



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년11월30일
(11) 등록번호 10-1924024
(24) 등록일자 2018년11월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/88 (2006.01) G01L 1/00 (2006.01)
G01N 3/00 (2006.01) G01N 33/38 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/8851 (2013.01)
G01L 1/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0064244
(22) 출원일자 2017년05월24일
심사청구일자 2017년05월24일
(56) 선행기술조사문헌
최인영 외 4, 이미지 상관관계를 이용한 원공 인장
시편 변위 및 변형을 측정하기 위한 알고리즘 개발
에 관한 연구, 한국정밀공학회지, 2016년 2월*
JP2015105866 A
KR1020160077704 A
JP2016161291 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
서울시립대학교 산학협력단
서울특별시 동대문구 서울시립대로 163 (전농동,
서울시립대학교내)
(72) 발명자
심성한
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김은진
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
조수진
서울특별시 동대문구 서울시립대로 163, 전농관
211호(전농동)
(74) 대리인
특허법인이룸리온

전체 청구항 수 : 총 8 항

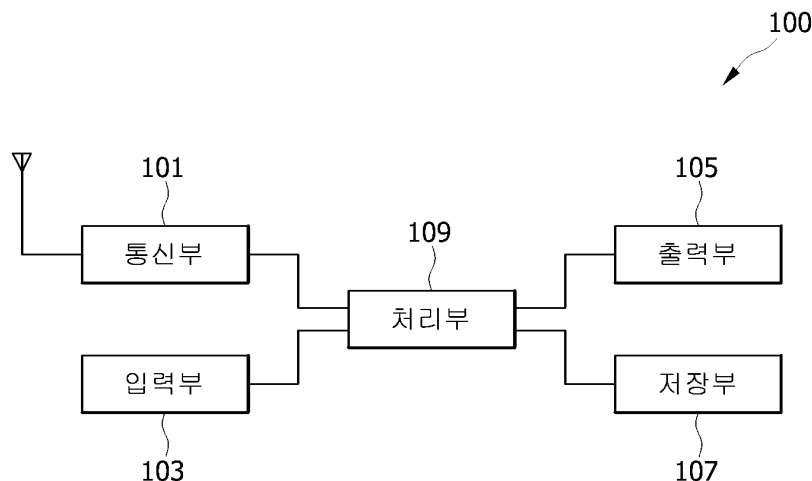
심사관 : 최중운

(54) 발명의 명칭 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정방법 및 그 장치

(57) 요약

본 발명의 다양한 실시 예는 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정방법 및 그 장치에 관한 것이다. 일 실시 예에 따르면, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정방법은, 객체의 변형 전 이미지 및 변형 후 이미지에 기반하여 변위장 데이터를 생성하는 단계; 상기 객체의 변형에 기반하는 유한요소모델을 생성하는 단계; 상기 변위장 데이터 및 상기 유한요소모델의 최적화 매칭을 수행하는 단계; 및 상기 최적화 매칭 결과에 기반하여 상기 객체의 응력을 측정하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 3/00 (2013.01)

G01N 33/383 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 13건설기술A01 (17SCIP-B066018-05)

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 건설기술연구사업

연구과제명 ICT 기반 교량 수명 연장을 위한 부분교체 및 저탄소 소재 활용 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 KAIST

연구기간 2013.06.01 ~ 2018.05.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

객체의 변형 전 이미지 및 변형 후 이미지에 기반하여 변위장 데이터를 생성하는 단계;

상기 객체의 변형에 기반하는 유한요소모델을 생성하는 단계;

상기 변위장 데이터 및 상기 유한요소모델의 최적화 매칭을 수행하는 단계; 및

상기 최적화 매칭 결과에 기반하여 상기 객체의 응력을 측정하는 단계;를 포함하되,

상기 변위장 데이터 및 상기 유한요소모델의 최적화 매칭을 수행하는 단계는, 상기 변위장 데이터의 법선벡터 및 상기 유한요소모델의 법선벡터의 최소 오차를 가지는 스케일 값을 결정하는, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 변위장 데이터 및 상기 유한요소모델의 최적화 매칭을 수행하는 단계는, 상기 변위장 데이터의 평면의 방정식을 결정하고, 상기 변위장 데이터의 평면의 방정식에 기반하여 상기 변위장 데이터의 법선벡터를 결정하는 단계를 포함하는, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 변위장 데이터 및 상기 유한요소모델의 최적화 매칭을 수행하는 단계는, 기 입력된 상기 객체의 물성값에 기반하여 상기 유한요소모델의 평면의 방정식을 결정하고, 상기 유한요소모델의 평면의 방정식에 기반하여 상기 유한요소모델의 법선벡터를 결정하는 단계를 포함하는, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 최적화 매칭 결과에 기반하여 상기 객체의 응력을 측정하는 단계는, 상기 스케일 값을 상기 유한요소모델에 기반하여 결정된 기준 하중에 적용하여 상기 응력을 결정하는, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정방법.

청구항 6

적어도 하나의 외부장치로부터 객체의 변형 전 이미지 및 변형 후 이미지를 수신하는 통신부;

상기 이미지들에 기반하여 변위장 데이터를 생성하고, 상기 객체의 변형에 기반하는 유한요소모델을 생성하고, 상기 변위장 데이터 및 상기 유한요소모델의 최적화 매칭을 수행하고, 상기 최적화 매칭 결과에 기반하여 상기 객체의 응력을 측정하도록 처리하는 처리부; 및

상기 이미지들, 상기 변위장 데이터 및 측정된 상기 응력 중 적어도 일부를 출력하는 출력부;를 포함하되,

상기 처리부는, 상기 변위장 데이터의 법선벡터 및 상기 유한요소모델의 법선벡터의 최소 오차를 가지는 스케일 값을 결정하는, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 처리부는, 상기 변위장 데이터의 평면의 방정식을 결정하고, 상기 변위장 데이터의 평면의 방정식에 기반하여 상기 변위장 데이터의 법선벡터를 결정하는, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 처리부는, 기 입력된 상기 객체의 물성값에 기반하여 상기 유한요소모델의 평면의 방정식을 결정하고, 상기 유한요소모델의 평면의 방정식에 기반하여 상기 유한요소모델의 법선벡터를 결정하는, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 처리부는, 상기 스케일 값을 상기 유한요소모델에 기반하여 결정된 기준 하중에 적용하여 상기 응력을 결정하는, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 다양한 실시 예는 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정방법 및 그 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 입력된 이미지와 그 이미지의 디지털 이미지 상관관계를 이용하여 객체의 응력을 측정하는 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 콘크리트와 같은 구조물은 시간이 흐름에 따라서 노후되고, 염화도가 증가함에 따라서 내구성이 감소하며, 붕괴의 위험도가 증가한다. 따라서 세월이 지난 콘크리트 구조물의 응력을 측정함으로써 구조물의 수명을 판단 및 추정하기 위한 다양한 방법이 개발되고 있다.

[0003] 콘크리트 구조물의 응력을 측정하는 방법으로, 구조물 일면에 원형의 구멍을 뚫어 주위의 변형률을 이용하여 응력을 추정하는 응력이완법이 사용되고 있다. 하지만 이러한 응력 이완법은 필수적으로 구조물 일면에 지정된 크기 이상의 구멍을 생성해야 하며, 이는 절차와 공정상의 난이도를 증가시키고, 구조물의 내구성을 손상시키거나, 미적 구조물의 경우 그 가치를 훼손하게 되는 단점을 가진다.

[0004] 더욱이, 응력이완법을 통하여 구조물의 응력을 측정하는 경우 변형률계를 이용하여 지정된 수의 계측 위치에서 측정된 변위에 기반하여 구조물의 응력을 결정함으로써, 실제 구조물의 응력과 차이가 발생된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 제10-0206652호(등록특허공보)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 객체에 형성된 천공에 기반하여 측정하는 객체의 추정 응력의 정확도를 향상하기 위한, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정방법 및 그 장치를 제공할 수 있다.

[0007] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 객체의 추정 응력을 측정함에 있어서, 객체에 생성되는 천공의 사이즈를 감소시킬 수 있는, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정방법 및 그 장치를 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 객체의 변형 전 이미지 및 변형 후 이미지에 기반하여 변위장 데이터를 생성하는 단계; 상기 객체의 변형에 기반하는 유한요소모델을 생성하는 단계; 상기 변위장 데이터 및 상기 유한요소모델의 최적화 매칭을 수행하는 단계; 및 상기 최적화 매칭 결과에 기반하여 상기 객체의 응력을 측정하는 단계;를 포함하는, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정방법을 제공한다.

[0009] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 변위장 데이터 및 상기 유한요소모델의 최적화 매칭을 수행하는 단계는, 상기 변위장 데이터의 평면의 방정식을 결정하고, 상기 변위장 데이터의 평면의 방정식에 기반하여 상기 변위장 데이터의 법선벡터를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 변위장 데이터 및 상기 유한요소모델의 최적화 매칭을 수행하는 단계는, 기 입력된 상기 객체의 물성값에 기반하여 상기 유한요소모델의 평면의 방정식을 결정하고, 상기 유한요소모델의 평면의 방정식에 기반하여 상기 유한요소모델의 법선벡터를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 변위장 데이터 및 상기 유한요소모델의 최적화 매칭을 수행하는 단계는, 상기 변위장 데이터의 법선벡터 및 상기 유한요소모델의 법선벡터의 최소 오차를 가지는 스케일 값을 결정할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 최적화 매칭 결과에 기반하여 상기 객체의 응력을 측정하는 단계는, 상기 스케일 값을 상기 유한요소모델에 기반하여 결정된 기준 하중에 적용하여 상기 응력을 결정할 수 있다.

[0013] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 적어도 하나의 외부장치로부터 객체의 변형 전 이미지 및 변형 후 이미지를 수신하는 통신부; 상기 이미지들에 기반하여 변위장 데이터를 생성하고, 상기 객체의 변형에 기반하는 유한요소모델을 생성하고, 상기 변위장 데이터 및 상기 유한요소모델의 최적화 매칭을 수행하고, 상기 최적화 매칭 결과에 기반하여 상기 객체의 응력을 측정하도록 처리하는 처리부; 및 상기 이미지들, 상기 변위장 데이터 및 측정된 상기 응력 중 적어도 일부를 출력하는 출력부;를 포함하는, 디지털 이미지 상관관계를 이용하는 응력 측정장치를 제공한다.

[0014] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 처리부는, 상기 변위장 데이터의 평면의 방정식을 결정하고, 상기 변위장 데이터의 평면의 방정식에 기반하여 상기 변위장 데이터의 법선벡터를 결정할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 처리부는, 기 입력된 상기 객체의 물성값에 기반하여 상기 유한요소모델의 평면의 방정식을 결정하고, 상기 유한요소모델의 평면의 방정식에 기반하여 상기 유한요소모델의 법선벡터를 결정할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 처리부는, 상기 변위장 데이터의 법선벡터 및 상기 유한요소모델의 법선벡터의 최소 오차를 가지는 스케일 값을 결정할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 처리부는, 상기 스케일 값을 상기 유한요소모델에 기반하여 결정된 기준 하중에 적용하여 상기 응력을 결정할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 변형 전/후 객체의 이미지를 이용하여 객체 전 영역에 대한 하중 변위를 측정하고, 측정된 변위를 객체의 물성에 기반하는 유한요소모델 및 기준 하중에 적용함으로써 객체의 응력 측정 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 변형 전/후 객체의 이미지를 이용하여 객체의 전 영역에 대한 하중 변위를 측정함으로써, 하중 변화가 정밀하게 측정된 계측 위치를 다양하게 획득 가능함으로써, 객체에 생성하는 천공의 사이즈를 감소시킬 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 응력 측정에 있어서 천공의 사이즈를 감소시킴에도 불구하고 정확도가 향상될 뿐만 아니라, 천공의 사이즈를 감소시킴으로써 객체 및 그 구조물의 내구성 손상과 미적 가치의 손상을 최소화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치의 구성 요소를 도시한다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치가 입력된 이미지에 기반하여 객체의 응력을 측정하는 동작의 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명이 일 실시 예에 따른 응력 장치가 이미지에 기반하여 변위장 데이터를 생성하는 동작의 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명이 일 실시 예에 따른 응력 장치가 생성된 변위장 데이터에 기반하여 최적화 매칭을 수행하는 동작의 흐름도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치에서 입력 및 처리되는 변형 전/후 객체의 이미지를 도시한다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치에서 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 변위장 데이터를 표시하는 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치가 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 변위장 데이터 차이를 확인하는 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치가 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 회전변환을 수행한 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치가 두 가지 타입의 실험 조건에 대한 오차를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 다양한 실시 예를 상세히 설명한다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략할 수 있다. 또한, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성 요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 사용할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 다양한 실시 예에서, '또는', '적어도 하나' 등의 표현은 함께 나열된 단어들 중 하나를 나타내거나, 또는 둘 이상의 조합을 나타낼 수 있다.
- [0024] 본 발명의 다양한 실시 예에서 사용되는 용어들은 특정 일 실시 예를 설명하기 위한 것으로, 본 발명을 한정하는 것으로 해석되어서는 안되며, 예를 들어, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다른 것으로 명시되지 않는 한 복수의 의미를 포함할 수 있을 것이다.
- [0025] 이하, 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 디지털 이미지 상관관계를 이용하여 구조물(또는 객체)의 응력을 평가하는 방법(이하, 응력측정방법) 및 그 장치를 설명한다. 다양한 실시 예에 따르면, 응력측정방법은 적어도 하나의 장치를 통해서 처리될 수 있다. 여기서, 응력측정방법을 처리하는 장치(이하, 전자장치)는, 입력되는 이미지 및 생성된 유한요소모델에 기반하여 구조물의 응력을 측정할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 응력측정방법은 상술한 바와 같이 적어도 하나의 장치(예: 응력 측정장치)를 통하여 수행될 수 있다. 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치(100)의 구성 요소를 도시한다. 응력 측정장치(100)는, 통신부(101), 입력부(103), 출력부(105), 저장부(107) 및 처리부(109) 중 적어도 하나의 구성 요소를 포함한다.
- [0027] 통신부(101)는 응력 측정장치(100)와 외부의 통신을 연결할 수 있다. 예를 들면, 통신부(101)는 무선 통신 또는 유선 통신을 통해서 네트워크에 연결되며 외부장치와 통신할 수 있다. 통신부(801)는 연결된 적어도 하나의 외부장치로부터 데이터를 수신할 수 있다.
- [0028] 예를 들면, 통신부(101)는 응력 측정에 이용되는 변위장 데이터의 생성을 위한 적어도 하나의 이미지를 외부장치로부터 수신할 수 있다. 여기서 변위장 데이터의 생성을 위한 적어도 하나의 이미지는 지정된 변형을 가하여 응력이 변화하는 객체, 예를 들면, 콘크리트 구조물의 변형 전/후 이미지일 수 있다.
- [0029] 이때, 이미지는, 둘 이상의 이미지 비교를 통하여 객체의 변형 정도를 검출하도록 차이를 가지거나, 또는 특수 촬영된 이미지로 제공될 수 있다. 여기서, 이미지 비교를 위하여, 객체의 표면 적어도 일부에는 스펙클(speckle)이 형성될 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 스펙클은 객체의 표면 지정된 영역에 뿌려지듯이 형성된 점

들로 형성될 수 있다. 여기서 스페클을 형성하는 점들은, 불규칙적인 모양, 형상 및/또는 패턴으로 형성될 수 있다. 하지만, 이에 한정하지 않고, 규칙적인 모양, 형상을 가지거나 및/또는 지정된 패턴으로 객체의 표면에 형성될 수 있고, 불규칙과 규칙이 혼합되어 형성될 수도 있다.

- [0030] 통신부(101)는, 스페클이 형성된 객체에 대하여 변형 전/후 객체의 이미지(또는 객체의 변형 전/후 이미지)를 수신할 수 있다. 여기서, 변형 전/후 객체의 이미지는 동일 또는 유사 영역에 대하여 촬영된 이미지로 제공될 수 있다. 또한, 객체에 형성되는 천공은 3센티미터(cm) 내의 지름을 가지고, 5센티미터 내의 깊이를 가지도록 형성될 수 있다. 바람직하게는, 객체에 형성되는 천공은 2센티미터 내의 지름, 3내지 4센티미터의 깊이를 가지도록 형성될 수 있다.
- [0031] 입력부(103)는, 응력 측정장치(100)에 입력되는 데이터를 처리하기 위한 정보 및/또는 제어명령을 입력하기 위한 구성 요소로서, 예를 들면, 키보드, 키패드, 터치 스크린, 적어도 하나의 버튼, 마이크 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 입력부(103)는 사용자의 조작에 대응하여 입력 데이터를 발생시킨다.
- [0032] 출력부(105)는, 처리부(109)를 통한 처리 결과를 출력할 수 있다. 예를 들면, 출력부(105)는 통신부(101)를 통하여 수신한 이미지, 이미지 처리 결과, 측정된 응력 및 그와 관련된 정보 중 적어도 일부를 출력할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 출력부(105)는 디스플레이 및 스피커 중 적어도 하나의 장치를 포함할 수 있다.
- [0033] 출력부(105)가 디스플레이로 구비되는 경우, 처리부(109)를 통해서 디스플레이에 전송되는 데이터는 사용자 그래픽 인터페이스(graphic user interface)로 표시될 수 있다. 또한, 출력부(105)가 스피커로 구비되는 경우, 처리부(109)를 통해서 스피커에 전송되는 데이터는 오디오로 출력할 수 있다.
- [0034] 저장부(107)는, 처리부(109) 또는 다른 구성 요소들로부터 수신되거나 생성된 명령 및/또는 데이터를 저장할 수 있다. 저장부(107)는, 예를 들면, 커널, 미들웨어, 어플리케이션 프로그래밍 인터페이스(API: application programming interface) 또는 어플리케이션 등의 프로그래밍 모듈들을 포함할 수 있다. 상술한 각각의 프로그래밍 모듈들은 소프트웨어, 펌웨어, 하드웨어 또는 이들 중 적어도 둘 이상의 조합으로 저장부(109)에 저장될 수 있다.
- [0035] 예를 들면, 저장부(107)는, 통신부(101)를 통해서 입력되는 변형 전/후 객체의 이미지가 저장되며, 처리부(109)를 통하여 처리되는 이미지, 응력 처리모델, 측정된 응력 및 그와 관련된 정보 중 적어도 일부가 저장될 수 있다.
- [0036] 처리부(109)는, 전술한 다른 구성 요소들(예: 통신부(101), 입력부(103), 출력부(105) 또는 저장부(107))로부터 데이터를 수신하여, 수신한 데이터를 확인하고, 확인된 데이터의 처리를 실행할 수 있다.
- [0037] 일 실시 예에 따르면, 처리부(109)는, 통신부(101)를 통해서 수신하는 데이터(예: 변형 전/후 객체의 이미지)를 확인할 수 있다. 처리부(109)는, 입력된 변형 전 객체의 이미지 및 변형 후 객체의 이미지에 기반하여 변위장 데이터를 생성한다. 일 실시 예에 따르면, 처리부(109)는, 객체의 지정된 위치(예: 천공의 위치)를 기준으로 지정된 영역에 대하여 천공의 형성에 따른 물성 변화를 측정할 수 있다.
- [0038] 예를 들면, 처리부(109)는, 변형 후 객체의 이미지에서 확인되는 천공의 위치에 기반하여 변형 전 객체의 이미지에서 객체에 천공이 형성될 가상의 천공 위치를 확인할 수 있다. 이하 설명에서, 변형 전 객체의 이미지에 대하여 천공 위치를 표현하는 경우, 변형 전 객체의 이미지에서 가상의 천공 위치를 나타내는 것일 수 있다.
- [0039] 처리부(109)는, 변형 전/후 객체의 이미지에서 확인되는 천공의 위치를 기준(또는 기준 위치)으로 주변 영역의 변화를 측정할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 처리부(109)는, 변형 전/후 객체의 이미지에서 천공의 위치를 중심으로 주변 영역 적어도 일부에 포함된 스페클을 검출할 수 있다. 이때, 처리부(109)는, 변형 전/후 객체의 이미지에서 동일한 위치의 지정된 영역에 포함된 스페클의 변화를 확인할 수 있다. 여기서, 지정된 영역은 복수개 설정될 수 있고, 일 실시 예에 따르면 단위 영역은 이미지의 화소(픽셀, pixel)에 기반하여 결정될 수 있다.
- [0040] 처리부(109)는, 상술한 바와 같이 변형 전/후 객체의 이미지에 포함된 스페클을 비교하여 하중 변위(이하, 변위)를 측정(또는 계측)하고, 객체의 지정된 영역에 대한 변위를, 수치, 표 또는 그래프로 저장하여 변위장 데이터를 생성할 수 있다. 처리부(109)는, 변형 전/후 객체의 이미지에 포함된 스페클을 비교하여 변위를 측정함에 있어서, 스페클의 변화에 대하여 상관(correlation) 연산(또는 상관 계산)을 수행할 수 있다.
- [0041] 여기서, 변위장 데이터를 생성하는 영역(지정된 영역)은, 변형 전/후 객체의 이미지에 대한 전 영역 계측(full-field measurement)을 수행할 수 있다. 변형 전/후 객체의 이미지에 대한 전 영역 계측은, 객체에 형성된 응력

변화에 대하여 선형적 변화 및 비선형적 변화를 모두 포함할 수 있다.

- [0042] 처리부(109)는, 변위장 데이터를 생성함에 있어서, 디지털 이미지 상관기법(digital image correlation, DIC)를 적용할 수 있다. 하지만, 처리부(109)는, 이에 한정하지 않고 다양한 방식의 영상기반 변위 계측 기법을 적용할 수 있음은 자명하다. 이하, 변형 전/후 객체의 이미지를 이용하여 이미지의 전 영역에 대한 변위장 데이터를 생성하는 동작을 디지털 이미지 상관모델로 정의할 수 있다.
- [0043] 처리부(109)는, 객체의 변형에 대한 기 입력된 수치에 기반하여 객체의 유한요소모델을 생성한다. 예를 들면, 유한요소모델은, 객체의 물성 및 객체에 형성되는 천공정보, 객체의 지정된 위치에 대한 변형률 중 적어도 일부 정보를 확인할 수 있다. 예를 들면, 처리부(109)는, 객체와 동일한 물성을 가지는 공시체(또는 시편)에 대하여 수행된 압축강도 테스트 결과를 확인할 수 있다. 여기서, 압축강도 테스트의 일 실시 예에 따르면, ABAQUS를 이용한 테스트로 제공될 수 있고, 테스트 결과는 객체의 물성치로 제공될 수 있다. 처리부(109)는, 객체로부터 확인된 정보에 기반하여 객체의 응력 변화를 산출하는 유한요소모델을 생성할 수 있다.
- [0044] 처리부(109)는, 생성된 유한요소모델을 지정된 메시(mesh)로 쪼개어 지정된 위치에 계측 지점을 결정하고, 결정된 계측 지점에 대한 변위를 추출하여 변위장 데이터를 생성할 수 있다. 상술한 바와 같이, 유한요소모델에서 계측 지점을 메시 단위로 분할하여 결정함으로써, 변위가 계측되지 않는 영역을 최소화할 수 있다.
- [0045] 다양한 실시 예에 따르면, 처리부(109)는, 변형 전/후 객체의 이미지에 기반하여 지정된 계측 지점에 대한 변위를 측정하고, 측정된 변위에 기반하여 객체의 응력 변화를 산출하는 유한요소모델을 생성할 수도 있다. 처리부(109)는, 지정된 계측 지점에 대한 이미지 변화를, 수치, 표 또는 그래프로 저장하여 변위 또는 변위장 데이터를 생성할 수 있다. 여기서, 변형 전/후 객체의 이미지에 기반하여 생성된 유한요소모델은 디지털 이미지 상관모델과 비교하여 비선형적인 계측 위치를 가질 수 있다.
- [0046] 처리부(109)는 생성된 객체의 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델 각각의 변위장 데이터의 최적화 매칭을 수행할 수 있다. 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 응력 측정장치는, 응력이완법을 적용하는 객체에 대하여 특정된 계측 지점, 예를 들면, 천공 주변의 지정된 영역에 대한 변위에 기반하여 객체의 응력을 측정하는 유한요소모델의 한계를 보완할 수 있다.
- [0047] 예를 들면, 유한요소모델은, 특정된 계측지점의 변위에 기반하여 객체의 변위장 데이터를 결정할 수 있다. 이때, 계측되지 않은 영역에 대하여 산출된 변위는 실제 변위와 차이를 가지며, 변위장 데이터는 실제와 차이를 가질 수 있다. 따라서, 응력 측정장치는, 디지털 이미지 상관모델을 통하여 이미지 전 영역으로 계측 위치를 확장하고, 객체의 물성값에 기반하는 응력 측정의 최적화 동작을 수행할 수 있다.
- [0048] 상술한 바와 같이 최적화 매칭을 수행하기 위하여 처리부(109)는, 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델 각각의 변위장 데이터에 기반하여 평면의 방정식 및 그 평면의 방정식에 대한 법선벡터를 생성할 수 있다. 이때, 처리부(109)는, 최소제곱법(method of least squares)을 적용하여 평면의 방정식 또는 그 법선벡터를 결정할 수 있다.
- [0049] 일 실시 예에 따르면, 처리부(109)는, 하기 수학식(1)을 이용하여 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델 각각의 평면의 방정식을 결정할 수 있다.
- [0050]
$$ax + by + cz = d$$
 (1)
- [0051] 여기서, x 또는 y는 원통 좌표계(cylindrical coordinate system)에서 변위장 데이터 각 지점의 반지름과 각도 값을 재배열한 값으로 결정될 수 있다. 이때, 재배열은 망상 그리드(mesh grid) 함수를 통하여 결정될 수 있다. z는 객체의 물성과 관련하여 입력된 수치 또는 유한요소모델에서 확인되는 변위값으로 결정될 수 있다. d는 원통좌표계의 원점에서 평면까지의 거리로 제공될 수 있다. 이때, d는 변위장 데이터의 값에서 y=0인 지점들의 평균값으로 결정될 수 있다.
- [0052] 또한, 처리부(109)는, 하기 수학식(2)를 이용하여 각각의 평면의 방정식에 대한 법선벡터($\vec{n}$)를 결정할 수 있다.

[0053] $\vec{n} = [a, b, c]$ (2)

[0054] 처리부(109)는, 최소제곱법을 산출하기 위하여 하기 수학식(3), 수학식(4) 및 수학식(5)를 정의하고, 수학식(6)으로부터 법선벡터(X)를 산출할 수 있다.

[0055] $A = [x \ y \ Exp. (or \ FEM)]_{\#of \ data \times 3}$ (3)

[0056] $B = [d]_{\#of \ data \times 1}$ (4)

[0057] $X = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}_{3 \times 1}$ (5)

[0058] $AX = B \rightarrow X = pinv(A)B$ (6)

[0059] 처리부(109)는, 상술한 바와 같이 수학식(3) 내지 수학식(6)을 이용하여 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델 각각에 대하여 결정된 평면의 방정식(수학식(1)) 및 법선벡터(수학식(2))를 결정할 수 있다.

[0060] 처리부(109)는, 유한요소모델의 법선벡터와 디지털 이미지 상관모델의 법선벡터가 일치하도록 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 변위장 데이터를 변형할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 처리부(109)는, 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 변위장 데이터를 회전변환하여 두 법선벡터를 일치시킬 수 있다.

[0061] 이때, 회전변환되는 두 법선벡터의 차이(θ)는 하기 수학식(7)을 통해서 결정될 수 있다.

[0062] $\theta = \cos^{-1} \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| |\vec{b}|}$ (7)

[0063] 처리부(109)는, 변환된 두 변위장 데이터가 최소 오차를 가지는 스케일(scale) 값을 결정할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 처리부(109)는, 매틀랩(MATLAB) 프로그램, 더욱 상세하게는, matlab optimization toolbox을 이용하여 변환된 두 변위장 데이터가 최소 오차를 가지는 스케일을 결정할 수 있다.

[0064] 처리부(109)는, 결정된 스케일값을 기준(reference) 하중에 적용하여 객체의 최적화된 하중을 결정할 수 있다. 처리부(109)는, 최적화된 하중에 기반하여 객체의 추정 응력을 산출할 수 있다. 이때, 스케일 값은 1에 근접할수록 최적화된 하중이 기준 하중과 일치될 수 있다.

[0065] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치가 입력된 이미지에 기반하여 객체의 응력을 측정하는 동작의 흐름도이다.

[0066] 도2를 참조하면, 201 동작에서, 응력 측정장치(100)는, 적어도 하나의 외부장치로부터 변형 전 객체의 이미지 및 변형 후 객체의 이미지를 수신한다. 여기서, 변형 전/후 객체의 이미지는 객체에 형성된 스페클이 촬영된 이미지로 제공될 수 있고, 변형 후 객체의 이미지는, 스페클을 포함하는 객체 및 객체에 형성된 천공이 촬영된 이미지로 제공될 수 있다.

[0067] 203 동작에서, 응력 측정장치(100)는, 입력된 이미지들에 기반하여 객체의 변위장 데이터를 생성한다. 응력 측정장치(100)는, 변형 전 객체의 이미지에서 가상의 천공과, 변형 후 객체의 이미지에서 천공을 일치시키고, 천공 주변 영역에 대한 변위를 결정할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 응력 측정장치(100)는, 이미지들에 포함된 스페클 전 영역 변화에 기반하여 응력 변위를 결정할 수 있다. 이때, 이미지들에 대하여 변위를 결정하는 계측 위치는 선형적으로 형성될 수 있다. 응력 측정장치(100)는, 결정된 변위에 기반하여 객체의 변위장 데이터(디지털 이미지 상관모델의 변위장 데이터)를 생성할 수 있다.

- [0068] 205 동작에서, 응력 측정장치(100)는, 객체에 대한 물성 및 그 변화에 기반하여 유한요소모델을 생성한다. 일 실시 예에 따르면, 응력 측정장치(100)는, 기 입력된 객체의 물성 정보, 지정된 계측 위치에서 천공의 생성에 대응하여 측정되는 변위 정보를 입력받을 수 있다. 응력 측정장치(100)는, 입력된 정보를 이용하여, 객체의 응력 변화에 대한 유한요소모델을 생성할 수 있다.
- [0069] 여기서, 응력 측정장치(100)를 통하여 수행되는 205 동작은, 203 동작이 수행된 이후에 처리되는 것으로 설명하고 있지만, 이에 한정하지 않고, 201 동작의 전 또는 후에 수행될 수도 있다.
- [0070] 207 동작에서, 응력 측정장치(100)는, 생성된 변위장 데이터의 최적화 매칭을 수행할 수 있다. 예를 들면, 응력 측정장치(100)는, 유한요소 모델과 디지털 이미지 상관모델의 변위장 데이터 각각으로부터 평면의 방정식 및/또는 그 법선벡터를 생성하고, 두 법선벡터가 일치하도록 변위장 데이터의 회전변환을 수행할 수 있다. 응력 측정장치(100)는, 변환된 유한요소 모델과 디지털 이미지 상관모델 각각의 변위장 데이터가 최소 오차를 가지도록 스케일 값을 결정할 수 있다.
- [0071] 209 동작에서, 응력 측정장치(100)는 최적화 매칭 결과에 기반하여 객체의 응력을 결정한다. 일 실시 예에 따르면, 응력 측정장치(100)는, 결정된 스케일 값과 기준 하중의 곱 연산을 수행하여 최적화된 하중을 결정할 수 있다. 여기서, 기준 하중은, 객체에 가해지는 하중으로 유한요소모델을 통해서 결정될 수 있고, 또는 기 설정된 값으로 결정될 수 있다. 응력 측정장치(100)는, 최적화된 하중에 기반하여 천공 생성에 기반하는 객체의 응력을 결정할 수 있다. 응력 측정장치(100)는, 209 동작을 수행하면 도 2의 실시 예를 종료할 수 있다.
- [0072] 상술한 바와 같이, 응력 측정장치(100)는, 변형 전/후 객체의 이미지 전 영역에 대한 변위장 데이터를 생성하고, 이를 객체의 물성 및 특정 위치에 대하여 측정된 변위에 기반하여 생성된 유한요소모델의 변위장 데이터와 비교하여 최적화 매칭을 수행할 수 있다. 응력 측정장치(100)는, 두 변위장 데이터의 최적화 매칭을 수행함으로써 유한요소모델에 기반하는 객체의 응력 측정 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0073] 도 3은 본 발명이 일 실시 예에 따른 응력 측정장치가 이미지에 기반하여 변위장 데이터를 생성하는 동작의 흐름도이다. 여기서, 도 3의 실시 예는 도 2에서 설명한 변위장 데이터를 생성하는 동작(203)의 일부 동작으로 수행될 수 있다. 이때, 301 동작은 도 2의 201 동작 이후에 수행될 수 있다.
- [0074] 도 3을 참조하면, 301 동작에서, 응력 측정장치(100)는 이미지로부터 객체의 변위 검출이 가능한지 여부를 결정한다. 예를 들면, 응력 측정장치(100)는, 변형 전 객체의 이미지와 변형 후 객체의 이미지를 공통된 특정 위치(예: 천공 위치)를 중심으로 적어도 일부 영역을 비교하여 그 차이가 검출되는지 여부를 결정할 수 있다.
- [0075] 또는, 응력 측정장치(100) 객체 표면의 지정된 형상에 기반하여 변위 검출에 필요한 이미지가 모두 존재하는지 여부를 결정할 수 있다. 예를 들면 응력 측정장치(100)는, 객체에 형성된 천공을 검출할 수 있고, 검출된 천공의 유무에 기반하여 해당 이미지가 변형 전 객체의 이미지인지 또는 변형 후 객체의 이미지인지 결정할 수 있다.
- [0076] 응력 측정장치(100)는, 변위 검출이 가능하도록 적어도 하나의 변형 전 객체의 이미지 및 적어도 하나의 변형 후 객체의 이미지를 모두 포함하는 경우 303 동작을 수행하고, 이미지들로부터 변위 검출이 불가능한 경우 도 2의 201 동작을 수행할 수 있다.
- [0077] 303 동작에서, 응력 측정장치(100)는 변형 전/후 객체의 이미지를 비교하여 객체의 변위장 데이터를 생성한다. 일 실시 예에 따르면, 응력 측정장치(100)는, 객체에 형성된 천공 위치를 중심으로 그 주변 영역에 대하여 변위를 검출(또는 측정)할 수 있다. 예를 들면, 응력 측정장치(100)는, 변형 전/후 객체의 이미지들 각각에서 스페클 형상의 변화에 기반하여 변위를 결정할 수 있다.
- [0078] 여기서, 응력 측정장치(100)는, 복수의 이미지들에 대하여 이미지 보정을 수행하고, 보정된 이미지를 이용하여 그 차이를 검출할 수 있다. 이때, 수행되는 이미지 보정은, 밝기, 대비, 해상도와 같이, 이미지의 속성 적어도 일부에 변화를 줄 수 있다.
- [0079] 응력 측정장치(100)는, 천공 위치를 중심으로 그 주변 영역에 대하여 변위를 측정함에 있어서, 이미지에 표현된 객체의 전 영역에 대한 변위 측정을 수행할 수 있다. 응력 측정장치(100)는, 측정된 변위에 기반하여 객체에 대한 변위장 데이터를 생성할 수 있다.
- [0080] 응력 측정장치(100)는, 303 동작을 수행하면 도 3의 실시 예를 종료할 수 있고, 또는 도 2의 205 동작을 수행할 수 있다.

- [0081] 도 4는 본 발명이 일 실시 예에 따른 응력 장치가 생성된 변위장 데이터에 기반하여 최적화 매칭을 수행하는 동작의 흐름도이다. 여기서, 도 4의 실시 예는 도 2에서 설명한 최적화 매칭을 수행하는 동작(207)의 일부 동작으로 수행될 수 있다. 이때, 401 동작은 도 2의 205 동작 이후에 수행될 수 있다.
- [0082] 도 4를 참조하면, 401 동작에서, 응력 측정장치(100)는 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델 각각에 대하여 평면의 방정식 및 그 법선벡터를 생성한다. 일 실시 예에 따르면, 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 평면의 방정식 및 그 법선벡터는 변위장 데이터에 기반하여 생성될 수 있다. 이때, 응력 측정장치(100)는, 평면의 방정식 또는 법선벡터의 값을 산출함에 있어서, 최소제곱법을 이용할 수 있다.
- [0083] 403 동작에서, 응력 측정장치(100)는, 산출된 법선벡터에 기반하여 변위장 데이터의 변환을 수행한다. 일 실시 예에 따르면, 응력 측정장치(100)는, 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 법선벡터가 일치하도록 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 변위장 데이터의 회전변환을 수행할 수 있다.
- [0084] 405 동작에서, 응력 측정장치(100)는, 변환된 두 변위장 데이터가 최소 오차를 가지는 스케일 값을 결정한다. 이때, 응력 측정장치(100)는, 적어도 하나의 수치 해석 프로그램을 이용하여 산출할 수 있다.
- [0085] 응력 측정장치(100)는, 동작 405를 수행하면 도 4의 실시 예를 종료할 수 있고 또는 도 2의 209 동작을 수행할 수 있다.
- [0086] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치에서 입력 및 처리되는 변형 전/후 객체의 이미지를 도시한다.
- [0087] 도 5를 참조하면, 응력 측정장치(100)는, 변형 전 객체의 이미지(510) 및 천공이 생성된 변형 후 객체의 이미지(530)를 수신할 수 있다. 응력 측정장치(100)는 수신한 변형 전/후 객체의 이미지의 기준 위치를 결정하고, 결정된 기준 위치로부터 주변 영역들을 비교하여 계측 영역의 변위 및 객체의 변위장을 결정하고, 결정된 변위에 기반하여 객체의 변위장 데이터를 생성할 수 있다. 응력 측정장치(100)는, 생성된 변위장 데이터에 기반하여 변위를 지정된 색으로 표현하는 변위장 이미지(550)를 생성할 수 있다.
- [0088] 여기서, 응력 측정장치(100)는, 변위장 데이터를 생성함에 있어서, 변형 전/후 객체의 이미지에 표시된 객체의 전 영역에 대하여 변위를 측정할 수 있다. 이때, 응력 측정장치(101)는, 변위장 생성의 중심이 되는 천공의 위치(또는 천공의 중심 위치)로부터 지정된 거리까지의 영역(511)과 그 외의 영역(553)을 구분하여 처리할 수 있다.
- [0089] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치에서 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 변위장 데이터를 표시하는 그래프이다.
- [0090] 변위장 데이터는 변위의 계측 위치 및 그 변위와 관련된 정보를 포함할 수 있다. 이때, 유한요소모델의 변위장 데이터는, 객체의 물성 및 객체의 변형에 따른 변위에 기반하여 생성되어 객체의 물리량에 근접하는 값의 정보를 포함하고 있다.
- [0091] 또한, 디지털 이미지 상관모델의 변위장 데이터는, 천공의 생성에 기반하는 변형 전/후 객체의 이미지를 이용하여 생성되어 객체의 물리량에 대한 정보는 포함하지 않지만, 객체 전 영역에서 변형에 대한 변위장 검출이 가능하다.
- [0092] 응력 측정장치(100)는, 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 공통 요소로써 평면의 방정식과 그에 대한 법선벡터(601, 603)를 산출할 수 있다.
- [0093] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치가 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 변위장 데이터 차이를 확인하는 도면이다.
- [0094] 도 7을 참조하면, 응력 측정장치(100)는, 생성되는 법선벡터의 기울기 차이를 이용하여 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 변위장 데이터 차이를 확인할 수 있다. 예를 들면, 응력 측정장치(100)는, 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 법선벡터(601, 603)의 시작점을 일치시키고, 수학식(7)을 이용하여 두 법선벡터(601, 603)의 사이각(θ)을 결정할 수 있다. 응력 측정장치(100)는, 결정된 두 법선벡터(601, 603)의 차이에 기반하여 두 법선벡터(601, 603)를 일치시키기 위한 변위장 데이터의 회전변환을 수행할 수 있다.
- [0095] 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치가 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 회전변환을 수행한 결과를 나타내는 그래프이다.

[0096] 응력 측정장치(100)는, 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 두 법선벡터(601, 603)를 일치시키기 위하여 유한요소모델 및 디지털 이미지 상관모델의 변위장 데이터의 회전변환을 수행할 수 있다. 이때, 응력 측정장치(100)는, 회전변환 결과를 도 8과 같이 그래프로 표시할 수 있다. 응력 측정장치(100)는, 변환된 두 변위장 데이터의 오차가 최소가 되도록 스케일 값을 결정하며, 결정된 스케일 값을 기준 하중에 적용하여 객체의 응력을 결정할 수 있다.

[0097] 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 응력 측정장치가 두 가지 타입의 실험 조건에 대한 오차를 나타내는 그래프이다. 도 9의 결과 그래프를 나타내는 객체의 압축시험 조건은 하기 표1과 같다. 여기서 객체는 콘크리트 시편으로 제공되었다.

표 1

	타입 #1(type #1)	타입 #2(type #2)
객체 크기	100*100*400mm ³	150*150*300mm ³
천공 깊이	30mm	40mm
천공 지름	20mm	20mm
기준 하중	15MPa	15MPa

[0099] 도 9는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 응력 측정장치의 응력과 타입 #1 및 타입 #2에 대한 콘크리트 시편의 측정 응력의 오차를 나타내며, 평균 오차는 5.1%를 나타낸다.

[0100] 상술한 바와 같이, 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 변형 전/후 객체의 이미지를 이용하여 객체 전 영역에 대한 하중 변위를 측정하고, 측정된 변위를 객체의 물성에 기반하는 유한요소모델 및 기준 하중에 적용함으로써 객체의 응력 측정 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0101] 또한, 상술한 바와 같이, 변형 전/후 객체의 이미지를 이용하여 객체의 전 영역에 대한 하중 변위를 측정함으로써, 하중 변화가 정밀하게 측정된 계측 위치를 다양하게 획득 가능함으로써, 객체에 생성하는 천공의 사이즈를 줄이는 경우에도 객체의 응력 측정 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0102] 따라서, 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 응력 측정에 있어서 천공의 사이즈를 획기적으로 감소시킴에도 불구하고 정확도를 개선할 뿐만 아니라, 천공의 사이즈를 감소시킴으로써 객체 및 그 구조물의 내구성 손상과 미적 가치의 손상을 최소화할 수 있다.

[0103] 상술한 바에 따르면, 객체 또는 그 구조물은, 콘크리트 또는 콘크리트 구조물로 설명하고 있지만 그에 한정하지 않고 하중 및/또는 응력 측정이 가능한 다양한 재료가 적용될 수 있음은 자명하다.

[0104] 다양한 실시 예에 따르면, 본 발명의 청구항 및/또는 명세서에 기재된 다양한 실시 예에 따른 장치, 방법의 적어도 일부는, 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 또는 하드웨어, 소프트웨어 및 펌웨어 중 둘 이상의 조합을 포함하는 형태(예: 모듈, unit)로 구현될(implemented) 수 있다.

[0105] 모듈은, 일체로 구성된 부품의 최소 단위 또는 그 일부로서 본 발명의 다양한 실시 예를 수행하는 최소 단위 또는 그 일부가 될 수도 있다. 모듈은 기계적으로 또는 전자적으로 구현될 수 있다.

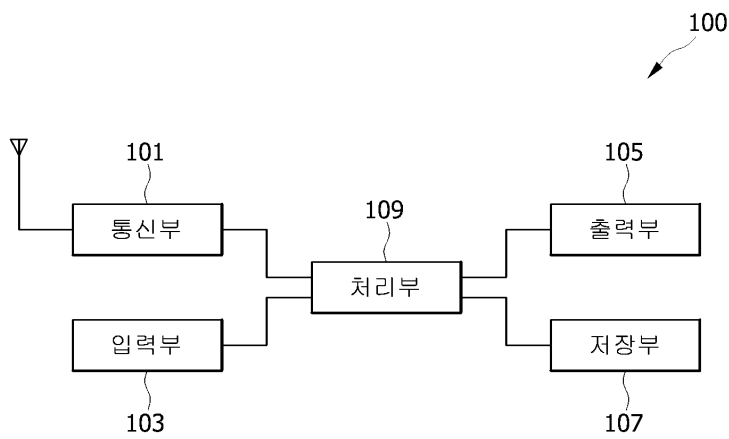
[0106] 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 본 발명의 기술 내용을 쉽게 설명하고 본 발명의 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 따라서 본 발명의 범위는 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상을 바탕으로 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

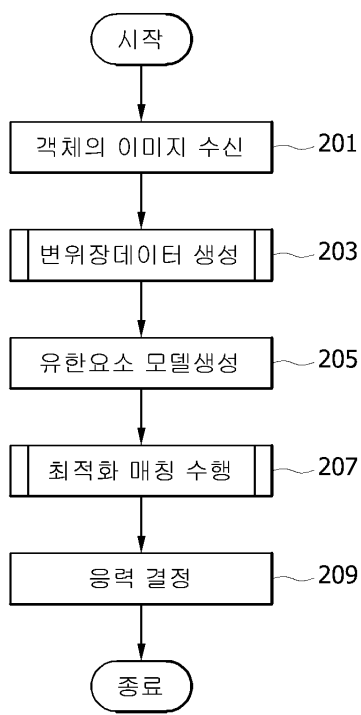
[0107]	100 : 응력 측정장치	101 : 통신부
	103 : 입력부	105 : 출력부
	107 : 저장부	109 : 처리부

도면

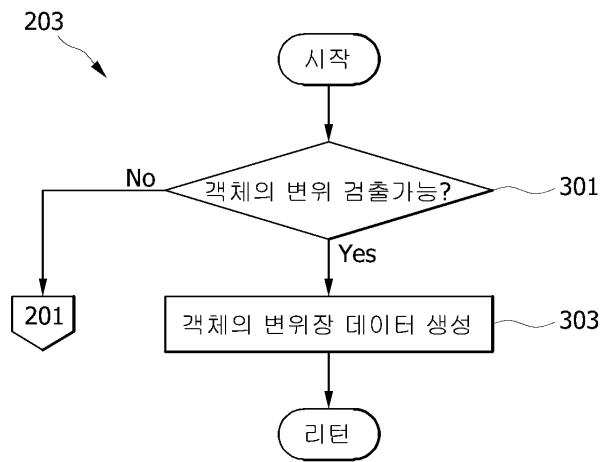
도면1



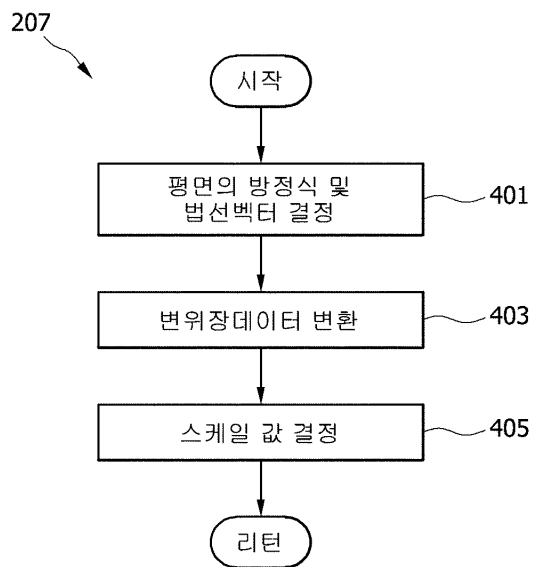
도면2



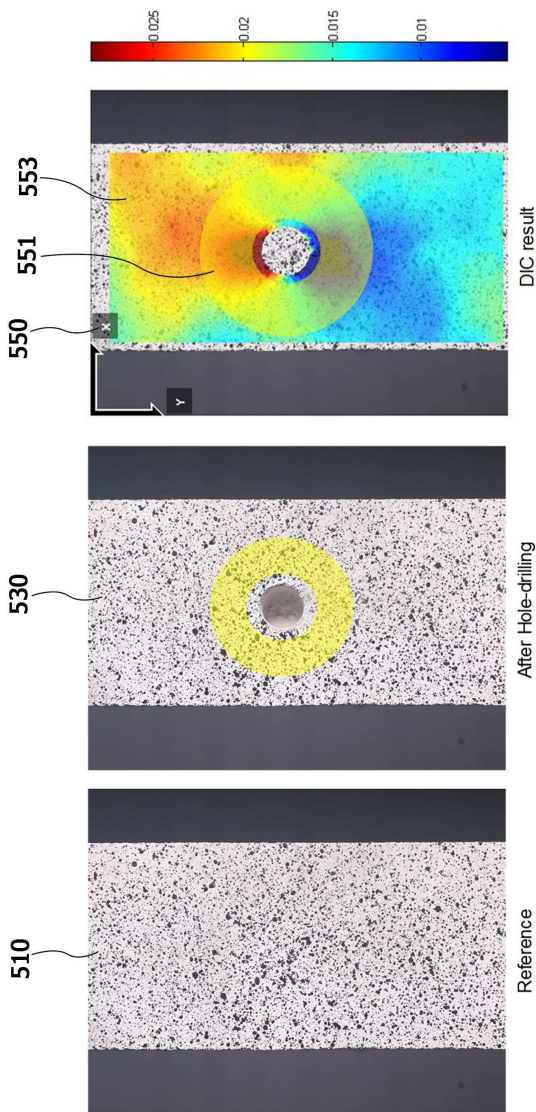
도면3



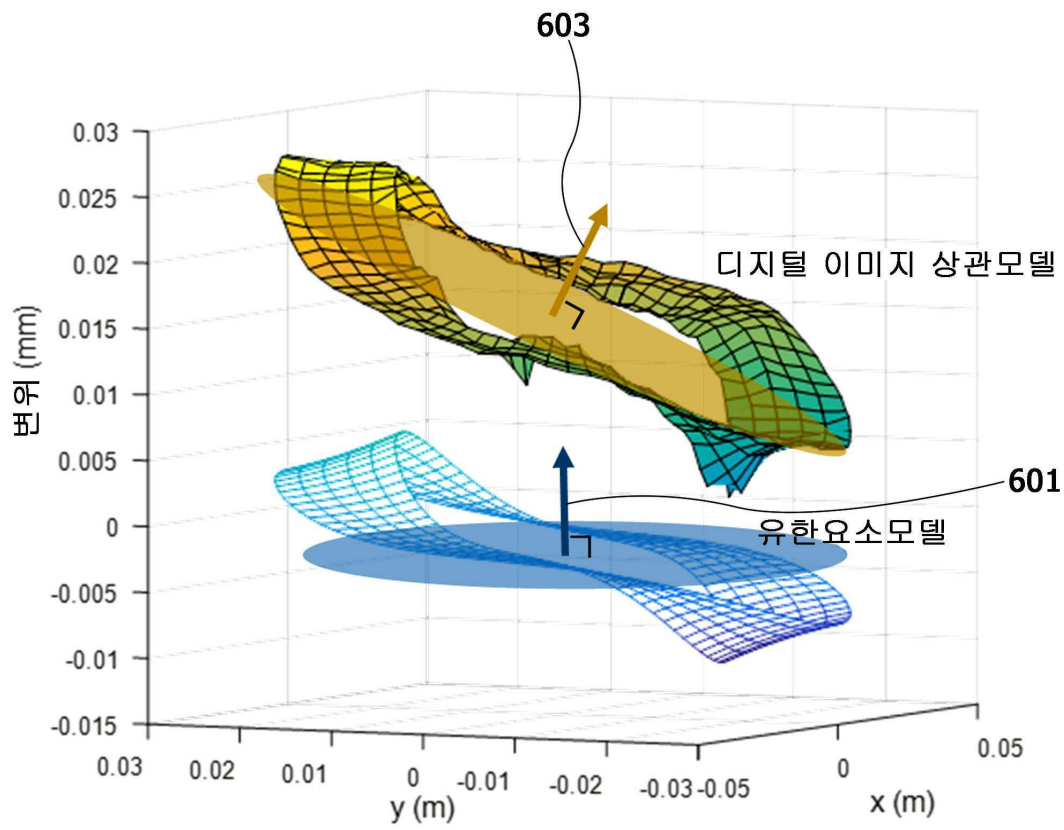
도면4



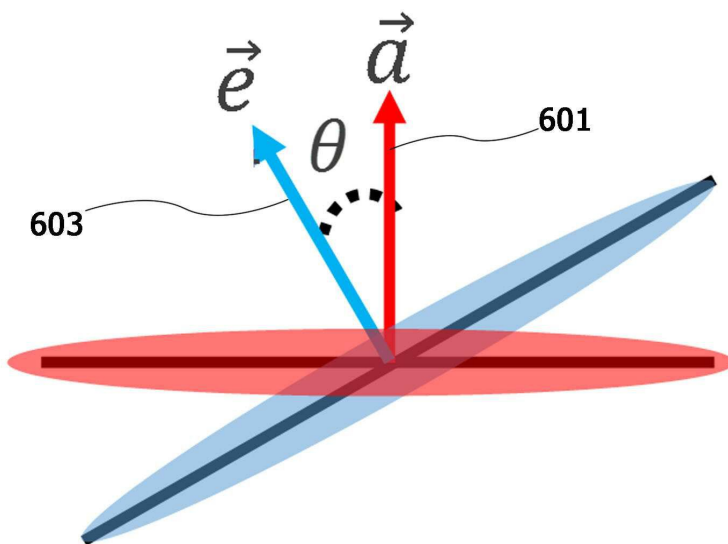
도면5



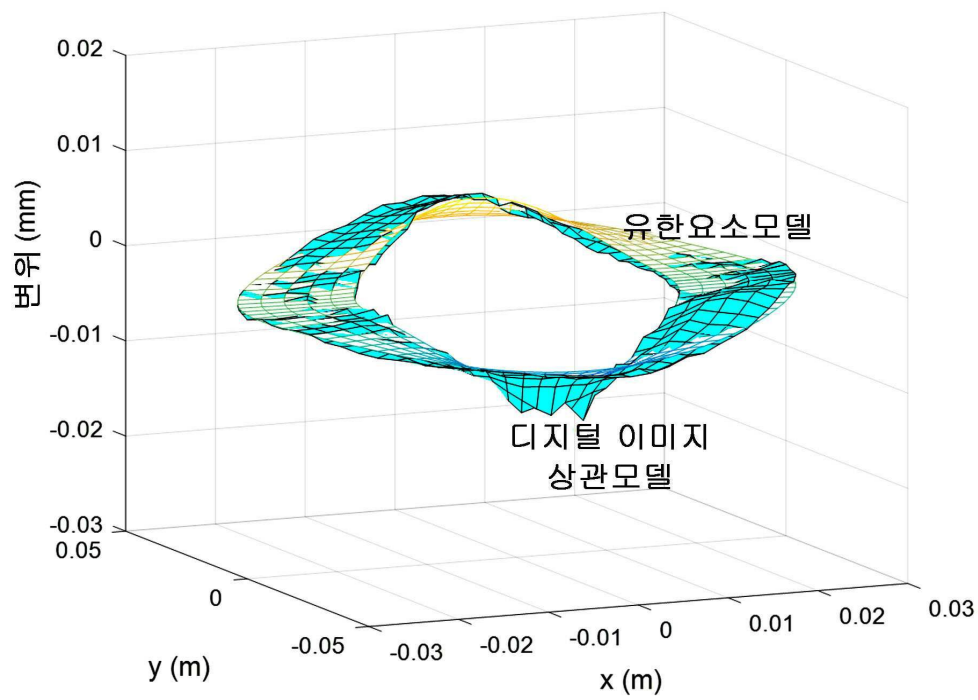
도면6



도면7



도면8



도면9

