(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0030818
(43) 공개일자 2018년03월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 21/32 (2006.01) *G01B 11/16* (2006.01)
G01L 1/00 (2006.01) *G06T 7/62* (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01B 21/32 (2013.01)
G01B 11/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0030797(분할)
(22) 출원일자 2018년03월16일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2015-0089563
원출원일자 2015년06월24일
심사청구일자 2015년06월24일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
김우석
대전광역시 유성구 대학로76번길 99, 토목공학과 (궁동)
(74) 대리인
임상엽, 이장주, 권정기

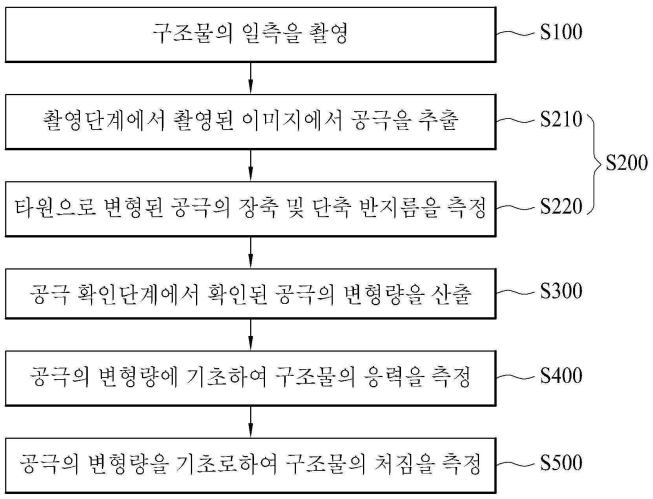
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **공극변형을 이용한 변형률측정방법**

(57) 요 약

본 발명에 따른 구조물의 일측에 형성된 공극을 이용하여 상기 구조물에 발생한 응력에 의한 공극변형 측정을 통해 응력 및 변형률을 측정한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01L 1/00 (2013.01)
G06T 7/62 (2017.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

구조물의 일측에 형성된 공극을 이용하여 상기 구조물에 발생한 응력에 의한 공극변형 측정을 통해 응력 및 변형률을 측정하는 공극변형을 이용한 변형률측정방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 공극변형을 이용한 변형률측정방법은,

구조물의 일측을 촬영하는 촬영단계;

상기 촬영단계에서 촬영된 이미지에서 공극을 확인하는 공극 확인단계;

상기 공극 확인단계에서 확인된 공극의 변형률을 산출하는 변형량 산출단계; 및

상기 변형량 산출단계에서 산출된 공극의 변형률에 기초하여 상기 구조물의 응력 및 변형률을 측정하는 응력측정단계;

를 포함하는 공극변형을 이용한 응력측정방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 공극 확인단계는,

상기 이미지에서 공극을 추출하는 이미지 추출단계; 및

타원으로 변형된 공극의 장축 및 단축 값을 측정하는 반지름 측정단계;

를 포함하는 공극변형을 이용한 응력측정방법.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 변형량 산출단계서 산출된 공극의 변형률을 이용하여 상기 구조물의 처짐을 측정하는 처짐 측정단계를 더 포함하는 공극변형을 이용한 응력측정방법.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 촬영단계, 상기 촬영단계 내지 상기 응력측정단계 중 적어도 어느 하나를 반복 수행하여 산출된 값의 평균값을 이용하여 상기 구조물에 발생한 응력을 결정하는 공극변형을 이용한 응력측정방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 공극변형을 이용한 변형률측정방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 응력 또는 변형률의 초기값이 존재하지 않는 구조물의 변형률, 응력 및 처짐을 산출하기 위하여 구조물에 형성된 공극을 촬영하여 공극의 변형량을 통해 구조물의 응력 및 처짐을 측정할 수 있는 공극변형을 이용한 변형률측정방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 교량, 항만, 발전소, 건물, 터널 등의 구조물은 구조적 노후, 예기치 못한 사고 등으로 사용이 중단되는 사태가 발생하는 경우 경제적, 사회적으로 큰 손실과 혼란이 야기될 수 있는 매우 중요한 구조물 들이다.

[0003] 이러한 구조물들은 계획, 설계 및 시공단계뿐만 아니라 사용 중에도 엄격한 유지관리가 이루어져야 한다. 특히, 교량은 국가의 교통망을 잇는 중요한 구조물이다. 그러나 기존에 설치된 국내의 교량들은 교통량의 증가와 장기간의 사용에 의한 노후로 인하여 심각한 손상이 발생했을 가능성이 높다.

[0004] 이러한 구조물들의 안전한 사용을 위한 콘크리트 구조물의 안전진단 세부지침에 따르면 구조물의 안정성 평가는 해당부재의 응력을 산출한 후 허용응력과 비교하여 구조물의 안정성 여부를 판단하도록 되어 있다.

[0005] 하지만, 기존의 시공 초기에 계측장치가 설치되지 않은 구조물들에 발생하는 응력 및 변형률 산출이 용이하지 않은 문제점이 있다. 이러한 구조물들에 발생하는 응력을 측정하기 위해서는 구조물의 일측을 파괴하여 측정하는 파괴 시험과, 구조물을 파괴하지 않은 상태에서 응력을 산출하는 비파괴 검사가 있다.

[0006] 파괴 검사의 경우 실제로 사용되는 구조물에 적용이 어려운 문제점이 있으며, 비파괴 검사 역시 고액의 장비를 사용하여야 하는 등 측정 비용이 높은 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 종래의 문제를 해결하기 위한 것으로서, 계측기의 초기값이 존재하지 않는 구조물의 응력 및 처짐을 산출하기 위하여 구조물에 형성된 공극을 촬영하여 공극의 변형을 통해 구조물의 응력 및 변형률을 측정할 수 있는 공극변형을 이용한 변형률측정방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0008] 본 발명의 목적은 여기에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기와 같은 본 발명의 목적을 달성하기 위한 공극변형을 이용한 변형률측정방법은 구조물의 일측에 형성된 공극을 이용하여 상기 구조물에 발생한 응력에 의한 공극변형 측정을 통해 응력 및 변형률을 측정한다.

[0010] 이때, 상기 공극변형을 이용한 변형률측정방법은, 구조물의 일측을 촬영하는 촬영단계, 상기 촬영단계에서 촬영된 이미지에서 공극을 확인하는 공극 확인단계, 상기 공극 확인단계에서 확인된 공극의 변형량을 산출하는 변형량 산출단계 및 상기 변형량 산출단계에서 산출된 공극의 변형률에 기초하여 상기 구조물의 응력을 측정하는 응력측정단계를 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 공극 확인단계는, 상기 이미지에서 공극을 추출하는 이미지 추출단계 및 타원으로 변형된 공극의 장축 및 단축 값을 측정하는 반지름 측정단계를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 변형량 산출단계에서 산출된 공극의 변형률을 이용하여 상기 구조물의 처짐을 측정하는 처짐 측정단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 촬영단계, 상기 촬영단계 내지 상기 응력측정단계 중 적어도 어느 하나를 반복 수행하여 산출된 값의 평균값을 이용하여 상기 구조물에 발생한 응력을 결정할 수 있다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 공극변형을 이용한 응력측정방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0015] 첫째, 계측장치가 설치되지 않은 구조물의 초기 계측값이 존재하지 않는 기존 구조물의 경우에도 현재의 응력 및 변형률을 산출할 수 있다.

[0016] 둘째, 구조물을 파괴하지 않고 구조물에 발생하는 응력 및 처짐을 용이하게 산출할 수 있는 효과가 있다.

[0017] 셋째, 구조물의 일측을 촬영한 후 촬영된 이미지에서 공극을 추출하여 공극의 변형량을 통해 구조물에 발생한 응력 및 처짐을 산출하기 때문에 별도의 측정 장비를 사용하지 않고도 구조물의 응력 및 처짐을 용이하게 산출할 수 있는 효과가 있다.

[0018] 넷째, 본 발명에 따른 방법을 이용하면 전문가가 아니라도 용이하게 구조물의 응력 및 처짐을 용이하게 산출할

수 있는 효과가 있다.

[0019] 다섯째, 콘크리트, 금속, 비철금속, 폴리머 또는 플라스틱 등 공극을 포함하는 다양한 재질로 이루어진 구조물에 적용이 가능한 효과가 있다.

[0020] 본 발명의 효과들은 상기 언급한 효과에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0021] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명에 따른 공극변형을 이용한 응력 및 변형률측정방법을 순차적으로 나타낸 순서도;

도 2는 교량의 측면도;

도 3은 도 2의 I-I단면도;

도 4는 도 2의 E부분에서 촬영한 이미지를 개략적으로 나타내는 도면;

도 5는 도 4에서 하나의 공극을 확대한 도면; 및

도 6은 교량의 처짐을 개략적으로 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다.

[0024] 금속, 비철금속, 콘크리트, 폴리머 또는 플라스틱 등의 재료를 액체 상태로 형틀에 부어 넣은 후 경화시켜 제조되는 구조물(100)에는 액체 상태의 재료 주입 공정 등에 공기 또는 가스가 함께 유입되어 공극(200)이 발생하게 된다. 이러한 공극(200)은 표면장력에 의해 구 형상으로 형성되는 것이 일반적이다. 본 발명에서는 공극(200)이 중심에서 일정한 지름으로 이루어진 구면을 갖는 구 형상으로 이루어진 것을 전제로 설명하기로 한다.

[0025] 이러한 공극(200)을 포함하는 구조물은 시간이 지남에 따라 구조물(100)에 발생하는 응력에 의해 구조물(100)에 변형이 발생하며, 이에 따라 공극(200)에도 변형이 발생하여 타원으로 변형된다. 본 발명에 따른 공극변형을 이용한 응력측정방법은 이러한 공극(200)의 변형을 이용하여 구조물의 파괴 없이 구조물(100)에 발생한 응력을 산출한다.

[0026] 이와 같이, 공극(200)의 변형을 통한 구조물(100)의 응력을 측정하는 응력측정방법을 보다 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[0027] 도 1은 본 발명에 따른 공극변형을 이용한 응력측정방법을 순차적으로 나타낸 순서도이고, 도 2는 교량의 측면도이고, 도 3은 도 2의 I-I단면도이고, 도 4는 도 2의 E부분에서 촬영한 이미지를 개략적으로 나타내는 도면이다. 먼저, 도 1에 도시된 바와 같이, 먼저, 구조물(100)의 일측을 촬영한다(S100). 이때, 구조물(100)의 촬영위치는 어떠한 위치가 되어도 무방하다. 일실시예로 도 2에 도시된 콘크리트 교량 구조물(100)의 E지점 일측을 촬영한 것을 기준으로 설명하기로 한다. 이때, E지점은 교량 구조물(100)의 하면 또는 하면에 근접한 지점을 의미하며, 본 발명에서는 교량 구조물(100)의 하면을 촬영한 것으로 기준으로 한다. 이와 같이, 교량 구조물(100)의 일측을 촬영하면 도 4에 도시된 바와 같이, 많은 공극(200)이 촬영된 이미지를 획득할 수 있다.

[0028] 도 5는 도 4에서 하나의 공극을 확대한 도면이다. 다음으로, 촬영단계(S100)에서 촬영된 이미지에서 공극(200)을 확인한다(S200). 이러한 공극 확인단계(S200)는 이미지 추출단계(S210) 및 반지름 측정단계(S220)를 포함한다.

[0029] 이미지 추출단계(S210)는 촬영단계(S100)에서 촬영한 이미지에서 공극(200)을 확인하고, 도 5에 도시된 바와 같이, 확인된 이미지에 포함된 공극(200) 중 어느 하나의 이미지를 추출한다. 이러한 이미지 추출단계(S210)에서 확인되는 공극(200)은 그 크기가 미세하기 때문에 원활한 후속 공정을 위하여 이미지를 확대하여 추출할 수도 있다.

[0030] 다음으로, 반지름 측정단계(S220)은 이미지 추출단계(S210)에서 선택된 구조물(100)의 변형에 따라 타원으로 변형된 공극(220)의 장축 및 단축 반지름을 각각 측정한다.

[0031] 다음으로, 공극 확인단계(S200)에서 확인된 타원으로 변형된 공극(220)의 변형량을 산출한다(S300). 즉, 구조물(100)의 최초 설치 시 원형으로 이루어졌던 공극(210)이 구조물(100)이 받는 응력에 의한 변형에 따라 타원으로 변형되기 때문에 이러한 공극(200)의 변형량을 산출하는 것이다. 도 3에 나타난 바와 같이, 구조물(100)의 A지점 내지 E지점에서는 각각 ε_A 내지 ε_E의 변형율 및 σ_A 내지 σ_E의 응력이 발생한다. 본 발명에서는 E지점에서 촬영된 이미지를 기준으로 설명하기 때문에 ε_E의 변형율 및 σ_E의 응력을 산출하는 것을 기준으로 설명한다.

[0032] 이때, 타원으로 변형된 공극(220)의 장축의 변형율 및 단축의 변형율을 각각 다음의 [수학식 1] 및 [수학식 2]를 통해 산출할 수 있다.

수학식 1

[0033]
$$\epsilon_x = \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu\sigma_y)$$

수학식 2

[0034]
$$\epsilon_y = \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu\sigma_x)$$

[0035] 여기서, ε_x는 타원으로 변형된 공극(220)의 장축의 변형율, ε_y는 타원으로 변형된 공극(220)의 장축의 변형율, r은 원형 공극(210)의 반지름, a는 타원으로 변형된 공극(220)의 단축 반지름, b는 타원으로 변형된 공극(220)의 장축 반지름, E는 구조물(100)의 탄성계수, υ는 구조물(100)의 프와송비, σ_x는 장축방향 응력, σ_y는 단축방향 응력을 의미한다. 이때, 구조물(100)의 탄성계수 E 및 구조물(100)의 프와송비 υ는 일반적으로 구조물(100)의 재원 또는 반발도 검사법 등과 같은 다른 비파괴 검사법 등을 통해 확인 가능한 값이다.

[0036] 전술한 [수학식 1] 및 [수학식 2]를 연립하여 각각 장축방향 응력(σ_x) 및 단축방향 응력(σ_y)을 기준으로 정리하면 다음의 [수학식 3] 및 [수학식 4]와 같이 정리할 수 있다.

수학식 3

[0037]
$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2}(\epsilon_x + \nu\epsilon_y)$$

수학식 4

[0038]
$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2}(\epsilon_y + \nu\epsilon_x)$$

[0039] 한편, 타원으로 변형된 공극(220)의 장축의 변형율 및 단축의 변형율은 각각 다음의 [수학식 5] 및 [수학식 6]을 통해서도 산출할 수 있다.

수학식 5

$$\epsilon_x = \frac{b-r}{r}$$

[0040]

수학식 6

$$\epsilon_y = \frac{a-r}{r}$$

[0041]

[0042] 따라서, [수학식 1] 및 [수학식 5]를 타원으로 변형된 공극(220)의 장축의 변형율(ε_x)로 정리하고, [수학식 2] 및 [수학식 6]을 타원으로 변형된 공극(220)의 단축의 변형율(ε_y)을 기준으로 정리하면 각각 다음의 [수학식 7] 및 [수학식 8]과 같이 정리할 수 있다.

수학식 7

$$\epsilon_x = \frac{b-r}{r} = \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu\sigma_y)$$

[0043]

수학식 8

$$\epsilon_y = \frac{a-r}{r} = \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu\sigma_x)$$

[0044]

[0045] 전술한 [수학식 7] 및 [수학식 8]을 각각 원형 공극(210)의 반지름(r)을 기준으로 정리하면 다음의 [수학식 9] 및 [수학식 10]과 같이 정리할 수 있다.

수학식 9

$$r = \frac{b}{1+\frac{1}{E}(\sigma_x - \nu\sigma_y)}$$

[0046]

수학식 10

$$r = \frac{a}{1+\frac{1}{E}(\sigma_y - \nu\sigma_x)}$$

[0047]

[0048] 전술한 [수학식 9] 및 [수학식 10]에서 원형 공극(210)의 반지름(r)은 동일한 값이므로, [수학식 9] 및 [수학식 10]을 정리하면 다음의 [수학식 11]과 같이 정리할 수 있다.

수학식 11

[0049] $$Eb+b\sigma_y-b\nu\sigma_x=Ea+a\sigma_x-a\nu\sigma_y$$

[0050] 전술한 [수학식 11]을 좌변으로 정리하면 다음의 [수학식 12]와 같이 정리할 수 있다.

수학식 12

[0051] $$E(b-a)+(b+a\nu)\sigma_y-(a-b)\sigma_x=0$$

[0052] 도 2의 E지점에서 단축방향 응력(σ_y)의 값은 0이다. 즉, 도 3에 나타낸 것과 같이 보의 경우 휨에 대한 저항은 y축 방향의 응력을 발생시키지 않고, 단면의 중립축을 기준으로 상단은 x축 방향으로 압축을, 단면의 중립축 하단은 x축 방향의 인장으로 나타난다. 이를 각각 [수학식 12] 및 [수학식 1]에 적용하여, 장축방향 응력(σ_x)을 기준으로 정리하면 다음의 [수학식 13] 및 [수학식 14]를 산출할 수 있다. 따라서, 최하단의 변형률값과 최상단의 변형률값으로 부터 선형적으로 변하는 변형률을 가정하면 보의 어느 지점에서든 변형률 값, 즉, 장축의 변형률(ε_x)을 알 수 있게 된다. 일단 장축의 변형율(ε_x)이 결정되면 전술한 [수학식 8]로부터 단축의 변형율(ε_y)을 결정할 수 있다.

수학식 13

[0053] $$\sigma_x=\frac{E(b-a)}{a+b}$$

수학식 14

[0054] $$\sigma_x=E\epsilon_x$$

[0055] 전술한 [수학식 13] 및 [수학식 14]를 연립하여 타원으로 변형된 공극(220)의 장축의 변형율(ε_x)을 기준으로 정리하면 다음의 [수학식 15]와 같이 정리될 수 있다.

수학식 15

[0056] $$\epsilon_x=\frac{b-a}{a+b}$$

[0057] [수학식 15]에서 타원으로 변형된 공극(220)의 장축 반지름(b) 및 타원으로 변형된 공극(220)의 단축 반지름(a)의 값은 변형량 산출단계(S200)에서 측정을 통해 얻을 수 있는 값이므로 타원으로 변형된 공극(220)의 장축

의 변형율(ε_x)의 값을 얻을 수 있다.

[0058] 다음으로, [수학식 15]를 통해 산출한 타원으로 변형된 공극(220)의 장축의 변형율(ε_x)의 값에 기초하여 구조물(100)의 응력을 측정할 수 있다(S400). 즉, 타원으로 변형된 공극(220)의 장축의 변형율(ε_x)의 값을 [수학식 14]에 적용하면 장축방향 응력(σ_x)을 산출할 수 있다.

[0059] 여기서, 타원으로 변형된 공극(220)의 장축의 변형율(ε_x)의 값은 [수학식 15]를 통해 산출 가능한 값이고, 구조물(100)의 탄성계수(E) 역시 확인 가능한 값이기 때문에 장축방향 응력(σ_x)의 정확한 값을 얻을 수 있다.

[0060] 이와 같이, 장축방향 응력(σ_x)이 0인 지점을 촬영하여 전술한 과정을 통하여 단축방향 응력(σ_y) 역시 산출할 수 있다. 또한, 장축방향 응력(σ_x) 및 단축방향 응력(σ_y)이 0이 아닌 지점에서도 상호 연립을 통해서 구조물(100)에 작용하는 응력을 산출할 수 있다.

[0061] 전술한 수학식들은 일실시예를 나타내는 것일 뿐, 이에 한정하는 것은 아니며, 공극(200)의 변형을 이용하여 구조물(100)의 응력을 측정할 수 있는 수학식이 있다면 어떠한 수학식을 통해 산출하여도 무방하다.

[0062] 도 6은 교량의 처짐을 개략적으로 나타내는 도면이다. 또한, 전술한 [수학식 15]를 통해 산출된 타원으로 변형된 공극(220)의 장축의 변형율(ε_x)을 이용하여 도 6에 도시된 바와 같은 구조물(100)의 처짐을 산출할 수 있다(S500). 타원으로 변형된 공극(220)의 장축의 변형율(ε_x)을 곡률(κ)을 이용한 수식을 적용하면 다음의 [수학식 16]과 같다.

수학식 16

[0063] $$\epsilon_x = -\kappa h$$

[0064] 여기서 κ 는 곡률, h는 단면에서의 중립축으로부터 떨어진 거리를 나타내며, 아래방향이 (+)값, 윗방향이 (-)값을 나타낸다. 전술한 [수학식 16]을 곡률을 기준으로 정리하면 다음의 [수학식 17]과 같이 정리할 수 있다.

수학식 17

[0065] $$\kappa = -\frac{\epsilon_x}{h}$$

[0066] 또한, 곡률(κ)은 다음의 [수학식 18]을 통해서도 산출할 수 있다.

수학식 18

[0067] $$\kappa = \frac{1}{\rho}$$

[0068] 여기서, ρ 는 곡률 반지름을 나타낸다. 전술한 [수학식 18]의 미분방정식을 구조물의 경계조건을 활용하여 정리하면 다음의 [수학식 19]와 같다.

수학식 19

[0069]

$$\kappa = \frac{d^2\delta}{dx^2}$$

[0070] 여기서, δ는 구조물(교량)(100)의 처짐을 나타낸다. 전술한 [수학식 19]를 이용하면 구조물(교량)(100)의 처짐(δ)을 산출할 수 있다. 이와 같이, 전술한 공식들을 이용하면 구조물(100)의 파괴 없이, 설치되어 있는 구조물(100)의 모든 지점에서 작용하는 응력과 처짐을 산출할 수 있다.

[0071] 이때, 보다 정확한 구조물(100)에 작용하는 응력 및 처짐을 산출하기 위하여 복수의 공극(200)을 통해 산출되는 응력 및 처짐의 값을 산출하고, 이들의 평균값을 구조물(100)에 발생한 응력 및 처짐으로 결정할 수 있다.

[0073] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 상술한 실시예들은 모든 면에 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 등가 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0074] 100 : 구조물

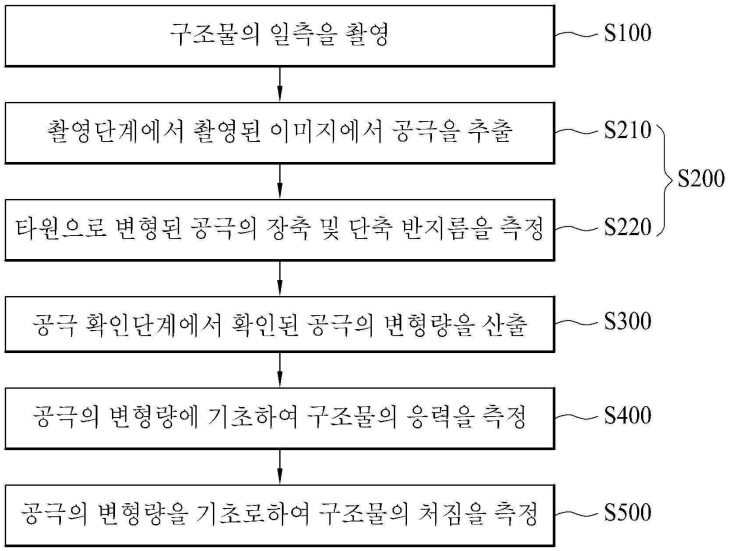
200 : 공극

210 : 원형 공극(변형 전 공극)

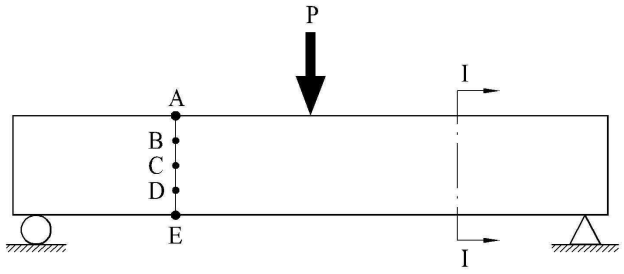
220 : 타원으로 변형된 공극

도면

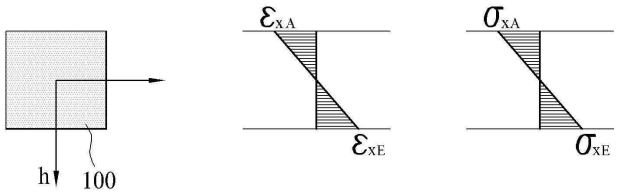
도면1



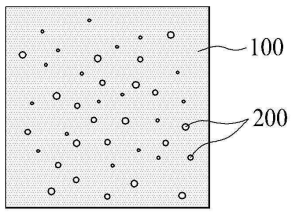
도면2



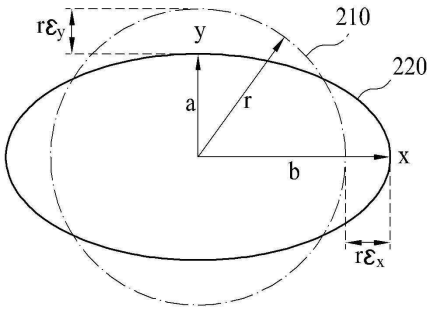
도면3



도면4



도면5



도면6

