변에서 방출되는 적외선 량과 차이가 많이 나면 날수록, 보다 명확한 온도차의 열 화상을 얻는다는 점에서 측정시 대기중의 수증기 량, 바람, 일교차 등의 외부 환경조건에 크게 영향을 받으며, 이는 검사에 대한 신뢰성을 떨어뜨리게 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<7> 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해소하기 위한 것으로서, 그 목적은 적외선 열 화상 촬영시 외부 환경조건의 영향을 최대한 배제하여, 균열이나 공동부위에서 방출되는 적외선 량이 주변의 다른 적외선 량과 확연히 차이가 나도록 하여 구조물 표면의 균열과 공동과 같은 결함을 보다 정확히 파악할 수 있는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템 및 검사방법을 제공하는 데 있다.

<8> 또한 본 발명의 다른 목적은 구조물에 열을 인가하는 경우, 구조물의 손상을 초래하지 않으면서 쉽게 열을 가할 수 있음으로써 비파괴 검사작업을 쉽게 이룰 수 있도록 개선된 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템 및 검사방법을 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

<9> 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 콘크리트 구조물에 열을 가하고 적외선 량을 측정하여 결함을 측정하기 위한 장치에 있어서,

<10> 이동가능한 일정 크기의 대차;

<11> 상기 대차의 일측에 장착되고, 전원공급에 의해서 마이크로웨이브를 발생시키는 마이크로웨이브 발생기;

<12> 상기 마이크로웨이브 발생기의 전방에 연결되고, 내부에는 마이크로웨이브가 안내되는 공간을 형성하며 마이크로웨이브를 콘크리트 구조물의 표면으로 향하도록 하는 도파 관(導波管); 및

<13> 상기 대차의 타측에 장착되고, 상기 콘크리트 구조물로부터 발생되는 적외선 량을 측정하는 열 화상 카메라;를 포함하고, 콘크리트 구조물에 마이크로웨이브를 가하여 가열한 후, 적외선 량을 측정하여 결함을 측정하는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템을 제공한다.

<14> 또한 본 발명은 바람직하게는 상기 도파 관은 금속재 중공튜브형상으로 이루어지고, 마이크로웨이브 발생기에 연결되는 단면 크기보다 콘크리트 구조물에 부착되는 끝단의 단면 크기가 큰 확대 구조를 형성하는 것임을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템을 제공한다.

<15> 그리고 본 발명은 바람직하게는 상기 대차는 그 하부에 다수의 휠을 구비하여 이동가능한 것임을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템을 제공한다.

<16> 또한 본 발명은 바람직하게는 상기 대차는 회전 및 신축가능한 로봇 암을 구비하여 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 장착한 것임을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템을 제공한다.

<17> 그리고 본 발명은 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 콘크리트 구조물에 열을 가하고 적외선 량을 측정하여 결함을 측정하기 위한 방법에 있어서,

<18> 콘크리트 구조물에 마이크로웨이브 발생기의 도파 관을 밀착시키는 단계;

<19> 상기 콘크리트 구조물에 마이크로웨이브 발생기를 통하여 마이크로웨이브를 인가하여 가열시키는 단계;

<20> 상기 가열된 콘크리트 구조물로부터 발생되는 적외선 량을 열 화상 카메라로 측정하여 열 화상을 형성하는 단계; 및

<21> 상기 판독된 열 화상을 이용하여 콘크리트 구조물의 결함을 판정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사방법을 제공한다.

<22> 그리고 본 발명은 바람직하게는 상기 마이크로웨이브 발생기는 700W 내지 1KW의 용량으로 2450MHz의 마이크로웨이브를 콘크리트 구조물에 인가시키는 것임을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사방법을 제공한다.

<23> 또한 본 발명은 바람직하게는 상기 열 화상 카메라는 순간 시야각(IFOV)이 1.3mrad이고, 스펙트럼 범위 7.5 내지 13㎛ 및 이미지 주파수 50 내지 60Hz를 측정하는 것임을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사방법을 제공한다.

<24> 그리고 본 발명은 바람직하게는 상기 열 화상 카메라는 -40℃ 내지 500℃의 범위에서 0.08℃의 민감도로 열 화상을 측정하는 것임을 특징으로 하는 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사방법을 제공한다.

효 과

<25> 본 발명에 따른 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템 및 검사방법에 의하면 공기 중에 습기가 많거나, 일교차가 크지 않거나, 바람이 많이 부는 장소나 기후 등의 적외선 열 화상 촬영법의 신뢰도를 심각하게 떨어뜨리는 열악한 외부 환경여건 속에서도 마이크로웨이브를 이용하여 콘크리트 구조물을 가열하고 적외선 열 화상을 촬영할 수 있음으로써 구조물 표면의 균열과 공동과 같은 결함을 보다 정확히 파악할 수 있는 효과가 얻어진다.

<26> 또한 본 발명에 의하면 마이크로웨이브 발생기를 통하여 열을 빠른 시간에 가한 후에, 발생하는 온도차를 바로 촬영할 수 있고, 곧바로 열 화상을 통하여 콘크리트 구조물의 균열이나 중공 부위를 확인할 수 있으므로, 구조물의 결함 검사 시간을 크게 단축하고, 정밀한 검사를 가능하게 하는 효과가 얻어진다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<27> 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 도면을 참조하여 보다 상세히 설명하기로 한다.

<28> 도 1은 본 발명에 따른 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템(1)이 수평으로 놓인 일반적인 콘크리트 구조물(C)을 검사하는 상태를 도시한 것으로서, 대차(10) 상에 마이크로웨이브 발생기(20)와 열 화상 카메라(30)를 장착한 구조를 도시하고 있다.

<29> 도 2는 본 발명에 따른 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템(1)이 터널(40)의 콘크리트 구조물(C)에 사용되는 구조를 도시한 것으로서, 옆면으로 반원을 그리며 터널(40)을 검측할 수 있는 로봇 암(45)의 끝단에 마이크로웨이브 발생기(20)와 열 화상 카메라(30)를 장착하여 마이크로웨이브 발생기(20)로 터널(40)의 콘크리트 구조물(C) 벽면을 가열 후, 열 화상 카메라(30)로 촬영하여 검사하는 구조를 도시한 것이다.

<30> 본 발명에 따른 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템(1)은 마이크로웨이브 발생기(20)를 사용하여 검사하고자하는 대상 물체를 빠르게 가열한 후, 열 화상 카메라(30)로 촬영하여 균열이나 박리 또는 내부 공극과 같은 결함과 정상 부위에서 발생되는 상이한 적외선 방출을 검사하고, 이러한 상이한 적외선 방출 정보로부터 결함을 검출하는 장치이다.

<31> 본 발명에 따른 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템(1)은 도 1에 도시된 바와 같이, 이동가능한 일정 크기의 대차(10)를 갖는데, 상기 대차(10)는 그 하부에 다수의 휠(12)을 구비하여 이동가능한 구조이다. 또는 다르게는 상기 대차(10)는 이동식 차량으로 이루어질 수 있다.

<32> 그리고 본 발명은 상기 대차(10)의 일측에 장착되고, 전원공급에 의해서 마이크로웨이브를 발생시키는 마이크로웨이브 발생기(20)를 구비한다.

<33> 상기 마이크로웨이브 발생기(20)는 내부에 마그네트론 발진기(미 도시)를 내장하여 전원 공급에 의해서 마이크로웨이브를 생성한다. 이와 같은 마이크로웨이브는 물질의 내부에 침투하여 열로 변화되며, 급속 가열이 가능하고, 열 손실이 적고, 가해진 전원의 대략 90%가 열로 변환된다. 상기와 같은 마이크로웨이브 발생기(20)는 예를 들면 429×430×229㎜(가로×세로×높이)의 크기를 갖고, 700W 내지 1KW의 용량으로 2450MHz의 마이크로웨이브를 발생시키는 것일 수 있다.

<34> 그리고 본 발명은 상기 마이크로웨이브 발생기(20)의 전방에 연결되는 도파 관(導波管)(25)을 구비하는데, 상기 도파 관(25)은 그 내부에 마이크로웨이브가 안내되는 공간을 형성하며 마이크로웨이브를 콘크리트 구조물(C)의 표면으로 향하도록 한다.

<35> 상기 도파 관(25)은 금속 재료의 중공튜브형상으로 이루어진 것으로서, 내부에서 마이크로웨이브를 반사하여 마이크로웨이브 발생기(20)로부터 도파 관(25)의 끝단으로 향하도록 유도하고, 마이크로웨이브 발생기(20)에 연결되는 단면크기보다 콘크리트 구조물(C)에 부착되는 끝단의 단면크기가 큰 확대 구조를 형성한다. 따라서 도파 관(25)의 끝단이 접촉하는 콘크리트 구조물(C)은 해당 부분이 가열된다.

<36> 그리고 본 발명은 상기 대차(10) 상에 콘크리트 구조물(C)로부터 발생되는 적외선 량을 측정하는 열 화상 카메라(30)를 장착하고 있다. 상기 열 화상 카메라(30)는 비접촉식으로 콘크리트 구조물(C)의 온도분포를 화상으로 보여주는 장비로서 적외선 파장 에너지와 온도와의 비례관계인 스테판 볼츠만(Steffam Boltzman)법칙, 즉 $W= \delta T^4$ 의 원리를 이용하여 적외선 파장에너지를 전기신호로 전환하고, 영상분석기(미 도시)를 통하여 열상을 보여준다. 이와 같은 경우, 콘크리트 구조물(C)로부터 발생된 적외선은 대기(大氣) 중에서 전혀 간섭을 받지 않고 통과하기 때문에 거리에 관계없이 동일한 온도를 나타낼 수 있다.

<37> 상기와 같은 열 화상 카메라(30)는 예를 들면 240×120×120㎜(가로×세로×높이)의 크기를 갖고, -40℃ 내지 500℃의 범위에서 0.08℃의 민감도로 열 화상을 측정하는 것일 수 있다. 또한 상기 열 화상 카메라(30)는 예를 들면 순간 시야각(IFOV)이 1.3mrad이고, 스펙트럼 범위 7.5 내지 13㎛ 및 이미지 주파수 50 내지 60Hz를 측정하는 것일 수 있다.

<38> 또한 본 발명은 상기 대차(10)가 회전 및 신축가능한 로봇 암(45)을 구비하여 마이크로웨이브 발생기(20)와 열 화상 카메라(30)를 장착한 구조일 수 있다. 이와 같은 구조는 도 2에 도시된 바와 같은 터널(40)에서 효과적으로 사용가능한 구조이다.

<39> 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템(1)은 마이크로웨이브로 먼저 콘크리트 구조물에 열을 가하여 구조물 표면의 온도를 높인 후, 마이크로웨이브를 제거하면, 구조물 표면에서 많은 양의 적외선이 방출되고, 이때 균열이나 중공부위의 주변의 다른 부위와

는 다른 뚜렷한 온도 차이를 열 화상 카메라(30)로 촬영하여 확인할 수 있다.

<40> 도 3에는 본 발명에 따른 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사방법(100)이 단계적으로 도시되어 있다. 본 발명은 먼저 콘크리트 구조물(C)에 마이크로웨이브 발생기(20)의 도파 관(25)을 밀착시키는 단계(110)를 포함한다.

<41> 만일 측정하고자 하는 콘크리트 구조물(C)이 도 1에 도시된 바와 같이, 수평으로 위치된 경우라면, 대차(10)를 측정할 콘크리트 구조물(C)로 이동시킨 다음, 도파 관(25)을 콘크리트 구조물(C)의 상부 면에 밀착시킨다.

<42> 만일, 도 2에 도시된 바와 같이, 측정하고자 하는 콘크리트 구조물(C)이 터널(40)형의 구조물이라면, 대차(10)에 마련된 로봇 암(45)을 이용하여 마이크로웨이브 발생기(20)와 도파 관(25)을 상부로 들어올려서 검사 부분에 도파 관(25)을 밀착시킨다.

<43> 다음으로 본 발명은 상기 콘크리트 구조물(C)에 마이크로웨이브 발생기(20)를 통하여 마이크로웨이브를 인가하여 가열시키는 단계(112)가 이루어진다.

<44> 이와 같은 경우, 상기 마이크로웨이브 발생기(20)는 전원 인가에 따라서 예를 들면 800W 전력으로 2450MHz의 마이크로웨이브를 발생시킨다.

<45> 따라서 마이크로웨이브는 도파 관(25)을 통하여 콘크리트 구조물(C)로 전달되어 도파 관(25)의 접촉 부분을 가열시킨다. 그리고 가열작동이 완료되면 도파 관(25)은 가열 부분으로부터 이동하고, 그 다음 상기 가열된 콘크리트 구조물(C)로부터 발생되는 적외선 량을 열 화상 카메라(30)로 측정하여 열 화상을 형성하는 단계(114)가 이루어진다.

<46> 이와 같은 열 화상 측정 단계(114)에서 열 화상 카메라(30)는 예를 들면 순간 시야각(IFOV)이 1.3mrad이고, 가열된 콘크리트 구조물(C)의 스펙트럼 범위 7.5 내지 13㎛ 및 이미지 주파수 50 내지 60Hz를 측정하며, -40℃ 내지 500℃의 범위에서 0.08℃의 민감도로 열 화상을 측정하게 된다.

<47> 다음으로 본 발명은 상기 판독된 열 화상을 이용하여 콘크리트 구조물(C)의 결함을 판정하는 단계(116)가 이루어진다. 이와 같은 결함 판정 단계(116)에서는 콘크리트 구조물(C)에 균열이나 공동이 있으면 해당 부분의 온도장이 교란을 받게 되고, 균열이나 공동부위는 주변의 정상적인 다른 부위와는 다른 온도를 나타내게 되며, 이것을 열 화상으로 확인하여 결함 여부를 판정하는 것이다.

<48> 이하에서는 본 발명의 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템(1) 및 검사방법(100)을 이용하여 일련의 실험을 실시하고, 그 결과를 통하여 본 발명의 효과를 실증하였다.

<49> 먼저, 도 4a)에 도시된 바와 같이, 지름(d) 20㎝에 높이(h) 6㎝인 결함이 없는 기준 공시체(150)와, 지름(d) 20㎝에 높이(h) 6㎝를 갖고, 상부면으로부터 1㎝ 지점(h1)에 2㎝ 내경(d1)과 1㎝ 깊이(h2)의 공극(162)을 갖는 비교 공시체(160)를 준비하였다.

<50> 그리고 각각의 기준 공시체(150)와 비교 공시체(160) 들을 429×430×229㎜(가로×깊이×높이)의 내부 공간을 갖는 마이크로웨이브 발생기(20)에 넣어 주파수 2450㎒에 800W로 5분 동안 가열하였다. 그리고 기준 공시체(150) 표면과 비교 공시체(160) 표면으로부터 각각 30㎝ 떨어진 위치에서 도 5에 도시된 바와 같이, 열 화상 카메라(30)를 이용하여 온도 변화를 측정하였다.

<51> 도 6a)는 공극(162)이 없는 기준 공시체(150)에 대한 표면온도를 도시한 사진이고, 도 6b)는 공극(162)이 위치한 비교 공시체(160)의 표면온도를 도시한 사진이다. 도 6b)에서 알 수 있는 바와 같이, 공극(162)이 있는 비교 공시체(160)의 중앙부 온도가 주변 온도에 비해 낮게 나타났음을 알 수 있었다.

<52> 도 7은 공극(162)이 존재하는 비교 공시체(160)에 대한 부위별 온도변화를 도시한 그래프도이다. 도 7의 그래프는 도 6b)에서 도시된 바와 같은 온도 측정 선을 따라서 온도를 각각 측정하고 그 결과를 그래프화 한 것이다. 그래프 상에서 알 수 있는 바와 같이, 공극(162)이 있는 비교 공시체(160)는 그 중앙부 온도가 주변 온도에 비해 현저하게 낮게 나타났음을 알 수 있었다.

<53> 상기와 같이 본 발명에 따른 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템(1) 및 검사방법(100)에 의하면, 우천 시나, 공기 중에 습기가 많거나, 일교차가 크지 않거나, 바람이 많이 부는 장소나 기후 등의 적외선 열 화상 촬영법의 신뢰도를 심각하게 떨어뜨리는 열악한 외부 환경여건 속에서도 콘크리트 구조물(C)의 표면 균열에 대한 열 화상 정보를 정확하게 얻을 수 있다.

<54> 이와 같은 검사과정에서 마이크로웨이브를 이용하여 콘크리트 구조물(C)을 가열하고, 적외선 열 화상을 촬영할 수 있음으로써 구조물 표면의 균열과 공동과 같은 결함을 보다 정확히 파악할 수 있다.

<55> 또한 본 발명에 의하면 마이크로웨이브 발생기(20)를 통하여 열을 빠른 시간에 가한 후에, 그에 따라 발생하는 온도차를 바로 촬영할 수 있고, 곧바로 열 화상을 통하여 콘크리트 구조물(C)의 균열이나 중공 부위를 확인할 수 있으므로, 구조물의 결함 검사 시간을 크게 단축하고, 정밀한 검사가 가능하게 하는 효과를 얻을 수 있다.

<56> 본 발명은 상기에서 도면을 참조하여 특정 실시 예에 관련하여 상세히 설명하였지만 본 발명은 이와 같은 특정 구조에 한정되는 것은 아니다. 당 업계의 통상의 지식을 가진 자라면 이하의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술 사상 및 권리범위를 벗어나지 않고서도 본 발명의 실시 예를 다양하게 수정 또는 변경시킬 수 있을 것이다. 그렇지만 그와 같은 단순한 실시 예의 수정 또는 설계변형 구조들은 모두 명백하게 본 발명의 권리범위 내에 속하게 됨을 미리 밝혀 두고자 한다.

도면의 간단한 설명

<57> 도 1은 본 발명에 따른 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템의 기본 구조도로서, 수평으로 놓인 콘크리트 구조물의 결함을 측정하는 설명도;

<58> 도 2는 본 발명에 따른 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템이 터널의 콘크리트 구조물 결함을 측정하는 설명도;

<59> 도 3은 본 발명에 따른 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사방법을 단계적으로 도시한 공정 순서도;

<60> 도 4는 본 발명의 효과를 입증하기 위한 일련의 실험에서 사용된 공시체 도면으로서, a)도는 공극이 없는 기준 공시체, b)도는 공극이 내부에 형성된 비교 공시체;

<61> 도 5는 본 발명에 따른 마이크로웨이브 발생기와 열 화상 카메라를 조합한 콘크리트 비파괴 검사시스템에 구비된 열 화상 카메라가 공시체를 적외선 촬영하는 상태를 도시한 사진;

<62> 도 6은 본 발명의 효과를 입증하기 위한 일련의 실험에서 측정된 공시체의 표면 온도 측정사진으로서, a)도는 공극이 없는 기준 공시체 사진, b)도는 공극이 내부에 형성된 비교 공시체 사진;

<63> 도 7은 본 발명의 효과를 입증하기 위한 일련의 실험에서 얻어진 비교 공시체의 표면 온도를 도시한 그래프 도로서, 중앙의 공극 부분은 온도가 낮게 얻어진 상태를 도시한 그래프 도이다.

<64> < 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 >

<65> 1..... 본 발명에 따른 콘크리트 비파괴 검사시스템

<66> 10.... 대차 12..... 휠

<67> 20..... 마이크로웨이브 발생기 25.... 도파 관

<68> 30.... 열 화상 카메라 40.... 터널

<69> 45.... 로봇 암

<70> 100... 본 발명에 따른 콘크리트 비파괴 검사방법

<71> 110... 콘크리트 구조물에 마이크로웨이브 발생기의 도파 관을 밀착시키는 단계

<72> 112... 콘크리트 구조물을 마이크로웨이브로 가열시키는 단계

<73> 114... 적외선 량을 측정하여 열 화상을 형성하는 단계

<74> 116... 콘크리트 구조물의 결함을 판정하는 단계

<75> 150... 기준 공시체 160.... 비교 공시체

<76> 162... 공극 C..... 콘크리트 구조물

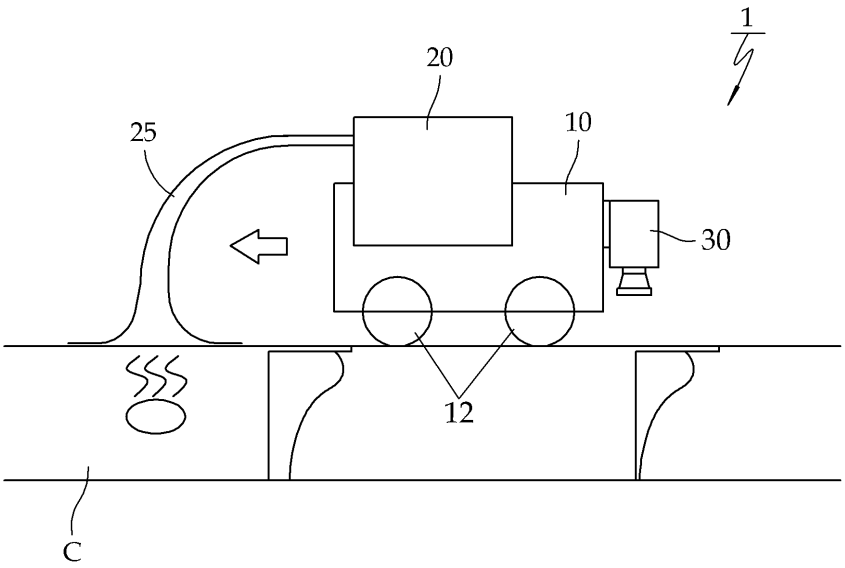
<77> d..... 지름 d1.... 공극 내경

<78> h..... 높이 h1.... 공극 지점

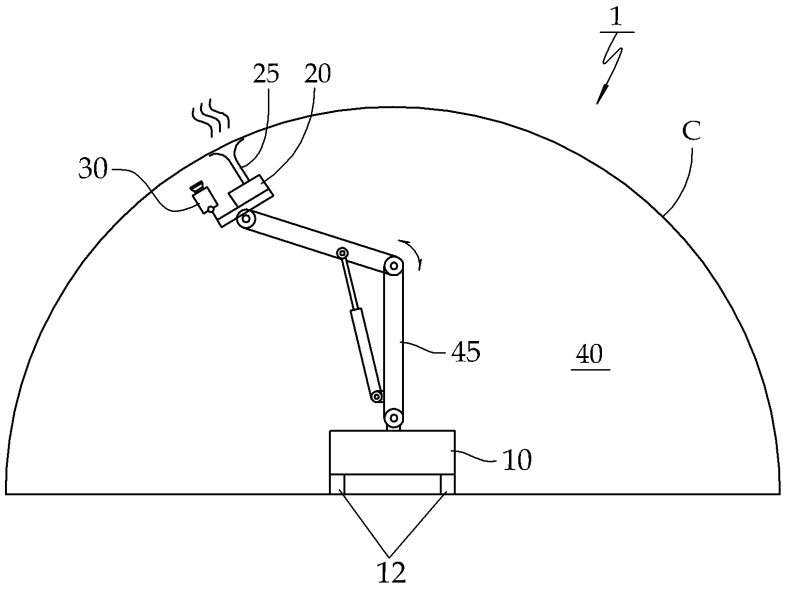
<79> h2.... 공극 깊이

도면

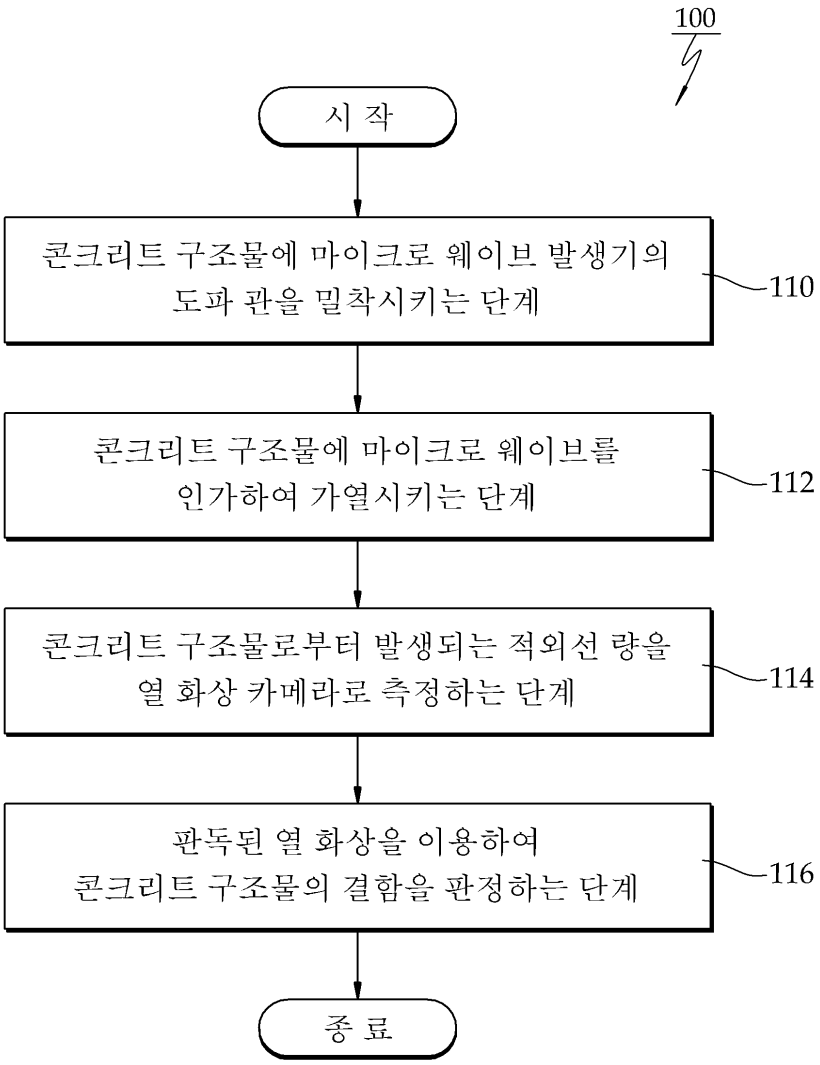
도면1



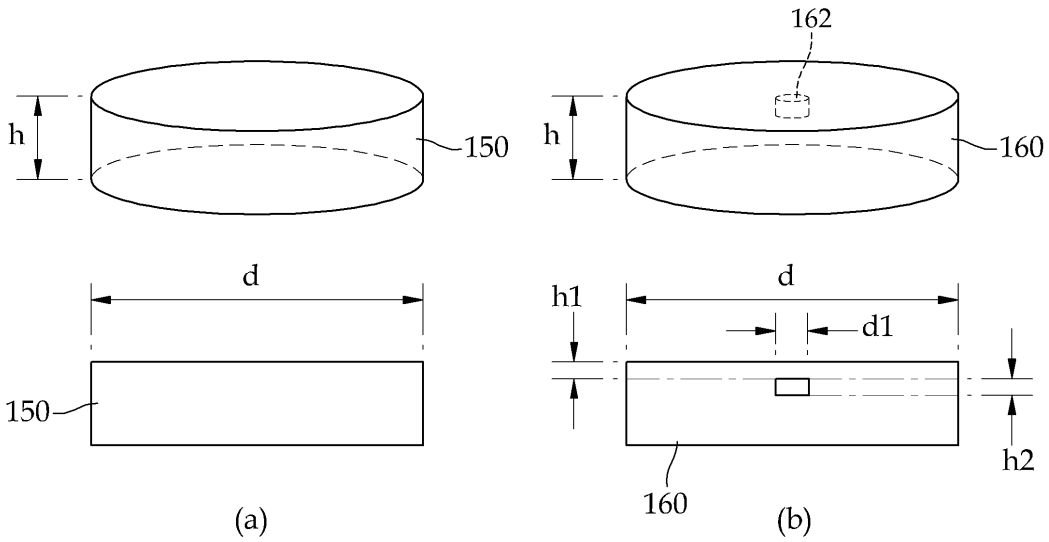
도면2



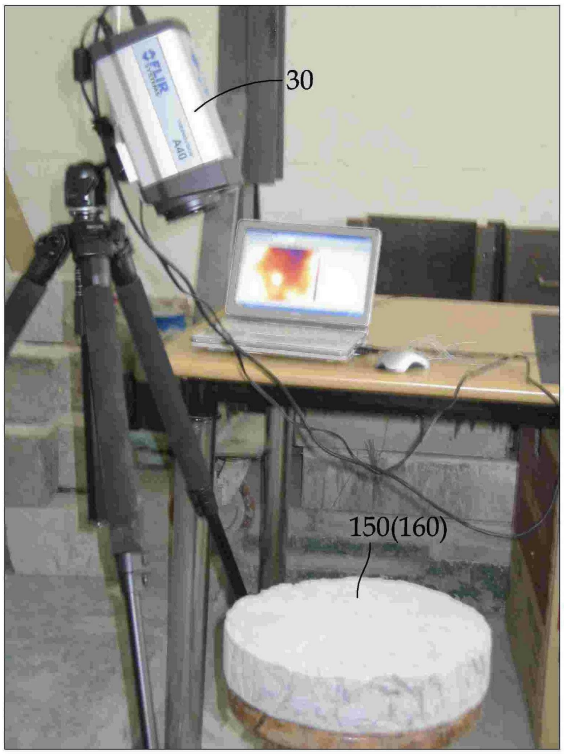
도면3


100
시 작
콘크리트 구조물에 마이크로 웨이브 발생기의 도파 관을 밀착시키는 단계
110
콘크리트 구조물에 마이크로 웨이브를 인가하여 가열시키는 단계
112
콘크리트 구조물로부터 발생되는 적외선 량을 열 화상 카메라로 측정하는 단계
114
판독된 열 화상을 이용하여 콘크리트 구조물의 결함을 판정하는 단계
116
종 료

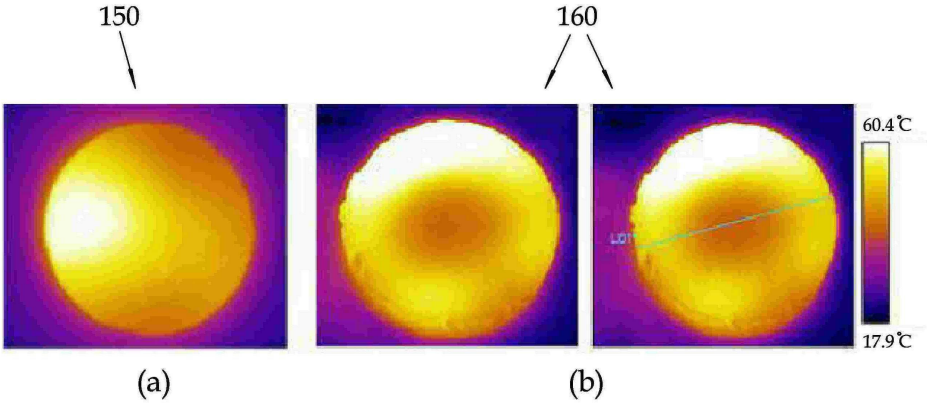
도면4



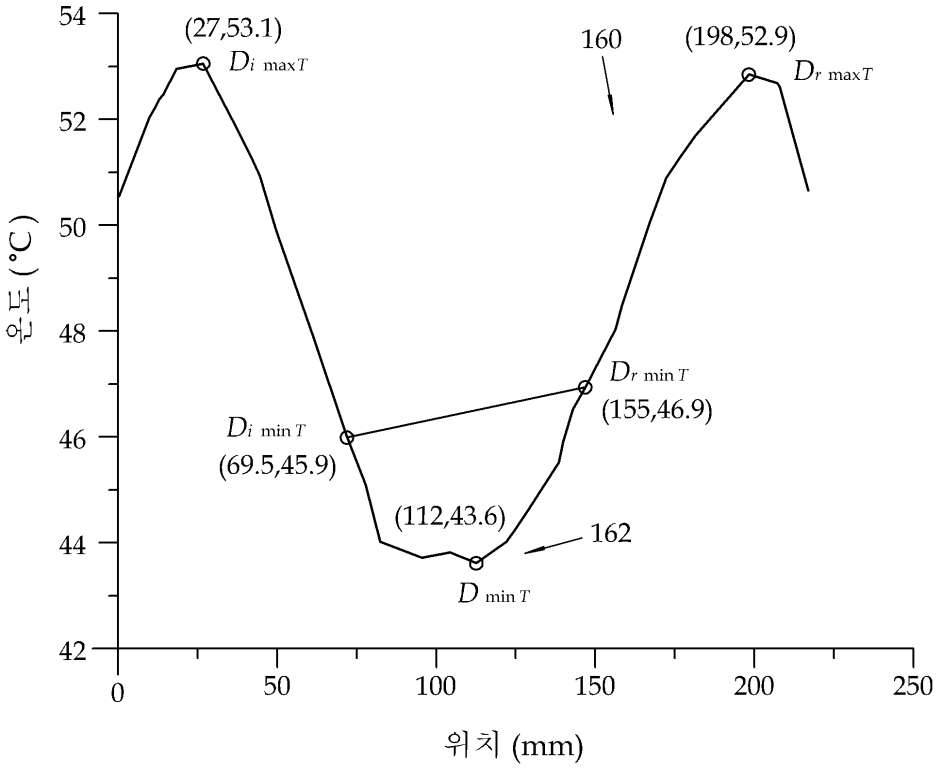
도면5



도면6


150
160
60.4℃
17.9℃
(a)
(b)

도면7


54
52
50
48
46
44
42
온도 (℃)
0
50
100
150
200
250
위치 (mm)
(27,53.1)
Di max T
160
(198,52.9)
Dr max T
Dr min T
(155,46.9)
Di min T
(69.5,45.9)
(112,43.6)
162
D min T