



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0115030
(43) 공개일자 2023년08월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01L 1/24 (2006.01) G01D 5/353 (2006.01)

G01M 5/00 (2006.01) G01N 33/38 (2020.01)

(52) CPC특허분류

G01L 1/242 (2013.01)

G01D 5/3537 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0011511

(22) 출원일자 2022년01월26일

심사청구일자 2022년01월26일

(71) 출원인

부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)

(72) 발명자

이환우

부산광역시 해운대구 마린시티2로 38, 1동 707호 (우동, 해운대아이파크)

양희원

부산광역시 북구 화명신도시로 100, 201동 1802호(화명동, 코오롱하늘채2차아파트)

(74) 대리인

오위환, 나성곤, 정기택

전체 청구항 수 : 총 14 항

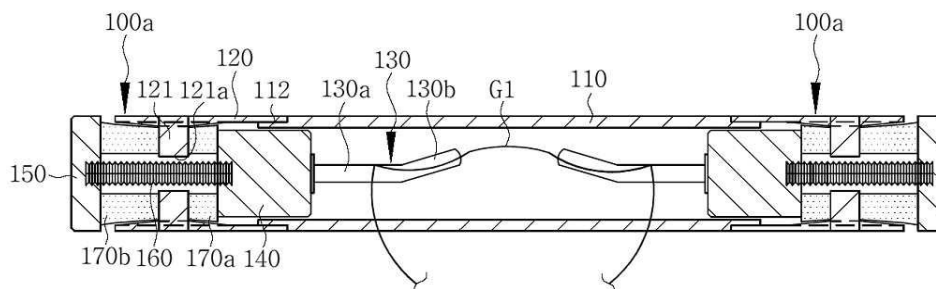
(54) 발명의 명칭 **헤테로 코어형 광섬유 센서를 이용한 콘크리트 응력측정용 매립형 계측 센서모듈**

(57) 요약

본 발명은 헤테로 코어형 광섬유 센서를 이용한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈에 관한 것으로, 컴팩트한 크기를 갖고 PSC 거더 등 콘크리트 구조물에 간단히 매립되어 외부 환경의 영향을 거의 받지 않으면서 콘크리트 응력을 실시간 측정할 수 있는 것은 물론, 내부와 외부 모두 단순화된 구조로 이루어져서 내구성이 높고

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



설치 및 유지보수가 간편하면서도 측정의 신뢰도를 높일 수 있도록 한 것이다.

이러한 본 발명은, 내부공간을 갖는 관형의 케이싱; 케이싱의 일측단부와 타측단부에 각각 삽입되어 서로의 선단부가 이격을 두고 마주한 상태에서 슬라이딩 가능하도록 설치되며 각각의 후단부는 케이싱의 외부로 노출된 상태에서 콘크리트 구조물에 고착되도록 설치되어, 콘크리트 구조물이 압축하중이나 인장하중을 받아 변형될 때의 변형량을 반영하여 변위되도록 한 한 쌍의 슬라이드 어셈블리; 및 슬라이드 어셈블리 한 쌍의 선단부들을 경유하도록 슬라이드 어셈블리 한 쌍의 선단부들 사이 영역에서 곡선을 그리면서 경유하도록 설치되어 콘크리트 구조물의 변형 시 슬라이드 어셈블리 한 쌍의 선단부들 사이 영역에서 곡률이 변화되도록 한 헤테로 코어형 광섬유 센서;를 포함하여, 광섬유 센서의 곡률 변화로 발생하는 전력량의 변화를 근거로 콘크리트 구조물의 응력을 측정할 수 있도록 한다.

(52) CPC특허분류

G01M 5/0041 (2013.01)

G01N 33/383 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711141720
과제번호	2020R1F1A1069734
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	프리스트레스드 콘크리트 부분 거더 모델 실험을 통한 헤테로코어 광파이버 센서 모
들의 안정화 연구	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	부경대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

콘크리트 구조물 내부에 매립된 상태에서 헤테로 코어형 광섬유 센서를 이용하여 콘크리트 응력을 측정할 수 있도록 한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈로서,

내부공간을 갖는 관형의 케이싱;

상기 케이싱의 일측단부와 타측단부에 각각 삽입되어 서로의 선단부가 이격을 두고 마주한 상태에서 슬라이딩 가능하도록 설치되되 각각의 후단부는 상기 케이싱의 외부로 노출된 상태에서 콘크리트 구조물에 고착되도록 설치되어, 콘크리트 구조물이 압축하중이나 인장하중을 받아 변형될 때의 변형량을 반영하여 변위되도록 한 쌍의 슬라이드 어셈블리; 및

상기 슬라이드 어셈블리 한 쌍의 선단부들을 경유하되 상기 슬라이드 어셈블리 한 쌍의 선단부들 사이 영역에서 곡선을 그리면서 경유하도록 설치되어 콘크리트 구조물의 변형 시 상기 슬라이드 어셈블리 한 쌍의 선단부들 사이 영역에서 곡률이 변화되도록 한 헤테로 코어형 광섬유 센서;를 포함하여,

상기 광섬유 센서의 곡률 변화로 발생하는 전력량의 변화를 근거로 콘크리트 구조물의 응력을 측정할 수 있도록 한 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 케이싱의 일단부와 타단부에서 상기 케이싱과 슬라이드 어셈블리 사이에 밀착된 상태로 설치되어 상기 케이싱의 내부공간으로 수분이 침투하는 것을 차단하면서 콘크리트 구조물의 변형 시 탄성에 의해 상기 케이싱에 대한 상기 슬라이드 어셈블리의 상대 변위는 허용하는 탄성지지체를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 슬라이드 어셈블리의 선단부에는 전방 돌출된 형태로 상기 광섬유 센서를 지지하는 센서 지지봉이 구비된 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 센서 지지봉은 상기 케이싱의 중심축과 일치하게 형성된 후측 지지부와 상기 후측 지지부의 선단부에서 절곡되어 경사지게 연장 형성되어 상기 광섬유 센서가 곡률을 그리도록 안내하는 전측 지지부로 이루어진 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 슬라이드 어셈블리는, 상기 센서 지지봉과, 상기 케이싱 내부에서 이동 가능하도록 위치하면서 상기 센서 지지봉을 지지하는 선단부 이동체와, 상기 케이싱의 외부에서 콘크리트 구조물에 고착되는 후단부 지압판과, 상기 선단부 이동체와 후단부 지압판을 이격된 상태로 결합시켜 주는 결합봉으로 이루어지며,

상기 결합봉은 상기 선단부 이동체와 후단부 지압판보다 좁은 폭을 갖는 장봉의 몸체로 형성되며, 상기 탄성지지체는 상기 결합봉에 의해 관통된 상태에서 상기 선단부 이동체와 후단부 지압판 사이에 구비된 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 결합봉은 외주면에 수나사 형성되어 상기 선단부 이동체 및 후단부 지압판과 나사체결되며,

상기 케이싱의 일단부와 타단부 각각의 내부에는 상기 결합봉이 관통하도록 관통홀을 구비한 내부 격벽이 형성되며,

상기 탄성지지체는, 상기 선단부 이동체와 상기 내부 격벽 사이에 밀착되는 링 형상의 제1탄성지지체와, 상기 후단부 지압판과 상기 내부 격벽 사이에 밀착되는 링 형상의 제2탄성지지체로 구비되어 수분의 침투를 이중으로 차단할 수 있도록 한 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1탄성지지체와 제2탄성지지체는 실리콘을 소재로 이루어진 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 후단부 지압판은 콘크리트 구조물의 변형량을 광섬유 센서에 그대로 전달할 수 있도록 알루미늄을 소재로 이루어진 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 케이싱은, 상기 센서 지지봉과 광섬유 센서를 수용하는 내부공간을 갖는 관형의 본체 케이싱과, 상기 본체 케이싱의 일단부와 타단부에 각각 결합되며 내부에 상기 내부 격벽을 구비한 한 쌍의 측부 케이싱으로 이루어지며,

상기 측부 케이싱은 상기 슬라이드 어셈블리, 제1탄성지지체 및 제2탄성지지체와 함께 하나의 모듈을 이루고 있는 상태에서 상기 본체 케이싱에 결합되도록 한 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 본체 케이싱은 일단부 외주면과 타단부 외주면에서 둘레방향을 따라 단차지게 형성된 끼움홈을 구비하며, 상기 측부 케이싱은 상기 본체 케이싱의 끼움홈에 끼워져 결합되며 상기 본체 케이싱과 동일한 크기의 외경을 갖는 관형의 몸체로 형성된 것을 특징으로 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 본체 케이싱의 중앙부 전면에는 상기 센서 지지봉과 상기 센서 지지봉에 의해 곡선을 그리도록 설치된 광섬유 센서를 노출시켜주는 개구부가 형성되고, 상기 본체 케이싱의 개구부에 대응하는 형태로 형성되어 상기 본체 케이싱의 개구부를 선택적으로 개폐하는 개구부 덮개를 더 구비하며,

상기 개구부 덮개의 중앙부에는 상기 광섬유 센서가 인입되는 인입공이 형성된 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 케이싱은 폴리아세탈(polyacetal)을 소재로 이루어진 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정용 매립형 계

측 센서모듈.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 개구부 덮개는 알루미늄을 소재로 이루어지며, 상기 광섬유 센서와 연결된 광섬유를 관통시킨 상태로 붙잡고 있는 상태에서 상기 개구부 덮개의 인입공에 밀접하게 끼워져 고정되어 수분의 침투를 차단하는 탄성재질의 홀더캡을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈.

청구항 14

콘크리트 구조물 내부에 매립된 상태에서 헤테로 코어형 광섬유 센서를 이용하여 콘크리트 응력을 측정하는 제1항 내지 제13항 중 어느 한 항의 매립형 계측 센서모듈;

상기 광섬유 센서와 연결된 광섬유의 일단부에서 빛을 조사하는 광원;

상기 광섬유 센서와 연결된 광섬유의 타단부에서 상기 광섬유를 통과한 빛을 감지하여 전력으로 변환하는 광원 검출기;

상기 광원 검출기에서 변환된 전력량을 측정하는 광원 분석기;

상기 광원 분석기가 측정한 전력량의 변화를 근거로 콘크리트 구조물의 응력을 산출하는 응력 산출부;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 응력 측정시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 콘크리트 응력측정용 매립형 계측 센서모듈에 관한 것으로, 특히 컴팩트한 크기를 갖고 PSC 거더 등 콘크리트 구조물에 간단히 매립되어 외부 환경의 영향을 거의 받지 않으면서 콘크리트 구조물에 작용하는 응력을 실시간 측정할 수 있는 것은 물론, 내부와 외부 모두 단순화된 구조로 이루어져서 내구성이 높고 설치 및 유지보수가 간편하면서도 측정의 신뢰도를 높일 수 있도록 한 콘크리트 응력측정용 매립형 계측 센서모듈에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 프리스트레스트 콘크리트(prestressed concrete, PSC)는 교량이나 원자력 발전용 격납구조물 등과 같은 중요한 사회기반 시설에 널리 적용되는 공법이다. 공용 기간 동안 구조물을 적절하게 유지 및 관리하는 것은 공공의 안전을 보장하고 신뢰성 있는 서비스를 제공하기 위해 매우 중요하다.

[0004] 프리스트레스는 PSC 구조물의 핵심 요소로서 강연선 등과 같은 긴장재를 이용하여 콘크리트에 도입된 압축응력이다. 이러한 프리스트레스는 여러 가지 요인에 의해 손실이 발생하며, 이에 따른 구조물의 처짐이나 균열은 PSC 구조물의 내구성을 저하시키는 원인이 된다.

[0005] PSC 구조물의 건전도 모니터링은 프리스트레스 손실에 따른 콘크리트의 응력 상태를 평가하는 것이 중요하다. 프리스트레스를 모니터링하여 구조물의 보수 또는 보강을 위한 방안을 수립할 수 있으며 구조물에 대하여 안정성을 보장할 수 있다.

[0006] 프리스트레스는 긴장재에 센서를 부착하거나 삽입하여 긴장재의 인장력을 측정한 후 단면해석 등의 계산에 의한 간접적인 방법으로 평가할 수 있다. 또한, 콘크리트의 압축 변형률을 측정하여 프리스트레스를 직접적인 방법으로 평가할 수 있다. 긴장재의 인장응력을 측정하는 방법에는 탄성자기효과 기반의 EM센서와 격자 브래그 광섬유(FBG) 센서 등 광섬유를 긴장재에 설치하여 변형률을 측정하는 것이 대표적인 방법이다.

[0007] 이와 관련하여 본 출원인은 한국등록특허 제2057520호(2019.12.13.)를 통해 ‘헤테로 코어형 광파이버 센서를 이용한 콘크리트 응력측정용 노출형 계측 센서모듈’을 개시한 바 있다. 상기 콘크리트 응력측정용 노출형 계측 센서모듈은 서로의 길이방향으로 슬라이딩 변위 가능하도록 서로 마주하여 교차결합된 상태에서 각각의 후단부가 콘크리트 구조물의 외벽 제1지점과 제2지점에 고정되어, 콘크리트 구조물에 압축하중이 가해져서 제1지점과

제2지점 간 이격거리가 미세하게 줄어들 때 서로 마주하여 전진하는 방향으로 슬라이딩 변위되면서 전체 길이가 축소되도록 한 제1본체 및 제2본체로 구성되었다. 이로써 컴팩트한 크기를 갖고 PSC 거더 등 콘크리트 구조물 외벽에 간단히 설치되어 헤테로 코어형 광섬유 센서에 의한 콘크리트 구조물의 응력 측정을 실시간으로 수행할 수 있었다.

[0008] 하지만, 종래기술에 의한 콘크리트 응력측정용 노출형 계측 센서모듈은 기존 콘크리트 구조물 외벽에 간단히 설치할 수 있다는 장점이 있었으나 노출형인 관계로 외부환경의 영향을 많이 받아 정밀한 측정이 어려울 수밖에 없었으며, 이같은 외부환경의 영향을 최소화하기 위하여 콘크리트 구조물 내부에 매립하고자 하는 경우에는 수분 차단이 어려움과 같은 구조적인 문제로 인해 적합하지 않았다.

[0009] 또한, 종래기술에 의한 콘크리트 응력측정용 노출형 계측 센서모듈에서는 헤테로 코어형 광섬유 센서가 제2본체의 후단부를 통해 인입된 후 제2본체의 선단부를 거쳐 제1본체의 후단부 인근 경유한 후 되돌아와서 다시 제2본체의 후단부 인근을 경유하여 되돌아오도록 구성되었기 때문에 계측 센서모듈 내부에서 광섬유 센서의 설치 경로가 길고 복잡해짐에 따라 광섬유 센서를 이용한 정확한 측정에 손실로 작용하였다. 그리고 광섬유 센서의 인입 및 인출 지점이 계측 센서모듈 중앙으로 형성되지 못하고 측부에 형성되었기 때문에 콘크리트에 계측 센서모듈이 매립된 상태가 되었다고 가정하였을 때 광섬유 센서를 교체하는데 더 많은 어려움이 예상되었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제2057520호(2019.12.13.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 이에 본 발명은 상기와 같은 종래의 제반 문제점을 해소하기 위해 제안된 것으로, 본 발명의 목적은 컴팩트한 크기를 갖고 PSC 거더 등 콘크리트 구조물에 간단히 매립되어 외부 환경의 영향을 거의 받지 않으면서 콘크리트 응력을 실시간 측정할 수 있는 것은 물론, 내부와 외부 모두 단순화된 구조로 이루어져서 내구성이 높고 설치 및 유지보수가 간편하면서도 측정의 신뢰도를 높일 수 있도록 한 콘크리트 응력측정용 매립형 계측 센서모듈을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 기술적 사상에 의한 콘크리트 응력측정용 매립형 계측 센서모듈은, 콘크리트 구조물 내부에 매립된 상태에서 헤테로 코어형 광섬유 센서를 이용하여 콘크리트 응력을 측정할 수 있도록 한 것으로, 내부공간을 갖는 관형의 케이싱; 상기 케이싱의 일측단부와 타측단부에 각각 삽입되어 서로의 선단부가 이격을 두고 마주한 상태에서 슬라이딩 가능하도록 설치되며 각각의 후단부는 상기 케이싱의 외부로 노출된 상태에서 콘크리트 구조물에 고착되도록 설치되어, 콘크리트 구조물이 압축하중이나 인장하중을 받아 변형될 때의 변형량을 반영하여 변위되도록 한 한 쌍의 슬라이드 어셈블리; 및 상기 슬라이드 어셈블리 한 쌍의 선단부들을 경유하되 상기 슬라이드 어셈블리 한 쌍의 선단부들 사이 영역에서 곡선을 그리면서 경유하도록 설치되어 콘크리트 구조물의 변형 시 상기 슬라이드 어셈블리 한 쌍의 선단부들 사이 영역에서 곡률이 변화되도록 한 헤테로 코어형 광섬유 센서;를 포함하여, 상기 광섬유 센서의 곡률 변화로 발생하는 전력량의 변화를 근거로 콘크리트 구조물의 응력을 측정할 수 있도록 한 것을 그 기술적 구성상의 특징으로 한다.

[0015] 여기서, 상기 케이싱의 일단부와 타단부에서 상기 케이싱과 슬라이드 어셈블리 사이에 밀착된 상태로 설치되어 상기 케이싱의 내부공간으로 수분이 침투하는 것을 차단하면서 콘크리트 구조물의 변형 시 탄성에 의해 상기 케이싱에 대한 상기 슬라이드 어셈블리의 상대 변위는 허용하는 탄성지지체를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 슬라이드 어셈블리의 선단부에는 전방 돌출된 형태로 상기 광섬유 센서를 지지하는 센서 지지봉이

구비된 것을 특징으로 할 수 있다.

- [0017] 또한, 상기 센서 지지봉은 상기 케이싱의 중심축과 일치하게 형성된 후측 지지부와 상기 후측 지지부의 선단부에서 절곡되어 경사지게 연장 형성되어 상기 광섬유 센서가 곡률을 그리도록 안내하는 전측 지지부로 이루어진 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 슬라이드 어셈블리는, 상기 센서 지지봉과, 상기 케이싱 내부에서 이동 가능하도록 위치하면서 상기 센서 지지봉을 지지하는 선단부 이동체와, 상기 케이싱의 외부에서 콘크리트 구조물에 고착되는 후단부 지압판과, 상기 선단부 이동체와 후단부 지압판을 이격된 상태로 결합시켜 주는 결합봉으로 이루어지며, 상기 결합봉은 상기 선단부 이동체와 후단부 지압판보다 좁은 폭을 갖는 장봉의 몸체로 형성되며, 상기 탄성지지체는 상기 결합봉에 의해 관통된 상태에서 상기 선단부 이동체와 후단부 지압판 사이에 구비된 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 결합봉은 외주면에 수나사 형성되어 상기 선단부 이동체 및 후단부 지압판과 나사체결되며, 상기 케이싱의 일단부와 타단부 각각의 내부에는 상기 결합봉이 관통하도록 관통홀을 구비한 내부 격벽이 형성되며, 상기 탄성지지체는, 상기 선단부 이동체와 상기 내부 격벽 사이에 밀착되는 링 형상의 제1탄성지지체와, 상기 후단부 지압판과 상기 내부 격벽 사이에 밀착되는 링 형상의 제2탄성지지체로 구비되어 수분의 침투를 이중으로 차단할 수 있도록 한 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 제1탄성지지체와 제2탄성지지체는 실리콘을 소재로 이루어진 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 후단부 지압판은 콘크리트 구조물의 변형량을 광섬유 센서에 그대로 전달할 수 있도록 알루미늄을 소재로 이루어진 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 케이싱은, 상기 센서 지지봉과 광섬유 센서를 수용하는 내부공간을 갖는 관형의 본체 케이싱과, 상기 본체 케이싱의 일단부와 타단부에 각각 결합되며 내부에 상기 내부 격벽을 구비한 한 쌍의 측부 케이싱으로 이루어지며, 상기 측부 케이싱은 상기 슬라이드 어셈블리, 제1탄성지지체 및 제2탄성지지체와 함께 하나의 모듈을 이루고 있는 상태에서 상기 본체 케이싱에 결합되도록 한 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 본체 케이싱은 일단부 외주면과 타단부 외주면에서 둘레방향을 따라 단차지게 형성된 끼움홈을 구비하며, 상기 측부 케이싱은 상기 본체 케이싱의 끼움홈에 끼워져 결합되며 상기 본체 케이싱과 동일한 크기의 외경을 갖는 관형의 몸체로 형성된 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 본체 케이싱의 중앙부 전면에는 상기 센서 지지봉과 상기 센서 지지봉에 의해 곡선을 그리도록 설치된 광섬유 센서를 노출시켜주는 개구부가 형성되고, 상기 본체 케이싱의 개구부에 대응하는 형태로 형성되어 상기 본체 케이싱의 개구부를 선택적으로 개폐하는 개구부 덮개를 더 구비하며, 상기 개구부 덮개의 중앙부에는 상기 광섬유 센서가 인입되는 인입공이 형성된 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 케이싱은 폴리아세탈(polyacetal)을 소재로 이루어진 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 개구부 덮개는 알루미늄을 소재로 이루어지며, 상기 광섬유 센서와 연결된 광섬유를 관통시킨 상태로 붙잡고 있는 상태에서 상기 개구부 덮개의 인입공에 밀접하게 끼워져 고정되어 수분의 침투를 차단하는 탄성 재질의 홀더캡을 더 구비하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0027] 한편, 본 발명에 의한 콘크리트 응력 측정시스템은 콘크리트 구조물 내부에 매립된 상태에서 헤테로 코어형 광섬유 센서를 이용하여 콘크리트 응력을 측정하는 제1항 내지 제13항 중 어느 한 항의 매립형 계측 센서모듈; 상기 광섬유 센서와 연결된 광섬유의 일단부에서 빛을 조사하는 광원; 상기 광섬유 센서와 연결된 광섬유의 타단부에서 상기 광섬유를 통과한 빛을 감지하여 전력으로 변환하는 광원 검출기; 상기 광원 검출기에서 변환된 전력량을 측정하는 광원 분석기; 상기 광원 분석기가 측정한 전력량의 변화를 근거로 콘크리트 구조물의 응력을 산출하는 응력 산출부;를 포함하는 것을 그 기술적 구성상의 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0029] 본 발명에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈은 30cm 정도의 길이를 갖는 원통형의 컴팩트한 크기로 구성되어 PSC 거더 등 콘크리트 구조물에 간단히 매립하여 외부 환경의 영향을 거의 받지 않는 가운데 콘크리트 응력을 실시간으로 측정할 수 있다.
- [0030] 또한, 본 발명은 내부와 외부 모두 단순화된 구조로 이루어져서 내구성이 높고 설치 및 유지보수가 간편하며 측

정의 신뢰도까지 높일 수 있다는 장점이 있다.

[0031] 또한, 본 발명은 본체 케이싱을 중심으로 설치된 일측과 타측에 각각 설치된 슬라이드 어셈블리에 의해 본체 케이싱의 일측과 타측 중 어느 한쪽에서만 국부적으로 발생하는 콘크리트 구조물의 변형량까지 모두 감지하는 것이 가능하다.

[0032] 또한, 본 발명은 제1탄성지지체와 제2탄성지지체를 구비한 구성에 의해 콘크리트 구조물의 변형 시 슬라이드 어셈블리의 변위를 허용하면서도 외부에서 침투하려는 수분을 이중으로 철저히 차단하게 된다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈의 사시도
 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈에서 본체 케이싱의 개구부로부터 개구부 덮개를 분리한 상태의 사시도
 도 3은 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈의 구성을 설명하기 위한 단면도
 도 4는 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈에서 본체 케이싱의 단면도
 도 5는 도 4의 I-I에 따른 단면도
 도 6은 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈에서 개구부 덮개의 단면도
 도 7은 도 6의 II-II에 따른 단면도
 도 8은 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈에서 측부 케이싱의 단면도
 도 9는 도 8의 III-III에 따른 단면도
 도 10은 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈을 이용한 콘크리트 변형량 측정 시스템의 구성도
 도 11은 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈에서 광섬유 센서의 굽힘 손실 메커니즘을 설명하기 위한 참조도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하거나, 개략적인 구성을 이해하기 위하여 실제보다 축소하여 도시한 것이다.

[0036] 또한, 제1 및 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 지니고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의된 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 지니는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0037] <실시예>

[0038] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈의 사시도이며, 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈에서 본체 케이싱의 개구부로부터 개구부 덮개를 분리한 상태의 사시도이며, 도 3은 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈의 구성

을 설명하기 위한 단면도이다.

- [0039] 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈은 케이싱을 이루고 있는 본체 케이싱(110) 및 측부 케이싱(120), 슬라이드 어셈블리를 이루고 있는 센서 지지봉(130), 선단부 이동체(140), 후단부 지압판(150) 및 결합봉(160), 그리고 제1탄성지지체(170a) 및 제2탄성지지체(170b), 광섬유 센서(G1)를 주요 구성요소로 포함하여 이루어진다.
- [0040] 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈은 상기 주요 구성요소들에 의해 컴팩트한 크기를 갖고 PSC 거더 등 콘크리트 구조물에 간단히 매립되어 외부 환경의 영향을 거의 받지 않으면서 콘크리트 응력을 실시간 측정할 수 있는 것은 물론, 내부와 외부 모두 단순화된 구조로 이루어져서 내구성이 높고 설치 및 유지보수가 간편하면서도 측정의 신뢰도를 높일 수 있도록 구성된다.
- [0041] 이하, 상기 각 구성요소들을 중심으로 본 발명의 실시예에 의한 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈에 대해 상세히 설명한다.
- [0042] 상기 본체 케이싱(110)은 센서 지지봉(130)과 광섬유 센서(G1)를 수용하는 내부공간을 갖는 관형의 몸체로 이루어진다. 상기 본체 케이싱(110)의 중앙부 전면에는 한 쌍의 센서 지지봉(130)과, 그 사이 영역에서 곡선을 그리도록 접합 설치된 광섬유 센서(G1)를 노출하는 개구부(111)가 형성되고 상기 본체 케이싱(110)의 개구부(111)를 덮을 수 있도록 한 개구부 덮개(110a)가 구비된다. 이로써 상기 개구부(111)를 통해 광섬유 센서(G1)의 초기 설치가 편리한 것은 물론, 필요한 경우 사용 중간 유지보수 작업도 쉽게 이루어질 수 있다.
- [0043] 여기서 본체 케이싱(110)은 기계적 성질이 높은 폴리아세탈(polyacetal)을 소재로 이루어져서 취급 과정이나 콘크리트 구조물에 매립된 상태에서 압력과 충격에 쉽게 변형되거나 파손되지 않도록 하며, 상기 개구부 덮개(110a)는 내부식성이 강하면서 상대적으로 경도가 높은 알루미늄을 소재로 이루어진다. 상기 개구부 덮개(110a)의 중앙부에는 광섬유 센서(G1)가 인입되는 인입공(113)이 형성된다. 상기 개구부 덮개(110a)의 인입공(113)에는 도 2에 도시된 것처럼 탄성재질의 홀더캡(110b)이 밀접하게 끼워져 고정되며, 상기 홀더캡(110b)은 광섬유 센서(G1)와 연결된 광섬유를 관통시킨 상태로 변위되지 않도록 안정적으로 붙잡아 준다.
- [0044] 상기 측부 케이싱(120)은 본체 케이싱(110)의 일단부와 타단부에 각각 결합되며 내부에는 슬라이드 어셈블리의 결합봉(160)이 관통하도록 관통홀(121a)을 구비한 내부 격벽(121)이 형성된다. 상기 본체 케이싱(110)과 측부 케이싱(120) 간 결합을 위하여 상기 본체 케이싱(110)의 일단부 외주면과 타단부 외주면에는 둘레방향을 따라 단차지게 형성된 끼움홈(112)이 구비되고, 상기 측부 케이싱(120)은 상기 본체 케이싱(110)의 끼움홈(112)에 끼워져 결합된다. 여기서 측부 케이싱(120)은 본체 케이싱(110)과 동일한 크기의 외경을 갖는 관형의 몸체로 형성되어 본체 케이싱(110)과 측부 케이싱(120)이 결합된 케이싱 전체의 외주면은 단차 없는 매끄러운 표면으로 형성되도록 한다.
- [0045] 상기 센서 지지봉(130)은 슬라이드 어셈블리의 선단부에서 전방 돌출된 형태로 형성되어 상기 광섬유 센서(G1)를 지지하는 역할을 한다. 상기 센서 지지봉(130)은 본체 케이싱(110)의 중심축과 일치하게 형성된 후측 지지부(130a)와 상기 후측 지지부(130a)의 선단부에서 절곡되어 경사지게 연장 형성된 전측 지지부(130b)로 이루어진다. 이처럼 상기 센서 지지봉(130)은 단순히 하나의 일자형 봉으로 형성되지 않고 후측 지지부(130a)와 전측 지지부(130b)가 조합된 절곡된 형태로 형태로 형성되어 센서 지지봉(130)과 센서 지지봉(130) 사이 영역에서 광섬유 센서(G1)가 자연스럽게 곡률을 그리도록 안내할 수 있게 된다. 이처럼 광섬유 센서(G1)가 센서 지지봉(130)과 센서 지지봉(130) 사이 영역에서 직선이 아닌, 어느 정도의 곡률을 유지하면서 굽힘 손실이 발생한 형태로 설치되면 콘크리트 구조물의 변형에 대한 민감도를 높일 수 있는 장점이 있다.
- [0046] 상기 광섬유 센서(G1)는 코어직경이 크고 굽힘에 둔감한 광섬유를 임의의 위치에서 절단한 후, 그 사이에 직경이 작은 단일모드(single mode) 광섬유를 삽입하여 융착한 것이다. 단일모드 광섬유가 부착된 부분을 헤테로코어부라 하여 상기 센서 지지봉(130)과 센서 지지봉(130) 사이 영역에 위치하게 되며, 이 부분이 구부러지게 되면 굽힘 손실 이론에 따른 광손실이 발생하게 된다. 이때의 손실량과 굽힘 곡률의 변화는 선형적인 관계를 나타내기 때문에 이와 같은 관계를 이용하여 직선적인 변위에 의해 헤테로코어부가 구부러지는 구조로 광섬유 센서를 구축할 수 있는 것이다.
- [0047] 여기서 굽힘 손실(bending loss)이란, 직선상의 광섬유 코어(core)를 통과하는 빛이 굽힘에 의해서 손실되는 물리적 현상을 의미한다. 특히, 단일모드(single mode) 광섬유에서 국부적인 미소굽힘(local bending)이 가해질 때 발생하는 굽힘 손실은 크게 순수 굽힘 손실(pure bend loss)과 모드 전환 손실(mode transition loss)로 구성된다.

[0048] 순수 굽힘 손실은 광섬유 코어와 클래딩의 굴절률 차에 의해 빛이 전반사되어 도파하고 있을 때, 굽힘이 발생한 영역에서 입사각이 작아짐으로써 빛이 완전히 도파하지 못하고 일부가 밖으로 손실되는 현상을 말한다. 도 11은 이러한 순수 굽힘 손실의 메카니즘을 보여주는 것으로 광섬유에 굽힘이 가해지기 전에 손실 없이 P_0 의 파워(강도)를 가지는 빛이 반경 r_b 와 각 θ 를 갖는 원형으로 굽힘을 갖는 광섬유를 지날 때 위상의 속도는 곡률의 중심으로부터 거리에 따라 증가한다. 이때, 증가되는 속도는 빛의 속도보다 클 수 없기 때문에 빛의 속도와 동일한 특정 반경 r_c 보다 큰 횡모드 세기분포는(도 11에서 어두운 영역에 해당하는 파워 P_c 의 영역) 광섬유 외부로 방사되며, 순수 굽힘손실에 의해 없어지고 남은 파워는 $P(r_b, \Phi) = P_0 - P_c$ 가 된다.

[0049] 곡률 r_b 와 호의 길이 s 만큼 굽힘이 발생한 광섬유를 진행한 후 순수 굽힘 손실에 의해 없어지고 남은 빛의 세기 $P(s)$ 에 대한 표현은 아래와 같다.

$$P(s) = P_0 \exp(-\gamma_s) \quad (1)$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{\pi}}{2a} \left(\frac{a}{r_b} \right)^{1/2} \frac{V^2 W^{1/2}}{U^2} \exp \left[-\frac{4}{3} \frac{r_b}{a} \frac{W^3 \Delta}{V^2} \right] \quad (2)$$

[0050]

[0051] 여기에서 V , U , W 그리고 Δ 는 아래와 같다.

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} (n_{co}^2 - n_{cl}^2)^{1/2}$$

$$U = a(k^2 n_{co}^2 - \beta^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$W = a(\beta^2 - k^2 n_{cl}^2)^{1/2}$$

$$\Delta = (1/2)(1 - n_{cl}^2 / n_{co}^2)$$

[0052]

[0053] 위 식에서 n_{co} 는 코어의 굴절률, n_{cl} 은 클래딩의 굴절률이며, a 는 코어반경이고, k 는 전파상수로 $k = 2\pi/\lambda$ 를 의미하며, λ 는 입사파의 파장이다. 또한, 모드조건을 유발하는 광섬유의 횡방향 전파상수 성분은 $\beta = k_0 n_{co} \sin \theta$ 이다. β 의 표현에서 k_0 는 진공 중에서의 전파상수이며, θ 는 광섬유 코어 내에서 코어와 클래딩의 경계로 입사하는 빛이 경계면의 입사점에서 세운 법선과 이루는 각도이다. 이 β 는 $n_{cl}k < \beta < n_{co}k$ 을 만족한다.

[0054] 모드전환 손실은 광섬유의 곧은 부분과 굽혀져 있는 부분의 모드 형상이 서로 다른 경우에 발생한다. 도 11에 나타난 것처럼 굽힘 영역에서 모드의 중심 최대값은 곧게 뻗은 광섬유 영역과 비교해서 거리 l 만큼 반경의 바깥 부분으로 옮겨진다. 광섬유의 직선 부분에서 굽힘이 시작되는 교차점 1(junction 1)에서 입사된 빛의 세기 중 일부는 굽힘이 발생한 광섬유로 진행하고, 나머지 빛의 세기는 클래딩과 그 외곽의 코팅층 영역에서 방사 모드(radiation mode)와 결합한다. 이러한 현상은 광섬유가 굽었다가 다시 직선으로 펴지는 교차점 2(junction 2)에서도 동일하게 발생하는데, 굽힘에 따른 총 모드전환 손실은 두 교차점에서의 손실량을 합하여 계산한다.

[0055] 결론적으로 광섬유 센서의 굽힘 손실은 광섬유의 굽혀진 영역에서 발생하는 순수 굽힘 손실과 두 개의 교차점에서 발생하는 모드 전환 손실로 인해 그 세기가 결정된다.

[0056] 상기 선단부 이동체(140)는 상기 케이싱 내부에서 이동 가능하도록 위치하면서 센서 지지봉(130)을 지지하는 역할을 한다.

[0057] 상기 후단부 지압판(150)은 일측 측부 케이싱(120)의 일단부와 타측 측부 케이싱(120)의 타단부로부터 돌출된 상태로 구비되며 콘크리트 구조물에 고착된 상태가 되며, 결합봉(160)에 의해 선단부 이동체(140)와 서로 이격된 지점에서 결합되어 함께 이동할 수 있도록 한다. 상기 후단부 지압판(150)은 콘크리트 구조물의 변형량을 광섬유 센서(G1)에 그대로 전달할 수 있도록 알루미늄을 소재로 이루어진다. 이로써 콘크리트 구조물이 변형되면 상기 후단부 지압판(150)이 함께 변위되면서 그 변위량을 결합봉(160)과 선단부 이동체(140) 및 센서 지지봉(130)을 통해 광섬유 센서(G1)에 전달하여 광섬유 센서(G1)가 곡률 변화를 일으키도록 유도한다.

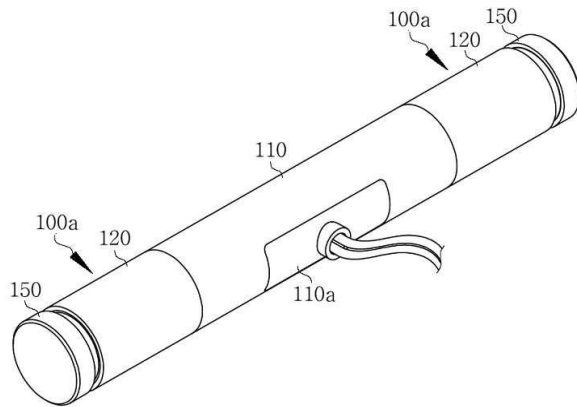
- [0058] 상기 결합봉(160)은 선단부 이동체(140)와 후단부 지압판(150)을 이격된 상태로 결합시켜 주는 역할을 한다. 이를 위해 상기 결합봉(160)은 선단부 이동체(140)와 후단부 지압판(150)보다 좁은 폭을 갖는 장봉의 몸체로 형성되며 그 외주면에는 수나사 형성이 되어 이에 대응하는 형태의 암나사홀을 구비한 선단부 이동체(140) 및 후단부 지압판(150)에 나사체결되도록 한다. 이처럼 결합봉(160)과 선단부 이동체(140) 및 후단부 지압판(150)이 나사체결되도록 한 구성에 따르면 선단부 이동체(140)와 후단부 지압판(150) 간 이격을 미세하게 조절하는 것이 가능하며, 측부 케이싱(120) 내부에서 제1탄성지지체(170a) 및 제2탄성지지체(170b)의 밀착력을 조절하면서 수분에 대한 차단력을 조절하는 것이 가능하다.
- [0059] 상기 탄성지지체(170a, 170b)는 실리콘 또는 이와 동등한 소재로 이루어지며 일측과 타측에 구비된 측부 케이싱(120)에서 본체 케이싱(110)의 내부공간으로 수분이 침투하는 것을 차단하는 한편, 콘크리트 구조물의 변형 시 탄성에 의해 슬라이드 어셈블리의 상대 변위를 허용하는 역할을 한다. 이를 위해 상기 탄성지지체는 선단부 이동체(140)와 내부 격벽(121) 사이에 밀착되는 링 형상의 제1탄성지지체(170a)와, 후단부 지압판(150)과 내부 격벽(121) 사이에 밀착되는 링 형상의 제2탄성지지체(170b)로 구비된다. 이처럼 탄성지지체가 측부 케이싱(120)의 내부 격벽(121)을 사이에 두고 제1탄성지지체(170a)와 제2탄성지지체(170b)로 구비된 구성에 따르면 광섬유 센서(G1)가 위치한 본체 케이싱(110)의 내부로 침투하려는 수분을 안전하게 이중으로 차단하는 것이 가능해진다. 상기 제1탄성지지체(170a)와 제2탄성지지체(170b)의 경우 상기 결합봉(160)에 의해 선단부 이동체(140)와 후단부 지압판(150)의 이격을 좁힐수록 내부 격벽(121)을 중심으로 선단부 이동체(140)와 후단부 지압판(150)의 사이에서 더욱 강하게 밀착되면서 수분의 침투를 보다 안정적으로 차단할 수 있게 된다.
- [0060] 앞서 언급했던 것처럼 상기 센서 지지봉(130), 선단부 이동체(140), 후단부 지압판(150) 및 결합봉(160)은 슬라이드 어셈블리를 구성하며, 이같은 슬라이드 어셈블리에 측부 케이싱(120)과, 제1탄성지지체(170a) 및 제2탄성지지체(170b)가 조합되면 하나의 모듈(100a)을 구성한다. 이같은 구성에 따르면 상기 모듈(100a) 한 쌍을 먼저 제작한 후에 본체 케이싱(110)의 일단부와 타단부에 간단히 결합시키면 광섬유 센서(G1)를 제외한 콘크리트 변형량 측정용 매립형 계측 센서모듈이 일차로 완성된다. 여기서 본체 케이싱(110)의 개구부(111)를 통해 한 쌍의 센서 지지봉(130)을 경유하여 곡물을 그리도록 광섬유 센서(G1)를 부착시킨 후 개구부 덮개(110a)로 개구부(111)를 덮어주면 된다.
- [0061] 이같은 본 출원의 콘크리트 응력 측정용 매립형 계측 센서모듈은 도 10에 도시된 것처럼 광섬유 센서(G1)와 연결된 광섬유의 일단부에서 빛을 조사하는 광원과, 광섬유 센서(G1)와 연결된 광섬유의 타단부에서 광섬유를 통과한 빛을 감지하여 전력으로 변환하는 광원 검출기와, 광원 검출기에서 변환된 전력량을 측정하는 광원 분석기와, 광원 분석기가 측정한 전력량의 변화를 근거로 콘크리트 구조물의 응력을 산출하는 응력 산출부를 포함하여 콘크리트 응력 측정시스템을 구축하게 된다.
- [0062] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하였으나, 본 발명은 다양한 변화와 변경 및 균등물을 사용할 수 있다. 본 발명은 상기 실시예를 적절히 변형하여 동일하게 응용할 수 있음이 명확하다. 따라서 상기 기재 내용은 하기 특허청구범위의 한계에 의해 정해지는 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니다.

부호의 설명

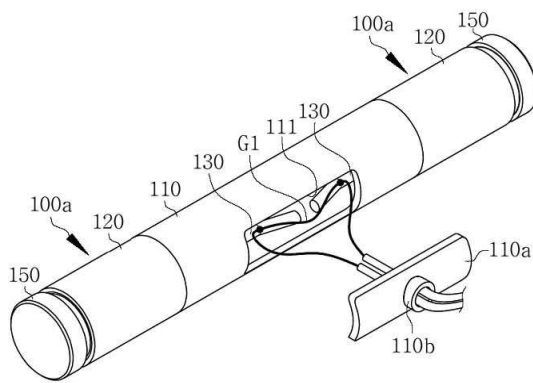
- [0064]
- | | |
|---------------|---------------|
| 110: 본체 케이싱 | 120: 측부 케이싱 |
| 130: 센서 지지봉 | 140: 선단부 이동체 |
| 150: 후단부 지압판 | 160: 결합봉 |
| 170a: 제1탄성지지체 | 170b: 제2탄성지지체 |

도면

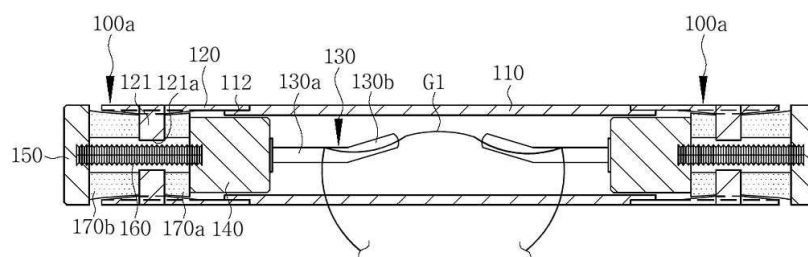
도면1



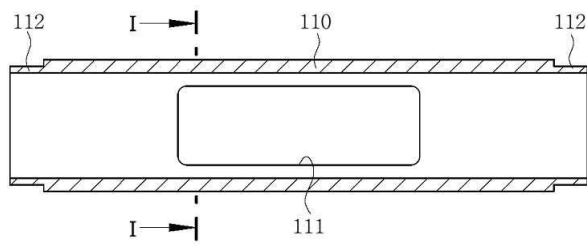
도면2



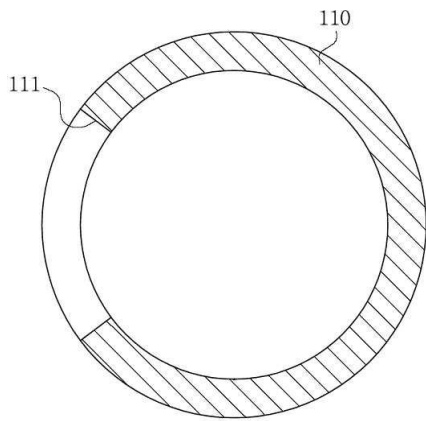
도면3



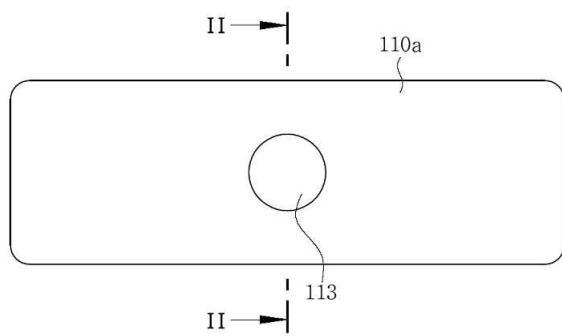
도면4



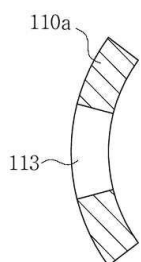
도면5



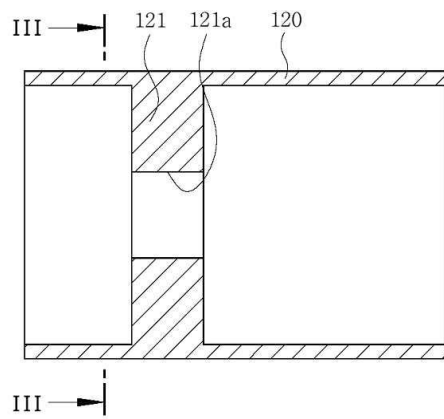
도면6



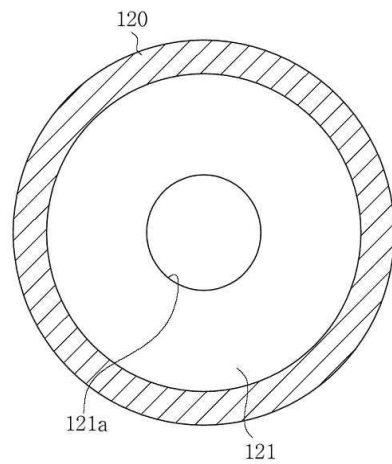
도면7



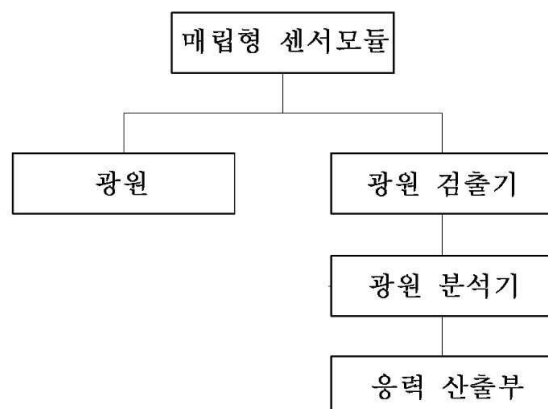
도면8



도면9



도면10



도면11

