



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년07월13일
(11) 등록번호 10-1757590
(24) 등록일자 2017년07월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/20 (2006.01) G01M 3/40 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/20 (2013.01)
G01M 3/40 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0062181
(22) 출원일자 2016년05월20일
심사청구일자 2016년05월20일
(56) 선행기술조사문헌
JP2006064663 A*
KR1020070118718 A
KR1020070049712 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
권민호
경상남도 진주시 진양호로239번길 13, 204동 401호 (평거동, 평거하우스토리아파트)
(74) 대리인
원성수, 박종경

전체 청구항 수 : 총 2 항

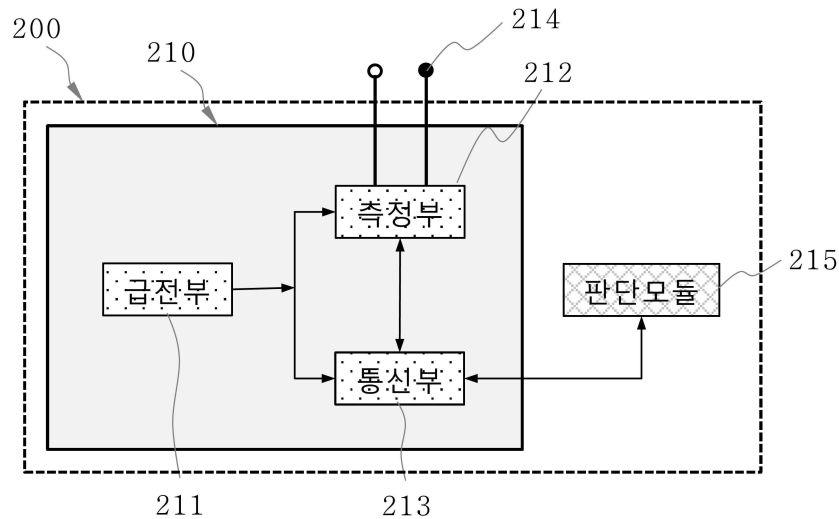
심사관 : 이경철

(54) 발명의 명칭 구조물 보강재의 결함 진단 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 토목이나 건축 구조물에 사용되는 보강재의 결함을 진단하는 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 보강재를 설치한 후 결함이 발생하는 경우, 보강재에 함유된 물질의 전기전도성을 이용하여 보강재가 설치된 위치별 결함 상태 및 정도를 실시간으로 간편하게 진단하고 감시할 수 있는 구조물 보강재의 결함 진단 시스템 및 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015-0477

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 한국수자원공사

연구사업명 건설기술혁신사업

연구과제명 교량/보/옹벽 구조물의 수재해 대응 안전도 평가 연구(3차년도)

기 여 율 1/1

주관기관 한국수자원공사

연구기간 2015.06.01 ~ 2016.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

토목이나 건축 구조물을 포함하는 일정한 외형을 갖는 인공 구조물의 강도를 보충하기 위하여 상기 구조물을 둘러싸며 설치되며, 양단부에 체결공이 형성된 제1전극과 제2전극이 구비되고, 상기 제1전극과 제2전극의 말단부에 요철형의 체결돌기가 형성되는 판형의 전도성 FRP 소재로 이루어진 보강재;

상기 보강재와 밀착 체결되며, 상기 체결공을 통해 제1전극 및 제2전극과 전기적으로 연결되어 상기 보강재의 전기저항을 측정하는 측정부, 상기 측정부로 전력을 공급하기 위한 급전부, 상기 측정부에 의해 측정된 데이터를 송신하는 통신부를 포함하는 측정모듈; 및

상기 측정모듈과 이격되어 설치되고 상기 측정모듈로부터 전기저항 데이터, 측정시간을 수신하여 상기 보강재의 결함 상태를 판단하고, 상기 보강재의 결함 상태에 따라 상기 보강재의 감시 빈도를 재설정하고, 상기 측정모듈의 고장 여부를 파악하기 위한 피드백 신호를 송신함으로써 상기 측정모듈을 원격 제어하는 판단모듈;을 포함하되,

상기 측정모듈은 상기 구조물에 복수 개가 설치되고, 상기 복수 개의 측정모듈 중 어느 하나는 호스트(host)로, 나머지는 슬레이브(slave)로 설정했을 때, 상기 슬레이브는 근거리 통신을 통해 상기 호스트와 데이터를 송수신하고, 상기 호스트는 원거리 통신을 통해 상기 판단모듈과 데이터를 송수신하며,

상기 보강재의 설치위치를 상기 판단모듈에서 인식할 수 있도록 상기 측정모듈별로 위치식별정보를 설정하고, 상기 측정모듈이 상기 위치식별정보를 상기 판단모듈로 송신하는 것을 특징으로 하는 구조물 보강재의 결함 진단 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

토목이나 건축 구조물을 포함하는 일정한 외형을 갖는 인공 구조물의 강도를 보충하기 위하여 상기 구조물을 둘러싸며 설치되는 보강재의 전기저항을 측정모듈에 의해 측정하는 제1단계;

상기 제1단계의 측정 결과를 이용하여 상기 보강재의 결함 상태를 판단하는 제2단계; 및

상기 제2단계에서 판단된 상기 구조물의 결함 상태에 따라 상기 제1단계를 피드백 제어하기 위하여 제어신호에 의해 상기 보강재에 대한 감시 빈도의 재설정 및 상기 측정모듈의 고장 여부를 파악하는 제3단계;를 포함하되,

상기 제1단계는 상기 보강재와 밀착 체결되며, 체결공을 통해 제1전극 및 제2전극과 전기적으로 연결되어 상기 보강재의 전기저항을 측정하는 측정부, 상기 측정부로 전력을 공급하기 위한 급전부, 상기 측정부에 의해 측정된 데이터를 송신하는 통신부를 포함하는 상기 측정모듈에 의해 수행되며,

상기 제2단계는 상기 측정모듈로부터 수신된 전기저항데이터와 측정시간을 분석하여 시각화하는 판단모듈에 의

해 수행되며,

상기 제3단계는 판단된 상기 구조물의 결함 상태에 따라 상기 측정모듈에 송신되는 상기 판단모듈의 제어신호에 의해 수행되며,

상기 측정모듈은 상기 구조물에 복수 개가 설치되고, 상기 복수 개의 측정모듈 중 어느 하나는 호스트(host)로, 나머지는 슬레이브(slave)로 설정했을 때, 상기 슬레이브는 근거리 통신을 통해 상기 호스트와 데이터를 송수신하고, 상기 호스트는 원거리 통신을 통해 상기 판단모듈과 데이터를 송수신하며,

상기 보강재의 설치위치를 상기 판단모듈에서 인식할 수 있도록 상기 측정모듈별로 위치식별정보를 설정하고, 상기 측정모듈이 상기 위치식별정보를 상기 판단모듈로 송신하는 것을 특징으로 하는 구조물 보강재의 결함 진단 방법.

청구항 7

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 토목이나 건축 구조물에 사용되는 보강재의 결함을 진단하는 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 보강재를 설치한 후 결함이 발생하는 경우, 보강재에 함유된 물질의 전기전도성을 이용하여 보강재가 설치된 위치별 결함 상태 및 정도를 실시간으로 간편하게 진단하고 감시할 수 있는 구조물 보강재의 결함 진단 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 토목이나 건축 현장에서는 시공된 구조물의 건전성을 유지하기 위하여, 지속적인 점검과 진단이 필요하고, 이를 위해 막대한 시간과 인력이 투입되고 있다.
- [0004] 이에 대응하여, 비용, 시간 및 인력의 투입을 감소시키고, 구조물의 결함을 효과적으로 진단하고 보강하기 위한 다양한 소재와 기법들이 고안되고 있다.
- [0005] 소재적인 관점에서, 종래 보강재로 주로 사용되던 철근을 대체하여, 최근에는 강도가 높고 내구성이 우수한 복합소재인 FRP(섬유강화플라스틱; Fiber Reinforced Plastic) 보강재의 사용이 더욱 증가하고 있다.
- [0006] 이들 FRP 보강재로는, 복수의 탄소섬유들이 결합체인 열경화성 수지(resin)에 둘러싸인 CFRP(carbon FRP), 유리섬유를 결합시킨 GFRP(glass FRP) 또는 양자를 동시에 사용하는 CFGFRP 등이 있다.
- [0007] 그러나 FRP 보강재는 설치된 직후의 우수한 안정성 및 내구성에도 불구하고, 시간이 경과함에 따라 내외부적, 환경적 요인으로 인해 결함의 발생을 피할 수 없으므로, 결함이 더 진행되어 보강재 및 구조물이 파단(fracture)에 이르기 전에 이를 신속하고, 정확하게 진단하여 보강할 필요가 있다.
- [0008] 즉, FRP 보강재에 발생된 결함을 시간에 따라 탐지할 수 있다면, 보강재 및 구조물에 대해 적시에 점검 및 보장이 가능하고, 수명을 연장시킬 수 있으므로 구조물의 건전성을 확보할 수 있다.
- [0009] 이와 같이, FRP 보강재의 결함을 진단하는 방법으로는, 초음파 이용법, 적외선 열조영술, 임피던스 스펙트럼 이용법, 마이크로파 이용법 등 다양한 기법이 개발되어 왔다.
- [0010] 그러나 상기와 같은 방법들은 정밀한 진단은 가능하지만, 초음파, 적외선, 마이크로파 발생장치 등 고가의 고성능 장치가 필요하여 비용이 증가되는 문제점이 있고, 측정 결과에 대한 분석 기법이 복잡하여 숙련된 기술자가 필요하므로 광범위한 작업 현장에서 간편하게 이용하기는 어려운 실정이다.
- [0011] 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, [선행기술문헌 1]에는, 광섬유 센서에 의한 구조물의 변형을 실시간으로 측정하는 방법이 개시되어 있으나, 이는 구조물 표면의 변형률을 측정하는 방법이므로 구조물 내부의 결함은 검출이 어렵고, 광섬유 센서가 충격에 약하여 고장이 빈번한 문제점이 있다.
- [0012] 상기 [선행기술문헌 1]의 문제점을 해결하기 위하여, [선행기술문헌 2]에는 전기저항 측정법을 이용하여 탄소나노튜브(CNT)의 손상 여부를 파악하는 기술이 개시되어 있으나, 이는 특정 실험 조건하에서의 탄소 소재 자체의

손상 여부를 평가한 것으로, 현장에서 구조물의 보강재에 직접 적용하거나 실시간으로 진단하는 기술에 대해서는 개시되어 있지 않은 바, 보강재의 결함을 실시간으로, 간편하게 진단하기 위한 방법으로는 여전히 미흡한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) [선행기술문헌 1] 한국등록특허 324,118 (2002. 1. 29 등록)

비특허문헌

[0014] (비특허문헌 0001) [선행기술문헌 2] 한국복합재료학회지 (Composites Research, Vol. 26, No. 3, 201-206 (2013))

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 상술한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로써, 본 발명의 목적은 구조물의 보강재에 발생하는 결함을 실시간으로 진단하여 구조물의 건전성에 대한 상시 감시 및 원격 관리 체계의 실현이 가능한 구조물 보강재의 결함 진단 시스템 및 방법을 제공하는 것이다.

[0016] 또한, 본 발명의 다른 목적은 구조물의 건전성을 진단하기 위하여 전기저항 측정법을 이용하되, 구조물 보강재가 설치된 위치별 결함 상태와 정도를 시간에 따라 파악할 수 있는 구조물 보강재의 결함 진단 시스템 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 상술한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 구조물 보강재의 결함 진단 시스템 및 방법은 토목이나 건축 구조물을 포함하는 일정한 외형을 갖는 인공 구조물의 강도를 보충하기 위하여 상기 구조물에 설치되는 보강재, 상기 보강재의 전기저항을 측정하는 측정모듈 및 상기 측정모듈의 측정 결과를 이용하여 상기 보강재의 결함 상태를 진단하는 판단모듈을 포함하되, 상기 판단모듈은 상기 측정모듈로부터 전기저항 데이터, 측정시간 및 위치식별정보를 수신하여 상기 보강재의 결함 상태를 판단하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 상기 보강재는 상기 구조물을 둘러싸는 판형의 전도성 FRP 소재이고, 상기 측정모듈과의 전기적 연결을 위해, 양단부에 체결공이 형성된 제1전극 및 제2전극이 구비되며, 피보강재와의 체결을 위해, 상기 전극의 말단부에 요철형의 체결돌기가 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 측정모듈은 전력을 공급하는 급전부, 상기 급전부로부터 전력을 공급받아 상기 보강재의 전기저항을 측정하는 측정부 및 상기 측정된 데이터를 송신하는 통신부를 포함하되, 상기 측정부는 상기 보강재 양단의 제1전극 및 제2전극에 형성된 체결공을 통해 상기 보강재와 전기적으로 밀착 체결되는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 상기 판단모듈은 상기 보강재의 결함 상태에 따라, 상기 보강재의 감시 빈도를 재설정하고 상기 측정모듈의 고장 여부를 파악하기 위한 피드백 신호를 송신함으로써 상기 측정모듈을 원격 제어하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 측정모듈은 상기 구조물에 복수 개로 설치될 수 있고, 상기 복수 개의 측정모듈 중 어느 하나는 호스트(host)로, 나머지는 슬레이브(slave)로 설정하되, 상기 슬레이브는 근거리 통신에 의해 상기 호스트와만 데이터를 송수신하고, 상기 호스트는 원격 통신에 의해 상기 판단모듈과도 송수신하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0024] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 구조물 보강재의 결함 진단 시스템 및 방법은, 실시간으로 측정되는 전기저항 데이터를 통해, 구조물에 결함이 발생된 시점과 위치를 정확히 파악할 수 있는 바, 토목이나 건축 구조물의

건전성 내지 안전성 여부에 대한 상시 감시 및 원격 관리 체계를 실현할 수 있는 장점이 있다.

[0025] 또한, 본 발명에 따른 구조물 보강재의 결함 진단 시스템 및 방법을 이용하면, 종래 현장 점검이나 고가의 장비를 통해 구조물과 보강재의 결함 상태를 파악함에 따른 시간과 인력의 낭비 및 비용의 증가를 최소화할 수 있는 장점이 있다.

[0026] 또한, 본 발명에 따른 구조물 보강재의 결함 진단 시스템은 전기저항 등의 전기적 물성을 측정하고 데이터를 송신하는 간단한 회로기관 형태로 구성될 수 있는 바, 종래의 고가 장비에 비해 구조물의 진단 비용을 현저히 감소시킬 수 있고, 데이터의 해석이 간단하여 광범위한 구조물 보강 현장에서 사용될 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도1a는 전기전도성을 가진 봉형 CFGFRP 보강재의 모식도, 도1b는 봉형 GFRP와 봉형 CFRP의 모식도, 도1c는 판형 GFRP 보강재와 판형 CFGFRP 보강재의 모식도,

도2a와 도2b는 본 발명에 따른 구조물 보강재의 결함을 진단하기 위한 전기적 물성 측정도,

도3은 FRP 보강재의 변형(strain)과 전기저항 변화율의 상관관계 그래프,

도4는 본 발명에 따른 결함 진단 시스템의 구성도,

도5a는 본 발명에 따른 측정모듈을 부착한 보강재가 설치된 구조물의 개략도, 도5b는 본 발명에 따른 보강재의 개략도, 도5c는 도5a의 A-A' 부분의 단면도, 도5d는 도5c에서 본 발명에 따른 보강재의 체결부 구조도,

도6은 본 발명에 따른 측정모듈을 부착한 보강재가 설치된 교각의 모식도,

도7은 본 발명에 따른 결함 진단 시스템을 이용하여 보강재가 설치된 위치별로 측정된 전기적 물성 그래프의 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하에서는, 본 발명에 따른 구조물 보강재의 결함 진단 시스템 및 방법을 도면을 이용하여 상세히 설명한다.

[0030] 도1a는 전기전도성을 가진 봉형 CFGFRP 보강재의 모식도, 도1b는 봉형 GFRP와 봉형 CFRP의 모식도, 도1c는 판형 GFRP 보강재와 판형 CFGFRP 보강재의 모식도이다.

[0031] 상기 FRP 보강재는 구조물의 형태나 용도에 따라 봉형(rod, 10, 11, 12)이나 판형(plate, 20, 30)을 사용할 수 있고, 구성 성분별로는 열가소성 수지(13)에 유리섬유(14)를 결합시킨 GFRP(11, 20), 탄소섬유(15)를 결합시킨 CFRP(12) 또는 양자를 모두 결합시킨 하이브리드형 CFGFRP(10, 30) 등이 있다.

[0032] 이 중, 탄소섬유(15)를 함유하는 FRP(CFRP, CFGFRP)는 전기전도성을 가지므로, 전기적 측정 방법을 이용하면 FRP 보강재의 결함 상태를 파악하는 것이 가능하다.

[0033] 다만, 탄소섬유(15)만을 함유하는 CFRP의 경우 강도와 탄성은 우수하나 취성(brittle) 특성을 가지기 때문에, 파단(fracture)이 시작된 이후 완전 파단에 이르기까지의 시간적 여유가 적은 단점이 있는 바, 최근에는 이를 보완하기 위하여 탄소섬유(15)와 유리섬유(14)를 함께 결합시킨 CFGFRP(10, 30)를 주로 이용하는 추세이다.

[0034] 따라서 본 발명에서는 판형의 CFGFRP 보강재(30 및 후술하는 320, 이하, 보강재)를 사용하는 경우를 일례로 설명한다.

[0036] 물질의 전기저항(R)은 다음 [수식 1]과 같이, 물질의 종류, 면적 및 길이에 의존한다.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

L: 도체의길이(m)
A: 도체의단면적(m²)
ρ: 비저항(Ω·m)

[수식 1]

[0040] 또한, 전기저항 변화율은 다음 [수식 2]에 의해 계산될 수 있다.

$$\frac{\Delta R}{R_0} = \frac{(R - R_0)}{R_0}$$

R_0 : 초기 전기저항

R : 나중 전기저항

[수식 2]

[0042]

[0044]

전기전도성을 가진 소재에 결함이 발생하는 경우, 변형이나 손상의 발생 정도에 따라 소재의 면적 또는 길이가 변화되므로, 결함이 증가할수록 전기저항의 변화에 따라 전기저항 변화율($\Delta R/R_0$)도 증가하게 된다.

[0045]

따라서 소재의 전기저항을 측정하여 상기 [수식 1]과 [수식 2]를 이용하면, 전기전도성을 가진 소재에 발생하는 결함의 유무나 정도를 판단할 수 있으며, 소재를 특정 구간별로 나누어 측정하거나 구조물의 설치 위치별로 전기저항 변화율을 비교하면 결함이 발생한 보강재의 부위 또는 보강재가 설치된 구조물의 위치를 확인할 수 있다.

[0046]

도2는 구조물 보강재의 결함을 진단하기 위한 전기적 물성 측정도로서, 도2a는 상기 보강재(30)를 설치한 당시의 초기 상태, 도2b는 결함이 발생한 나중 상태를 나타낸 것이다.

[0047]

상기한 바와 같이, 내부에 함유된 탄소섬유의 전기전도성을 이용하여 전기적 물성을 측정하면 상기 보강재(30)의 결함을 진단할 수 있다.

[0048]

상기 전기적 물성은 전기저항, 전류, 전압 등이 될 수 있으나, 본 발명의 경우 전기저항을 측정하는 것을 일례로 설명한다.

[0049]

즉, 멀티미터(multimeter)와 같은 전기적 물성 측정기(100)를 이용하여 상기 보강재(30)의 양단에 전류를 인가하여 전기저항을 측정하면, 상기 보강재(30)를 설치한 당시의 초기전기저항(R_0) 값과, 시간의 경과나 외력 등에 의해 결함이 발생한 상태인 나중전기저항(R) 값에는 차이가 발생하게 된다.

[0050]

이는, 상기 보강재(30)에 결함 즉, 뒤틀림 등의 변형(16)이나 찢어짐 등의 손상(17)이 발생하면, 이를 구성하는 탄소섬유(15)에도 변형이나 손상이 발생되어 면적이나 길이 등이 변화됨에 따라 전기저항 값도 달라지기 때문이다.

[0051]

즉, 상기 보강재(30) 내부의 탄소섬유(15)는 전기전도성 재료이고 한계신장률이 유리섬유(14)보다 작기 때문에, 상기 보강재(30)에 서서히 인장력을 가하면 신장에 따라 탄소섬유(15)에 결함이 발생하기 시작한다.

[0052]

이 과정에서 탄소섬유단의 전기저항을 측정하면 변형 정도에 따라 전기저항 값이 증가되고, 인장력을 더욱 증가시키면 상기 보강재(30)는 파단되지 않지만, 내부의 탄소섬유(15)는 완전히 파단되어 전기저항이 큰 값으로 증가하게 된다.

[0053]

따라서 상술한 보강재(30)의 전기전도성을 이용하여 전기저항을 측정하되, 도3에서 보는 바와 같이 사전 평가를 통해 상기 보강재(30)의 변형(strain)과 전기저항 변화율($\Delta R/R_0$)의 상관관계를 미리 파악해두면, 상기 보강재(30)의 결함 발생 여부 및 정도를 진단할 수 있다.

[0054]

도4는 본 발명에 따른 결함 진단 시스템의 구성도이다.

[0055]

상기 결함 진단 시스템(200)은 급전부(211), 측정부(212) 및 통신부(213)를 포함하는 측정모듈(210)과 판단모듈(215)로 구성된다.

[0056]

상기 급전부(211)는 상기 측정부(212)와 통신부(213)에 전원을 공급하는데, 전원은 별도의 전원 발생기를 구비할 수도 있으나, 장치의 소형화 및 경량화를 위해 전지(battery)나 소형의 태양전지를 이용하는 것이 바람직하다.

[0057]

상기 급전부(211)로부터 전원을 공급받은 상기 측정부(212)는 도선(214)을 이용하여 상기 보강재(30)의 양단에 전류를 인가하고 전기저항 값을 측정한다.

[0058]

이 때, 측정된 전기저항 데이터는 상기 통신부(213)에 전달되고, 상기 통신부(213)는 상기 측정모듈(210)과 통신이 가능한 판단모듈(215)에 수집된 데이터를 실시간으로 송신한다.

[0059]

다만, 상기 판단모듈(215)은 상기 측정모듈(210)과 이격되어 통신이 가능하도록 구성될 수 있으나, 별도의 관리 또는 제어 공간에 한정되는 것이 아니라, 구조물의 결함을 진단하고자 하는 감시자의 모니터링 장치(PC, 스마트

폰 등)가 될 수도 있다.

- [0060] 상기 데이터를 수신한 판단모듈(215)은 상기 [수식 2]를 이용하여 전기저항 변화율($\Delta R/R_0$)을 계산하고, 이를 통해 상기 보강재(30)의 결함 상태를 판단할 수 있다.
- [0061] 또한, 상기 보강재(30)는 자체의 변형이나 손상뿐만 아니라 구조물의 결함과 일체로 거동하기 때문에, 상기 판단모듈(215)은 상기 데이터 분석 결과를 통해 구조물 자체의 변형이나 손상도 직접 판단할 수 있다.
- [0062] 따라서 상술한 방법에 의해 상기 구조물의 결함 상태 및 정도를 확인할 수 있고, 상기 측정모듈(210)로부터 데이터가 지속적으로 송신됨에 따라 실시간 모니터링이 가능한 장점이 있다.
- [0063] 더불어, 상기 판단모듈(215)은 수신된 데이터의 분석에 의한 결함 상태 판단 결과를 토대로, 특정 보강재(30)에 대한 집중적인 감시가 필요한 경우 측정 시간이나 주기 등을 변경하거나, 상기 측정모듈(210)의 고장 여부 등을 파악하기 위한 피드백(feedback) 신호를 상기 통신부(213)에 송신하여 상기 측정모듈(210)을 제어할 수 있다.
- [0065] 이하에서는, 상기 측정모듈(210)이 부착된 보강재를 구조물에 설치하여, 구조물의 위치별 결함 상태를 진단하는 방법을 보다 구체적으로 설명한다.
- [0066] 도5a는 본 발명에 따른 측정모듈(210)을 부착한 보강재(320)가 설치된 구조물(300)의 개략도, 도5b는 본 발명에 따른 보강재(320)의 개략도, 도5c는 도5a의 A-A' 부분의 단면도, 도5d는 도5c에서 본 발명에 따른 보강재(320)의 체결부(400) 구조도이다.
- [0067] 먼저, 도5a는 원통형의 피보강재(310)에 상기 보강재(320)를 감아서 설치한 구조물(300)을 나타낸 것으로써, 상기 보강재(320)에는 본 발명에 따른 측정모듈(210)이 부착되어 있다.
- [0068] 상기 보강재(320)는 도5b와 같은 판형의 CFGFRP를 사용하되, 양 끝단에는 제1전극(321) 및 제2전극(322)이 구비된다.
- [0069] 상기 제1전극(321)과 제2전극(322)은 상기 측정모듈(210)이 상기 보강재(320)의 전기저항을 측정할 때 사용되는 전극으로, 상기 보강재(320) 내부에 함유된 탄소섬유단과 전기적으로 연결되며, 구리(Cu) 등 전기전도성이 우수한 물질을 사용함으로써 측정 오차를 감소시킬 수 있다.
- [0070] 또한, 상기 제1전극(321) 및 제2전극(322)의 중심부에는, 상기 측정모듈(210)과 상기 보강재(320)의 전기적 접촉을 강화하여 전기저항 측정 시 오차를 더욱 감소시키기 위하여 후술하는 전도성 체결부재(411, 412)를 연결할 수 있는 체결공(323, 324)이 구비되어 있다.
- [0071] 도5c는 도5a에서의 구조물(300)에 대한 A-A' 부위의 단면도로써, 체결부(400) 및 상기 측정모듈(210)의 부착 상태를 보여주고 있다.
- [0072] 도5d에서 보는 바와 같이, 상기 체결부(400)에는 상기 보강재(320)의 양단에 구비된 제1전극(321) 및 제2전극(322)의 말단에 요철형의 체결돌기(325)를 형성하여, 상기 보강재(320)와 상기 피보강재(310) 간의 체결 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0073] 더불어, 상기 체결공(323, 324)에는 상기 측정모듈(210)과 전기적으로 연결된 전도성 체결부재(411, 412)를 관통시켜, 상기 측정모듈(210)과 상기 보강재(320)를 밀착체결(일예로, 볼트체결)함으로써, 전기적 접촉 성능을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0074] 이와 동시에, 상기 밀착체결에 의해 상기 보강재(320)의 요철형 체결돌기(325) 간의 체결도 강화되므로, 상기 보강재(320)와 상기 피보강재(310)간의 체결 성능도 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0075] 한편, 본 발명의 경우 상기 도5d에는 요철형으로 양단부가 삽입되는 체결돌기(325)를 형성하고 접촉제 등을 사용하여 밀착시키는 것을 일예로 도시하였으나, 상기 체결돌기는 상기 피보강재(310)의 크기, 형상 또는 재질 등에 따라 고리형, 벨트형 등 다양한 변형이 가능하다.
- [0076] 상술한 바와 같은 방식을 통해, 상기 보강재(320)와 상기 측정모듈(210)의 전기적 접촉 성능을 강화시킴으로써, 전기저항의 측정오차를 최소화할 수 있으므로 보다 정확하고 안정성이 우수한 측정 결과를 도출할 수 있는 장점이 있다.
- [0077] 도6은 본 발명에 따른 측정모듈(210)을 부착한 보강재(320)가 설치된 교각의 모식도로서, 교량(500)을 지지하는 피보강재(310)인 교각에 본 발명에 따른 측정모듈(210)이 부착된 상기 보강재(320)를 설치한 것이다.

- [0078] 이 때, 상기 보강재(320)는 상기 교량(500)과 같은 구조물에 복수 개 설치될 수 있는 바, 개별 측정모듈(210)이 상기 교각의 어느 위치에 설치되었는지를 상기 판단모듈(215)에서 인식할 수 있도록 상기 측정모듈(210)별로 위치식별정보(ID; identification)가 설정된다.
- [0079] 이에 따라, 상기 측정모듈(210)에서 측정된 데이터를 상기 판단모듈(215)로 송신할 때, 상기 측정모듈별 ID를 ID1, ID2, ID3 ... 와 같이 위치식별정보와 함께 송신함으로써, 상기 판단모듈(215)은 상기 보강재(320)가 설치된 위치를 파악할 수 있다.
- [0080] 이러한 방식을 통해, 도7에서와 같이 상기 결합 진단 시스템(200)의 판단모듈(215)은 상기 보강재(320)에 부착된 상기 측정모듈(210)로부터 데이터를 수신받아 상기 보강재(320)의 위치별, 시간별 전기저항 변화율 그래프를 도출할 수 있다.
- [0081] 따라서 상기 판단모듈(215)은 상기 그래프를 통해, 상기 피보강재(310)의 건전도가 사전에 설정된 안전 수준, 점검 수준 또는 경고 수준 등에 도달했는지 여부를 시각화하여 판단할 수 있다.
- [0082] 또한, 일례로 도7의 ID2 및 ID4와 같이, 판단모듈(215)은 전기저항 변화율 추이가 사전에 설정된 특정 수준 이상의 값을 나타내는 경우, 상기 감시자 등에게 경고(alarm) 신호를 송출할 수도 있다.
- [0083] 더불어, 상기 결합 진단 시스템(200)은 상기 수신된 데이터를 분석하여 상기 보강재(320) 각각의 결합 상태를 체크하고, 결합 발생 이력을 기록한다.
- [0084] 이를 통해, 결합 발생이 예상되거나 집중 관리가 필요한 특정 보강재(320)에 대해서는 해당 ID를 가진 측정모듈(210)에 피드백(feedback) 신호를 송신함으로써, 측정 시간 또는 주기를 변경하여 상기 보강재(320)에 대한 감시 빈도를 재설정하고, 상기 측정모듈(210)의 고장 여부를 파악하는 등 상기 측정모듈(210)에 대한 선별적 관리가 가능하다.
- [0085] 한편, 도6에서와 같이 상기 측정모듈(210)이 복수 개로 설치되는 경우, 그 중 어느 하나는 호스트(host, 예를 들어 ID1)로, 나머지는 슬레이브(slave, 예를 들어 ID2 ~ ID6)로 설정될 수도 있다.
- [0086] 이에 따라, 상기 슬레이브는 블루투스(bluetooth) 등의 근거리 통신에 의해 상기 호스트와만 데이터를 송수신하고, 상기 호스트는 무선랜(WLAN) 등의 원거리 통신에 의해 상기 판단모듈과도 송수신함으로써, 상기 다수의 슬레이브에 대한 전력 소비를 최소화할 수 있고, 회로기관의 구성을 단순화시킬 수 있으며, 비용도 절감시킬 수 있다.
- [0088] 결과적으로, 본 발명에 따른 구조물 보강재의 결합 진단 시스템 및 방법을 이용하면, 실시간으로 측정되는 전기저항 변화율 데이터를 통해, 결합이 발생된 구조물에 대한 보완 점검이 필요한 시점과 위치를 정확히 파악할 수 있는 바, 토목이나 건축 구조물의 건전성에 대한 상시 감시 및 원격 관리 체계를 구현할 수 있다.
- [0089] 또한, 본 발명에 따른 결합 진단 시스템 및 방법을 이용하면, 종래 현장 점검이나 고가의 장비를 이용하여 구조물의 결합 상태를 파악하는 등에 따른 비용, 시간 및 인력의 낭비를 최소화할 수 있다.
- [0090] 또한, 본 발명에 따른 측정모듈은 전기저항을 측정하고 데이터를 송신하는 간단한 회로기관 형태로 구성될 수 있는 바, 종래의 고가 장비에 비해 구조물의 진단 비용을 현저히 감소시킬 수 있고, 데이터의 해석이 간단하여 광범위한 구조물 보강 현장에서 손쉽게 사용될 수 있다.
- [0092] 한편, 본 발명의 경우 상술한 바와 같이 FRP를 소재로 한 보강재를 일례로 설명하였으나, 이에 한정되는 것이 아니고 토목이나 건축 구조물의 보강재로서 전기전도성을 가진 모든 소재에 적용될 수 있다.
- [0093] 또한, 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고, 아래 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용하여 통상의 기술자에 의한 다양한 변형 및 개량도 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

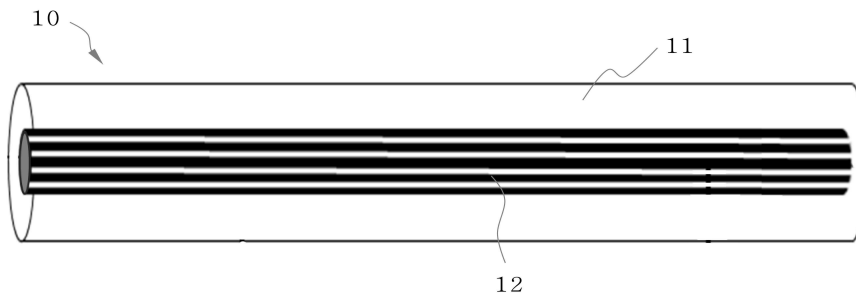
부호의 설명

- | | | |
|--------|-------------------------|------------------------|
| [0095] | 10: 봉형 CFGFRP 보강재 | 11: 봉형 GFRP(Glass-FRP) |
| | 12: 봉형 CFRP(Carbon-FRP) | 13: 열가소성 수지(resin) |
| | 14: 유리섬유 | 15: 탄소섬유 |

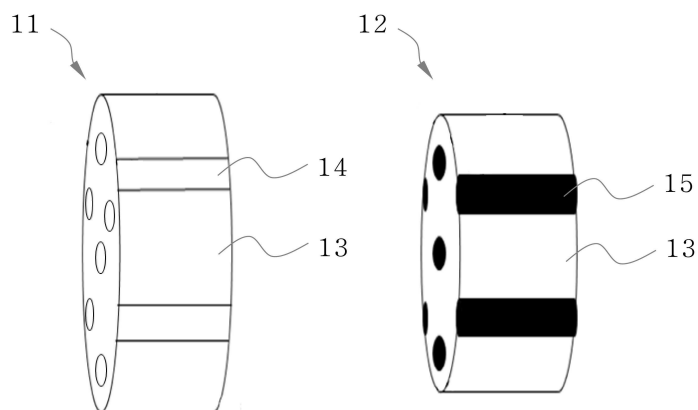
- | | |
|-----------------|------------------------|
| 16: 변형된 보강재 | 17: 손상된 보강재 |
| 20: 관형 GFRP 보강재 | 30, 320: 관형 CFGFRP 보강재 |
| 100: 전기적 물성 측정기 | 101, 214: 도선 |
| 200: 결합 진단 시스템 | 210: 측정모듈 |
| 211: 급전부 | 212: 측정부 |
| 213: 통신부 | 215: 판단모듈 |
| 300: 구조물 | 310: 피보강재 |
| 321: 제1전극 | 322: 제2전극 |
| 323, 324: 체결공 | 325: 체결 돌기 |
| 400: 체결부 | 411, 412: 체결부재 |

도면

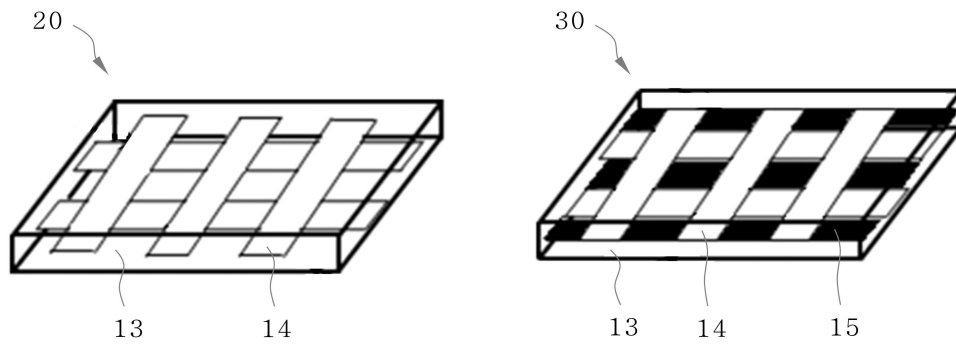
도면1a



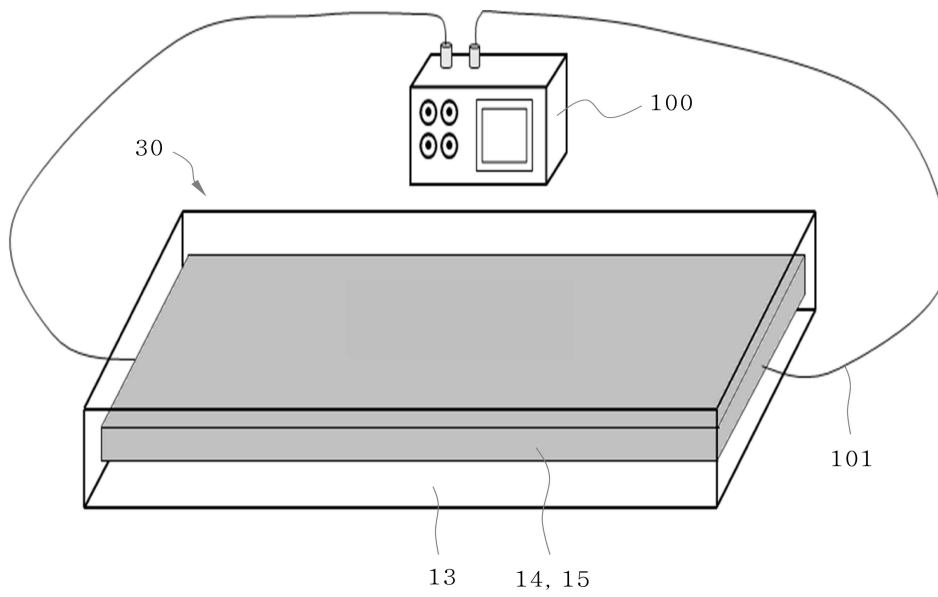
도면1b



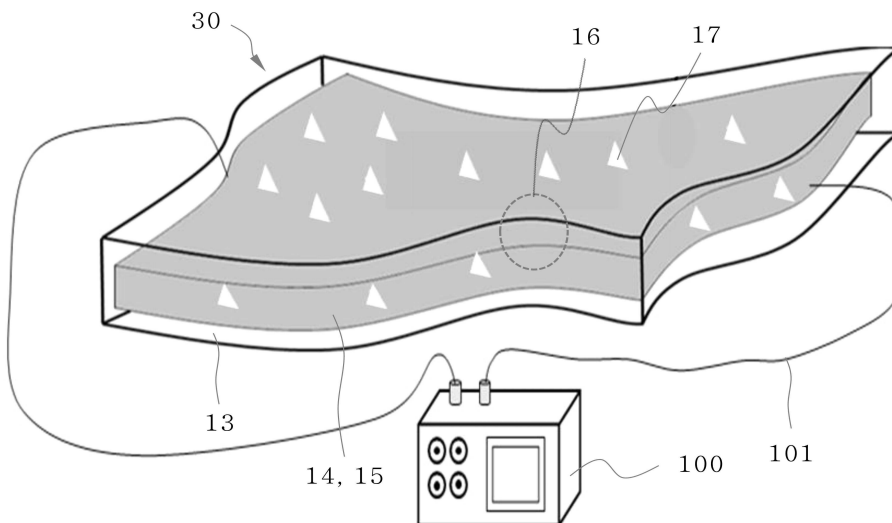
도면1c



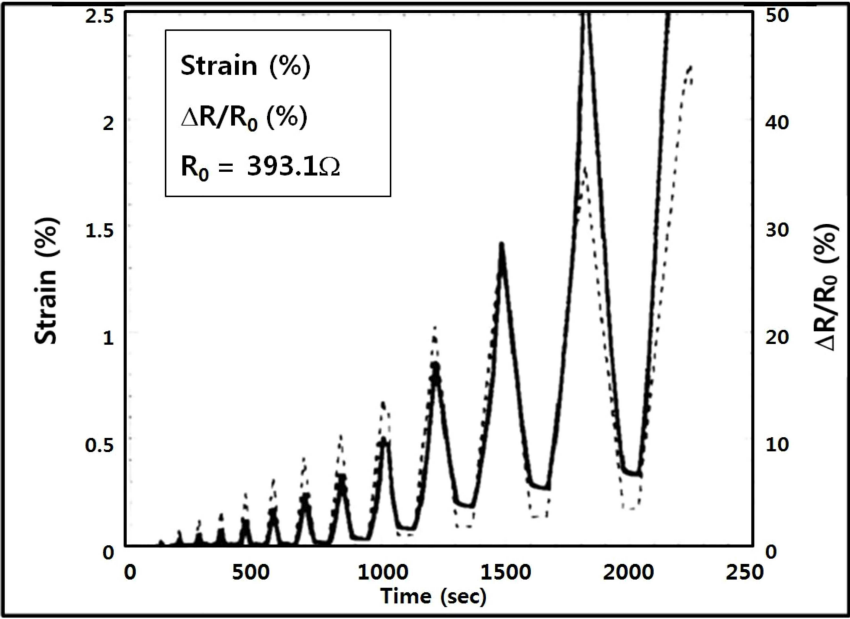
도면2a



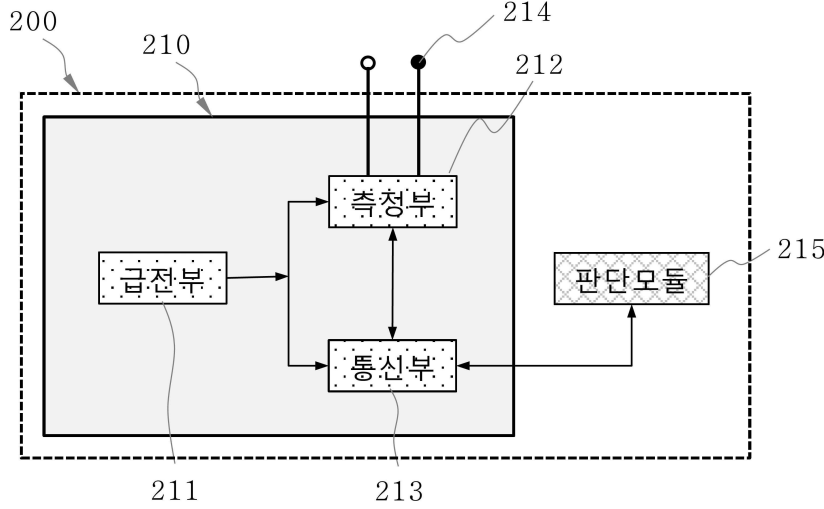
도면2b



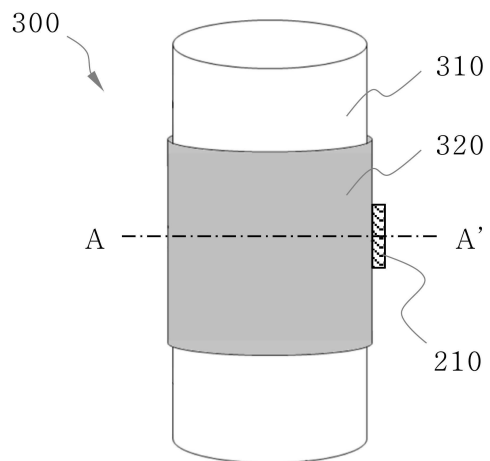
도면3



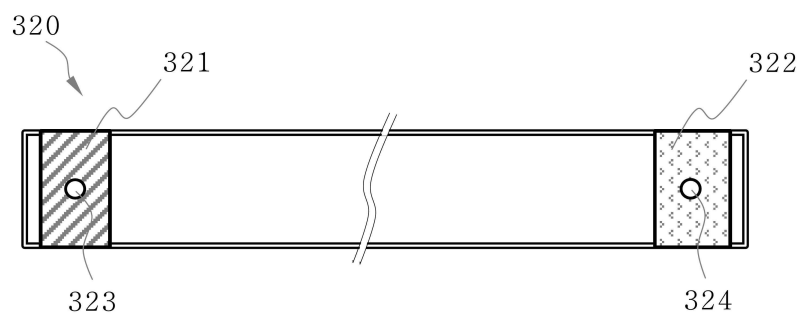
도면4



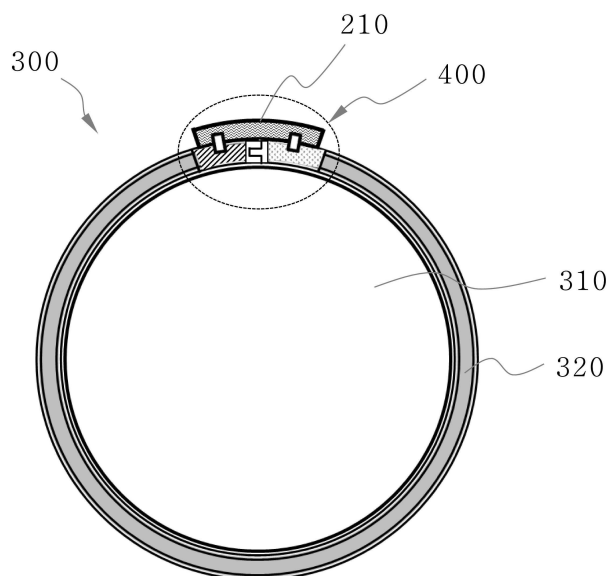
도면5a



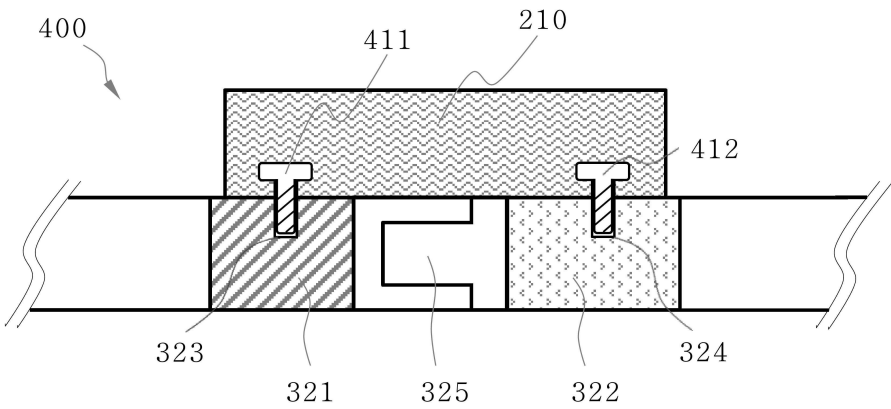
도면5b



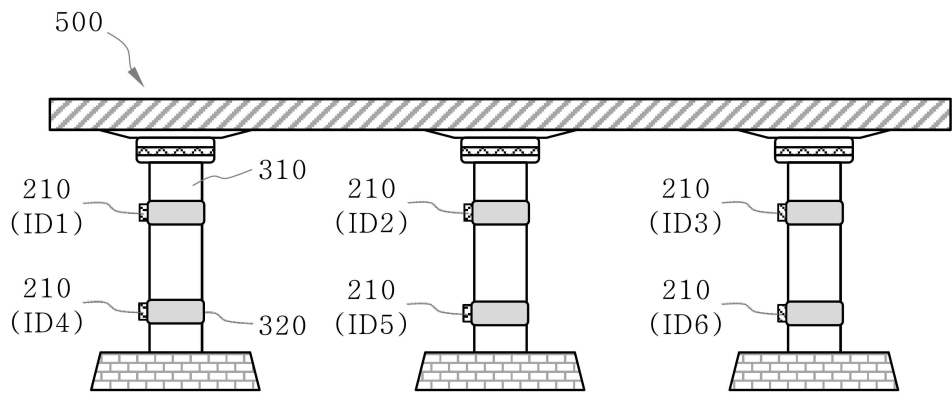
도면5c



도면5d



도면6



도면7

