



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년07월29일

(11) 등록번호 10-2689266

(24) 등록일자 2024년07월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 50/10 (2012.01) G01N 29/04 (2006.01)

G01N 29/09 (2006.01) G01N 29/44 (2006.01)

G01N 33/38 (2020.01) G06Q 50/08 (2012.01)

G06T 17/05 (2011.01)

(52) CPC특허분류

G06Q 50/10 (2015.01)

E02D 5/58 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0186262

(22) 출원일자 2023년12월19일

심사청구일자 2023년12월19일

(56) 선행기술조사문헌

KR101764849 B1*

KR102487780 B1*

WO2019210389 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

주식회사 서영엔지니어링

경기도 성남시 분당구 황새울로 246 (수내동, 도담빌딩)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

이중섭

서울특별시 성북구 안암로 145 고려대학교 공학관 201호

안재윤

경기도 용인시 기흥구 기흥역로58번길 78 기흥역더샵 201동 905호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 태웅

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 최종화

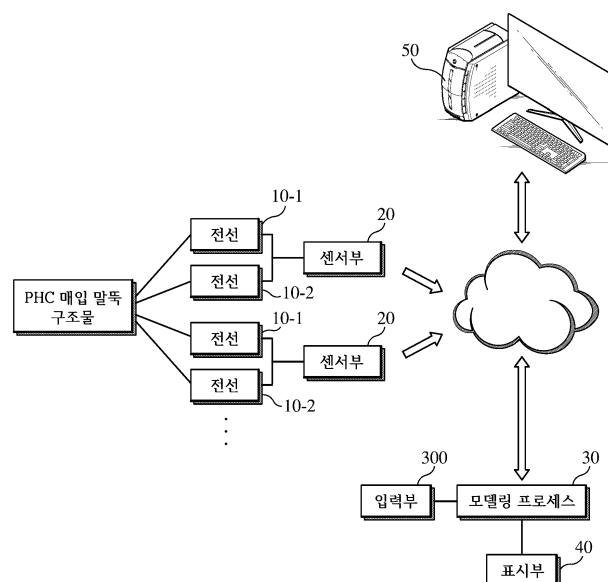
(54) 발명의 명칭 전자기파 센서 및 BIM을 이용한 PHC 매입말뚝 구조물의 유지관리 모니터링 시스템

(57) 요약

본 발명은 지반의 천공홀에 삽입되는 PHC 매입말뚝과, 상기 천공홀에 PHC 매입말뚝의 주변부로 타설되는 채움재를 포함하는 PHC 매입말뚝 구조물의 결함을 모니터링하기 위한 시스템에 있어서, 배치수단을 이용하여 상기 PHC 매입말뚝의 원주방향을 따라 일정 간격으로 배치되는 복수의 전선; 상기 복수의 전선 중 인접하는 한 쌍의 전선

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



을 하나의 신호전송선로로 하여 해당 신호전송선로에 연결되며 전자기파의 송수신을 통해 특성 임피던스 (Characteristic impedance)가 변하는 곳에서 반사되어 되돌아오는 전자기파 신호를 분석하여 상기 PHC 매입말뚝 구조물의 결함여부 및 결함위치를 검출하고 이를 포함하는 결함정보를 송신하는 복수의 센서부; PHC 매입말뚝 구조물을 설계함에 있어 요구되는 매개변수 데이터와 사용자 정의 및 조건을 입력할 수 있는 입력부가 구비되고, 입력된 매개변수 데이터와 사용자 정의 및 조건에 기반하여 PHC 매입말뚝 구조물의 BIM((Building Information Modeling) 3차원 모델을 생성하며, 상기 복수의 센서부에서 송신하는 결함정보를 수신하여 BIM 3차원 모델에 상기 결함정보가 반영되게 하는 모델링 프로세서; 및 상기 모델링 프로세서에서 처리되는 BIM 3차원 모델을 표시하는 표시부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자기파 센서 및 BIM을 이용한 PHC 매입말뚝 구조물의 유지관리 모니터링 시스템에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류

- G01N 29/048 (2013.01)
- G01N 29/09 (2013.01)
- G01N 29/44 (2013.01)
- G01N 33/383 (2024.05)
- G06Q 50/08 (2013.01)
- G06T 17/05 (2013.01)
- E02D 2250/0046 (2013.01)
- E02D 2600/10 (2013.01)
- G01N 2291/018 (2013.01)

(72) 발명자

- 정영욱
경기도 용인시 수지구 만현로67번길 20 104-804
- 김홍기
경기도 용인시 수지구 성북1로 107 (성북동, 성남
마을벽산첼시빌2차)508동 1603호

김현승

- 경기도 용인시 기흥구 중부대로746번길 21 (상하동, 지식마을 진흥더루벤스) 209동 101호
- 한대희
서울 송파구 백제고분로28길 8-12 4층

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415189448
과제번호	P0024559
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술진흥원
연구사업명	중견기업 DNA 융합 산학협력 프로젝트
연구과제명	콘크리트 구조물 인공지능 기반 안전성 평가·관리 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)서영엔지니어링
연구기간	2023.04.01 ~ 2024.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

지반의 천공홀에 삽입되는 PHC 매입말뚝과, 상기 천공홀에 PHC 매입말뚝의 주변부로 타설되는 채움재를 포함하는 PHC 매입말뚝 구조물의 결함을 모니터링하기 위한 시스템에 있어서,

상기 PHC 매입말뚝의 원주방향을 따라 일정 간격으로 배치되는 복수의 전선;

상기 복수의 전선 중 인접하는 한 쌍의 전선을 하나의 신호전송선로로 하여 해당 신호전송선로에 연결되며 전자기파의 송수신을 통해 특성 임피던스(Characteristic impedance)가 변하는 곳에서 반사되어 되돌아오는 전자기파 신호를 분석하여 상기 PHC 매입말뚝 구조물의 결함여부 및 결함위치를 검출하고 이를 포함하는 결함정보를 송신하는 복수의 센서부;

상기 신호전송선로를 구성하는 한 쌍의 전선을 상기 PHC 매입말뚝의 주변에 배치 및 장착시키기 위한 배치수단;

PHC 매입말뚝 구조물을 설계함에 있어 요구되는 매개변수 데이터와 사용자 정의 및 조건을 입력할 수 있는 입력부가 구비되고, 입력된 매개변수 데이터와 사용자 정의 및 조건에 기반하여 PHC 매입말뚝 구조물의 BIM(Building Information Modeling) 3차원 모델을 생성하며, 상기 복수의 센서부에서 송신하는 결함정보를 수신하여 BIM 3차원 모델에 상기 결함정보가 반영되게 하는 모델링 프로세서; 및

상기 모델링 프로세서에서 처리되는 BIM 3차원 모델을 표시하는 표시부;를 포함하되,

상기 배치수단은,

상기 PHC 매입말뚝의 외주면에 일정 간격을 따라 연직방향으로 장착되고, 길이방향을 따라 체결홈이 형성되는 체결레일 및 상기 신호전송선로를 구성하는 한 쌍의 전선이 상호 일정 간격을 유지하도록 수용되며 상기 체결레일의 체결홈에 대응하는 숫 형상을 가지고 상기 체결홈에 결합되는 체결돌기가 일측에 형성되는 체결홀더를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자기파 센서 및 BIM을 이용한 PHC 매입말뚝 구조물의 유지관리 모니터링 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 센서부는,

상기 신호전송선로 주변의 매질 변화에 따라 반사되어 되돌아오는 전자기파 신호의 양상을 분석하여 결함의 위치에 더하여 결함의 유형을 검출하고 이를 포함하는 결함정보를 송신하는 것을 특징으로 하는 전자기파 센서 및 BIM을 이용한 PHC 매입말뚝 구조물의 유지관리 모니터링 시스템.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 모델링 프로세서는,

상기 복수의 센서부로부터 수신한 결함정보와 기 입력된 매개변수 데이터와 사용자 정의 및 조건을 기반으로 개별 센서부에서 검출된 각각의 결함 위치 및 유형과, PHC 매입말뚝 구조물에 대한 결함 규모와 면적이 반영되도록 BIM 3차원 모델을 모델링하는 것을 특징으로 하는 전자기파 센서 및 BIM을 이용한 PHC 매입말뚝 구조물의 유지관리 모니터링 시스템.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 모델링 프로세서는,

개별 센서부의 신호전송선로를 따라 결함 위치를 표현하고 결함 유형별 기정의된 도형으로 표현하면서 결함 규모에 따라 도형의 크기를 달리 표현하도록 BIM 3차원 모델을 모델링하는 것을 특징으로 하는 전자기파 센서 및 BIM을 이용한 PHC 매입말뚝 구조물의 유지관리 모니터링 시스템.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 모델링 프로세서는,

개별 센서부로부터 수신한 결함정보를 기설정된 기준값과 비교 분석하여 결함의 수준을 복수 단계로 판단하고, 결함 위치를 표현하되 결함 수준별 기정의된 색상으로 표현하도록 BIM 3차원 모델을 모델링하는 것을 특징으로 하는 전자기파 센서 및 BIM을 이용한 PHC 매입말뚝 구조물의 유지관리 모니터링 시스템.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 체결레일은,

상기 PHC 매입말뚝의 외주면에 매립되거나 또는 상기 PHC 매입말뚝의 외주면에 연직방향으로 사전 가공되는 홈부에 삽입 설치되는 것을 특징으로 하는 전자기파 센서 및 BIM을 이용한 PHC 매입말뚝 구조물의 유지관리 모니터링 시스템.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 배치수단은,

탄성 재료로 상기 PHC 매입말뚝의 외주면을 감싸도록 구비되는 하나 이상의 밴드부재를 더 포함하고,

상기 체결레일은,

상기 하나 이상의 밴드부재의 둘레를 따라 일정 간격으로 결합되어 상기 밴드부재를 통해 상기 PHC 매입말뚝의 외주면에 장착되는 것을 특징으로 하는 전자기파 센서 및 BIM을 이용한 PHC 매입말뚝 구조물의 유지관리 모니터링 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 PHC 매입말뚝 기초 구조물의 시공 중 또는 시공 후 유지관리 단계에서 발생할 수 있는 결함을 감지하고 결함의 위치, 유형, 규모 등의 주요 정보를 BIM 모델에 의한 직관적인 3D 표시 화면으로 제공함으로써 유지관리의 편의성을 제공함과 더불어 결함에 따른 신속한 대응과 대책 마련이 가능한 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] PHC 매입말뚝은 소음, 진동 때문에 향타하여 시공하기 어려운 환경 조건인 경우에 지반을 천공하고 기성 고강도

콘크리트 말뚝인 PHC 말뚝을 거치 후 지반과 PHC 말뚝 사이 공간에 시멘트 페이스트를 주입하는 과정으로 설치된다.

[0004] 이와 같은 공법은 PHC 말뚝을 빠르고 간편하게 시공할 수 있어 다양한 기초 공사에 활용되고 있으며, 저소음, 저진동으로 국내 도심지 등의 공사장에서 주로 적용하고 있다.

[0005] 그러나 PHC 매입말뚝은 현장 타설 시멘트 페이스트의 배합 및 균일한 타설 관리가 어려워, 시공 후 PHC 말뚝 주변의 다양한 손상 및 결함 발생으로 말뚝 기초의 지지력 및 성능이 저하될 수 있다.

[0006] 특히 세굴 및 유속 발생에 따른 강도가 약한 시멘트 페이스트의 손실, 지중 수평하중, 측방유동에 의한 균열 발생 등이 다양하게 나타날 수 있다.

[0007] 이에 따라 PHC 매입말뚝의 시공 후 시멘트 페이스트부의 손상 및 결함을 감지하여 기초 구조물의 건전성을 평가할 수 있는 유지관리 기술이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2018-0084293호(2018.07.25.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 따라서 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 안출된 것으로, PHC 매입말뚝 기초 구조물의 시공 중 또는 시공 후 유지관리 단계에서 결함 발생을 주변 지반 굴착 없이도 감지할 수 있으며, 결함 발생의 위치뿐 아니라 결함의 유형 및 규모 등의 주요 정보를 분석하여 직관적인 3D BIM 모델로서 제공함으로써 유지관리의 편의성을 제고함과 더불어 결함에 따른 신속한 대응과 대책 마련이 가능한 시스템을 제공하는 것이 목적이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상술한 문제점을 해결하기 위한 수단으로서 본 발명의 전자기파 센서 및 BIM을 이용한 PHC 매입말뚝 구조물의 유지관리 모니터링 시스템(이하 "본 발명의 시스템"이라 칭함)은, 지반의 천공홀에 삽입되는 PHC 매입말뚝과, 상기 천공홀에 PHC 매입말뚝의 주변부로 타설되는 채움재를 포함하는 PHC 매입말뚝 구조물의 결함을 모니터링하기 위한 시스템에 있어서, 상기 PHC 매입말뚝의 원주방향을 따라 일정 간격으로 배치되는 복수의 전선; 상기 복수의 전선 중 인접하는 한 쌍의 전선을 하나의 신호전송선로로 하여 해당 신호전송선로에 연결되며 전자기파의 송수신을 통해 특성 임피던스(Characteristic impedance)가 변하는 곳에서 반사되어 되돌아오는 전자기파 신호를 분석하여 상기 PHC 매입말뚝 구조물의 결함여부 및 결함위치를 검출하고 이를 포함하는 결함정보를 송신하는 복수의 센서부; 상기 신호전송선로를 구성하는 한 쌍의 전선을 상기 PHC 매입말뚝의 주변에 배치 및 장착시키기 위한 배치수단; PHC 매입말뚝 구조물을 설계함에 있어 요구되는 매개변수 데이터와 사용자 정의 및 조건을 입력할 수 있는 입력부가 구비되고, 입력된 매개변수 데이터와 사용자 정의 및 조건에 기반하여 PHC 매입말뚝 구조물의 BIM(Building Information Modeling) 3차원 모델을 생성하며, 상기 복수의 센서부에서 송신하는 결함정보를 수신하여 BIM 3차원 모델에 상기 결함정보가 반영되게 하는 모델링 프로세서; 및 상기 모델링 프로세서에서 처리되는 BIM 3차원 모델을 표시하는 표시부;를 포함하되, 상기 배치수단은, 상기 PHC 매입말뚝의 외주면에 일정 간격을 따라 연직방향으로 장착되고, 길이방향을 따라 체결홈이 형성되는 체결레일 및 상기 신호전송선로를 구성하는 한 쌍의 전선이 상호 일정 간격을 유지하도록 수용되며 상기 체결레일의 체결홈에 대응하는 숫 형상을 가지고 상기 체결홈에 결합되는 체결돌기가 일측에 형성되는 체결홀더를 포함하는 것이 특징이다.

[0013] 하나의 예로써, 상기 센서부는, 상기 신호전송선로 주변의 매질 변화에 따라 반사되어 되돌아오는 전자기파 신호의 양상을 분석하여 결함의 위치에 더하여 결함의 유형을 검출하고 이를 포함하는 결함정보를 송신하는 것이 특징이다.

[0014] 하나의 예로써, 상기 모델링 프로세서는, 상기 복수의 센서부로부터 수신한 결함정보와 기 입력된 매개변수 데이터와 사용자 정의 및 조건을 기반으로 개별 센서부에서 검출된 각각의 결함 위치 및 유형과, PHC 매입말뚝 구

조물에 대한 결함 규모와 면적이 반영되도록 BIM 3차원 모델을 모델링하는 것이 특징이다.

[0015] 하나의 예로써, 상기 모델링 프로세서는, 개별 센서부의 신호전송선로를 따라 결함 위치를 표현하고 결함 유형별 기정의된 도형으로 표현하면서 결함 규모에 따라 도형의 크기를 달리 표현하도록 BIM 3차원 모델을 모델링하는 것이 특징이다.

[0016] 하나의 예로써, 상기 모델링 프로세서는, 개별 센서부로부터 수신한 결함정보를 기설정된 기준값과 비교 분석하여 결함의 수준을 복수 단계로 판단하고, 결함 위치를 표현하되 결함 수준별 기정의된 색상으로 표현하도록 BIM 3차원 모델을 모델링하는 것이 특징이다.

[0017] 삭제

[0018] 하나의 예로써, 상기 체결레일은, 상기 PHC 매입말뚝의 외주면에 매립되거나 또는 상기 PHC 매입말뚝의 외주면에 연직방향으로 사전 가공되는 홈부에 삽입 설치되는 것이 특징이다.

[0019] 하나의 예로써, 상기 배치수단은, 탄성 재질로 상기 PHC 매입말뚝의 외주면을 감싸도록 구비되는 하나 이상의 밴드부재를 더 포함하고, 상기 체결레일은, 상기 하나 이상의 밴드부재의 둘레를 따라 일정 간격으로 결합되어 상기 밴드부재를 통해 상기 PHC 매입말뚝의 외주면에 장착되는 것이 특징이다.

발명의 효과

[0021] 이처럼 본 발명의 시스템에 의하면, PHC 매입말뚝 주면을 따라 설치되는 EWL(Electromagnetic Wave Logging) 센서 구성의 감지 결과에 따라 PHC 매입말뚝 구조물의 시공 중 또는 시공 후 유지관리 단계에서 결함 발생을 주변 지반 굴착 없이도 감지할 수 있으며, 이를 실제 구조물 형상과 동일한 3차원 BIM 모델로 생성 및 제공하여 결함의 위치, 유형, 규모 등의 주요 정보를 관리자로 하여금 직관적으로 모니터링되게 함으로써, 유지관리의 편의성을 제공함과 더불어 결함에 따른 신속한 대응과 대책 마련이 가능한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 시스템을 개략적으로 나타내는 블록도.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 PHC 매입말뚝 구조물의 평단면도.

도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 센서부에 의한 결함 정보 도출 개념도.

도 5a 및 도 5b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 3차원 모델에서 결함 범위 산정 방식을 나타내는 도면.

도 6 내지 도 7b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 모델링 프로세서에서 구현되는 PHC 매입말뚝 구조물의 BIM 3차원 모델 표시 화면.

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 배치수단을 나타내는 사시도.

도 9는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 배치수단을 나타내는 사시도.

도 10은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 배치수단을 나타내는 사시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명을 설명함에 있어서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0025] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명한다.

[0026] 본 발명의 시스템은 지반(3)의 천공홀(4)에 삽입되는 PHC 매입말뚝(1)과, 상기 천공홀(4)에 PHC 매입말뚝(1)의 주변부로 타설되는 채움재(2)를 포함하는 PHC 매입말뚝 구조물에 대한 결함을 전자기파의 신호 분석을 통해 검출하고, 3차원 모델을 통해 검출된 결함 정보가 모니터링될 수 있도록 구성된다.

[0027] 도 1을 참조하면, 본 발명의 시스템은 PHC 매입말뚝 구조물에 설치되는 복수의 전선(10)과 복수의 센서부(20), 개별 센서부(20)로부터 검출되는 결함정보가 입력되고 입력된 결함정보가 반영되도록 PHC 매입말뚝 구조물의 3

차원 모델을 생성하는 모델링 프로세서(30) 및 상기 모델링 프로세서(30)의 처리 결과를 표시하는 표시부(40)를 포함할 수 있다.

- [0028] 상기 복수의 전선(10)은 상기 PHC 매입말뚝(1)의 원주방향을 따라 일정 간격으로 배치될 수 있다.
- [0029] 각각의 전선(10)은 PHC 매입말뚝(1)의 외주면에 인접하여 PHC 매입말뚝(1)의 길이방향을 따라 배치되거나 또는 도면에 도시된 바 없으나 PHC 매입말뚝(1)의 외주면에서 나선형으로 배치될 수 있다.
- [0030] 상기 복수의 전선(10)은 PHC 매입말뚝 구조물을 구성하는 채움재(2)에 매립되며, 이하에서 설명하는 센서부(20)의 전기적 접속을 위하여 일단이 연장되면서 상기 PHC 매입말뚝(1)의 두부측에서 노출될 수 있다.
- [0031] 이때 상기 복수의 전선(10) 중 인접하는 한 쌍의 전선(10-1, 10-2)은 상기 센서부(20)의 전자기파 송수신에 이용되는 신호전송선로 선택되는 바, 다른 신호전송선로를 구성하는 한 쌍의 전선(10-1, 10-2)과의 전파 간섭이 없을 정도의 이격 거리를 갖도록 배치하는 것이 바람직하다.
- [0032] 상기 복수의 전선(10)은 상기 PHC 매입말뚝(1)의 공장 제작 시 설치될 수 있으며, 향후 PHC 매입말뚝(1)의 현장 근입 시 함께 천공홀(4)로 삽입되어 채움재(2)에 매립될 수 있다.
- [0033] 이러한 복수의 전선(10)은 도 2에 도시된 바와 같이 PHC 매입말뚝(1) 주변부로 타설되는 채움재(2)에 매립되어, PHC 매입말뚝(1)의 주변부에 대한 결함을 검출하는 감지영역(a)을 형성하게 된다.
- [0034] 여기서 상기 채움재(2)는 말뚝 구조물을 시공함에 있어 사용되는 통상의 채움 재료로, 예를 들면 시멘트 페이스트, 콘크리트 혼합물, 소일 시멘트(soil cement), 모르타르, 차수용 그라우팅재 중 어느 하나일 수 있다.
- [0035] 상기 센서부(20)는 상기 복수의 전선(10) 중 인접하는 한 쌍의 전선(10-1, 10-2)을 하나의 신호전송선로로 하여 해당 신호전송선로에 연결될 수 있다.
- [0036] 여기서 상기 센서부(20)와 한 쌍의 전선(10-1, 10-2) 간 전기적인 접속은 커넥터 등 공지의 접속수단을 이용할 수 있으므로 이에 대한 구체적인 설명은 생략한다.
- [0037] 상기 센서부(20)는 전자기파의 송수신을 통해 특성 임피던스(Characteristic impedance)가 변하는 곳에서 반사되어 되돌아오는 전자기파의 도달시간(Roundtrip travel time)과 전자기파의 속도 등을 분석하여 상기 PHC 매입말뚝 구조물 즉 PHC 매입말뚝(1)의 주변부에 대한 결함여부 및 결함위치를 검출할 수 있다.
- [0038] 그리고 상기 센서부(20)는 검출 결과를 취합한 검출정보를 생성하고, 생성한 검출정보를 유선 또는 무선 통신망을 이용하여 상기 모델링 프로세서(30)로 송신할 수 있다.
- [0039] 상기 센서부(20)는 한 쌍의 전선(10-1, 10-2)과 연결되어 한 조를 이루는 것이므로 전선(10)의 배치 개수에 따라 센서부(20)의 수가 결정될 수 있으며, 고유의 식별정보가 사전 부여되고 상기 검출정보와 함께 송신됨으로써, 상기 모델링 프로세서(30)에서 개별 센서부(20)는 물론 이에 연결된 신호전송선로의 배치 위치 등을 식별할 수 있게 한다.
- [0040] 구체적으로 상기 센서부(20)는 TDR(Time domain reflectometer) 기기가 구비되어 한 쌍의 전선(10-1, 10-2)으로 구성되는 신호전송선로에 전자기파를 송수신할 수 있다.
- [0041] 그리고 상기 센서부(20)는 전자기파가 상기 신호전송선로를 따라 진행하다가 특성 임피던스(Characteristic impedance)가 변하는 곳에서 반사되어 되돌아오는 신호를 측정하고, 반사된 신호의 도달시간(Round-trip travel time)과 전자기파의 속도를 이용하여 특성 임피던스가 변화하는 구간의 위치를 파악할 수 있다.
- [0042] 즉 PHC 매입말뚝 구조물에 결함이 발생할 경우, 해당 결함 위치에서 임피던스의 변화가 나타나는데, 이는 해당 구간에서 채움재(2)의 고유 물성이 변화한 것에 기인한 것으로 추정할 수 있다.
- [0043] 이러한 센서부(20)는 상술한 바와 같이 특성 임피던스가 변화하는 구간의 유무를 통해 결함 여부의 확인과 함께 각 PHC 매입말뚝 구조물에 대한 결함 개수와 결함 위치를 확인할 수 있다.
- [0044] 뿐만 아니라, 상기 센서부(20)는 상기 신호전송선로 주변의 매질 변화에 따라 반사되어 되돌아오는 전자기파 신호의 양상을 분석하여 결함의 위치에 더하여 결함의 유형을 검출하고 이를 포함하는 결함정보를 송신할 수 있다.
- [0045] 이때 상기 신호전송선로 주변은 PHC 매입말뚝 구조물을 구성하는 채움재를 의미할 수 있으며, 상기 매질은 공기, 물, 흙 중 어느 하나일 수 있다.

- [0046] 전자기파의 경우 매질의 종류에 따른 유전율의 차이로 되돌아오는 전자기파 신호의 양상이 달라질 수 있는데, 사전에 전자기파 신호의 양상별 특성에 대한 매질과 결합 유형이 정의될 수 있다.
- [0047] 예를 들면 반사되어 되돌아오는 전자기파 신호의 양상을 분석하여 매질이 공기일 경우, 상기 센서부(20)는 결합 유형을 공동(Cavity)로 판단하여 PHC 매입말뚝 구조물의 균열이 발생한 결합으로 판단할 수 있다.
- [0048] 그리고 매질이 물일 경우, 상기 센서부(20)는 결합 유형을 내부가 물로 채워진 탈락(Necking filled with water)로 판단하여 PHC 매입말뚝 구조물의 세굴, 유속에 따른 채움재의 손실이 발생한 결합으로 판단할 수 있다.
- [0049] 또한 매질이 흙일 경우, 상기 센서부(20)는 결합 유형을 내부가 흙으로 채워진 탈락(Necking filled with soil)로 판단하여 PHC 매입말뚝 구조물의 말뚝 주변부 결합으로 판단할 수 있다.
- [0050] 즉 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이 PHC 매입말뚝 구조물을 구성하는 채움재(2)는 PHC 매입말뚝(1)과는 달리 철근이 보강되어 있지 않은 콘크리트 부재에 해당되므로 압축에 강하고 인장에 취약한 특성을 갖는바, PHC 매입말뚝(1) 주변 채움재(2)에 수평하중 내지 측방유동이 발생할 경우 인장력이 작용하는 부위 위주로 균열이 발생할 수 있으며, 반대로 압축력이 작용하는 부위는 균열이 발생하지 않는다.
- [0051] 또한 지반(3) 내에서 PHC 매입말뚝 구조물 주변부에 대한 지하수, 하천 등의 영향으로 유속 및 세굴이 발생함에 따라 채움재(2)가 침식되어 PHC 매입말뚝(1)이 노출될 경우, 결합 및 손상이 발생할 수 있으며 그 결합 부위가 확대될 수 있다.
- [0052] 이에 상기 센서부(20)는 전자기파의 송수신을 분석하여 PHC 매입말뚝 구조물에 대한 결합 위치를 파악함으로써 지중에서 PHC 매입말뚝 구조물로 가해지는 수평하중 내지 측방유동의 위치를 파악할 수 있음은 물론, 채움재(2)가 기존 콘크리트 성분에서 물이나, 흙 등으로 매질의 특성 변화가 발생하는 것을 파악하여 유속 및 세굴 등에 의한 침식 및 손상 여부를 지반 굴착 없이도 확인할 수 있게 되는 것이다.
- [0053] 한편 상기 모델링 프로세서(30)는 PHC 매입말뚝 구조물을 설계함에 있어 요구되는 매개변수 데이터와 사용자 정의 및 조건 등은 물론 PHC 매입말뚝 구조물의 유지관리에 요구되는 다양한 관리정보와 향후 보수시기 등을 입력할 수 있는 입력부(300)가 구비될 수 있다.
- [0054] 여기서 상기 매개변수는 PHC 매입말뚝 구조물에 대한 기본적인 3차원 형상을 구현하는데 필요한 각 객체별 수치, 형상 관련 데이터로 정의될 수 있으며, 독립된 하나의 매개변수는 상기 사용자 환경(UI)을 통해 변수명이 부여될 수 있고 필요에 의해 변경이 가능한 데이터일 수 있다.
- [0055] 또한 상기 매개변수는 PHC 매입말뚝 구조물에 대한 데이터뿐 아니라 PHC 매입말뚝 구조물이 시공되는 주변 지반 데이터를 더 포함할 수 있다. 상기 주변 지반 데이터는 심도별 지반 물성 정보 즉, 지반의 종류, 주변마찰력 등을 포함할 수 있다.
- [0056] 이러한 매개변수는 사용자 환경(UI)을 제공하는 입력부(300)를 통해 개별적으로 입력되는 것이거나, 기저장된 설계 데이터가 자동 입력되는 것일 수 있으며, 매개변수 모델 즉, 입력된 매개변수에 따라 3차원 형상이 변경 및 결정될 수 있다.
- [0057] 상기 모델링 프로세서(30)는 매개변수 기반 모델을 생성할 수 있다.
- [0058] 즉 상기 모델링 프로세서(30)는 상기 입력부(300)를 통해 입력되는 매개변수 데이터와 사용자 정의 및 조건에 기반하여 선택된 PHC 매입말뚝 구조물의 BIM(Building Information Modeling) 3차원 모델을 생성할 수 있으며, 사용자 명령어에 의해 모델을 생성하는 과정에서 다양한 기능을 수행할 수 있다.
- [0059] 상기 모델링 프로세서(30)는 도면에 도시된 바 없으나, 데이터베이스를 포함할 수 있으며, PHC 매입말뚝 구조물의 3차원 모델을 생성함에 있어 상기 데이터베이스에 기저장된 데이터를 활용할 수 있다.
- [0060] 일 예로 상기 데이터베이스에는 상기 매개변수 모델들이 객체의 유형별로 집합을 이루어 저장되어 있으며, 상기 모델링 프로세서(30)는 선택된 하나의 유형을 상기 데이터베이스로부터 추출하여 3D 모델링에 입력 데이터로서 활용할 수 있다.
- [0061] 상기 데이터베이스에 저장된 데이터는 PHC 매입말뚝 구조물의 3차원 모델을 생성하는 과정에서 요구될 수 있는 각 객체의 유형별 2D 도면데이터는 물론 상기 2D 도면데이터를 기반으로 생성되는 3D 객체 등이 저장될 수 있다.

- [0062] 그리고 상기 데이터베이스에는 특정 변수를 선택함에 있어 어떠한 설계기준이 반영되어 있는지 확인할 수 있도록 참고 자료가 저장되어 있으며, 상기 모델링 프로세서(30)에서 해당 변수를 지정하는데 있어 설계자가 관련 설계기준 자료를 용이하게 확인할 수 있도록 하는바, 예를 들면 상기 모델링 프로세서(30)에서는 상기 데이터베이스에 접근하거나 관련 웹페이지에 접속할 수 있게 하는 링크 기능을 구비할 수 있다.
- [0063] 상기 표시부(40)는 상기 입력부(300)에서 제공하는 사용자 환경(UI)과 상기 모델링 프로세서(30)에서 수행되는 모델링 과정 및 처리 결과 즉 상기 모델링 프로세서(30)에서 처리 및 생성되는 BIM 3차원 모델을 디스플레이할 수 있다.
- [0064] 그리고 상기 표시부(40)는 상기 모델링 프로세서(30)로 입력되는 센서부(20)의 결합정보를 전달받고, 결합정보를 그래프 등과 같은 시각적인 데이터로 가공하여 표시할 수 있다.
- [0065] 일 예로 상기 그래프는 시간도메인에 대한 출력신호를 나타내는 그래프일 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0066] 관리자단말(50)은 상기 표시부(40)에 접속되어 표시부(40)에서 디스플레이되는 정보들을 모니터링할 수 있다.
- [0067] 한편 상기 모델링 프로세서(30)는 상기 복수의 센서부(20)에서 송신하는 결합정보를 수신할 수 있으며, 수신된 결합정보는 상기 입력부(300)를 통해 자동으로 입력될 수 있다.
- [0068] 그리고 상기 모델링 프로세서(30)는 매개변수 기반으로 생성된 PHC 매입말뚝 구조물의 BIM 3차원 모델에 상기 결합정보가 반영되도록 표현할 수 있다.
- [0069] 상기 센서부(20)로부터 입력되는 결합정보는 상술한 바와 같이 PHC 매입말뚝 구조물에 대한 결합여부 및 결합위치와 유형을 포함할 수 있다.
- [0070] 상기 모델링 프로세서(30)는 생성된 PHC 매입말뚝 구조물의 3차원 모델에서 결합위치와 유형이 다양한 방식으로 표현될 수 있도록 PHC 매입말뚝 구조물의 3차원 모델을 다시 모델링 할 수 있다.
- [0071] 이에 더하여 상기 모델링 프로세서(30)는 개별 센서부(20)로부터 입력되는 각각의 결합위치와 구간 등을 분석하여, PHC 매입말뚝 구조물에 대한 전체 결합규모와 면적을 산출할 수 있으며, 산출된 결합규모 및 면적이 PHC 매입말뚝 구조물의 3차원 모델에서 반영되도록 BIM 3차원 모델을 다시 모델링할 수 있다.
- [0072] 즉 상기 모델링 프로세서(30)는 도 5a에 도시된 바와 같이 상기 입력부(300)를 통해 입력된 매개변수 기반으로 PHC 매입말뚝 구조물에 대한 3차원 모델을 생성하여 정보를 시각화할 수 있으며, 생성된 3차원 모델에 개별 센서부(20)로부터 취득한 각각의 결합 위치가 표시될 수 있게 하는 것이다.
- [0073] 특히 도 5b에 도시된 바와 같이 개별 센서부(20)로부터 취득한 개별 결합 위치와 범위(d)의 데이터를 취합하고, 인접 센서부(20) 간의 중복 범위(c)를 정리하여, PHC 매입말뚝 구조물에 대한 전체 결합 범위를 산정하여 표현하도록 3차원 모델을 모델링할 수 있으며, 전체 결합 범위의 규모를 정량적 수치 예를 들면 면적이나 부피 등으로 산출할 수 있다.
- [0074] 상기 모델링 프로세서(30)는 산출된 결합 규모의 정량적 수치에 대한 좌표를 자동 계산하여 외곽라인으로 생성할 수 있으며, 도 6에 도시된 바와 같이 생성된 외곽라인을 3차원 모델에 시각적으로 표현되도록 모델링 함으로써, 결합의 위치, 결합 규모 등을 직관적으로 파악할 수 있게 하고 그에 적합한 보수 조치 등이 이루어질 수 있도록 도움을 줄 수 있다.
- [0075] 상기 모델링 프로세서(30)는 도 7a에 도시된 바와 같이 입력부(300)를 통해 입력된 매개변수와 개별 센서부(20)의 측정결과가 반영되도록 BIM 3차원 모델을 생성하여 정소를 시각화함에 있어, 개별 센서부(20)의 신호전송 선로를 따라 결합위치를 표현하고 결합 유형별 기정의된 도형으로 표현하면서 결합 규모에 따라 도형의 크기를 달리 표현하도록 BIM 3차원 모델을 모델링할 수 있다.
- [0076] 그리고 상기 모델링 프로세서(30)는 개별 센서부(20)로부터 수신한 결합정보를 기설정된 기준값과 비교 분석하여 결합의 수준을 복수 단계로 판단하고, 결합 위치를 표현하되 결합 수준별 기정의된 색상으로 표현하도록 BIM 3차원 모델을 모델링할 수 있다.
- [0077] 일 예로 상기 결합 유형은 도 7b에 도시된 바와 같이 원기둥, 구 형태로 표현될 수 있으며, 결합규모에 따라 해당 도형의 폭, 높이 등을 상대적으로 크게 표현할 수 있다. 또한 결합 수준은 '관심', '주의', '경계', '심각' 등과 같은 단계별로 설정될 수 있으며, 각 단계를 노랑색, 녹색, 파랑색, 적색으로 정의하여 판단된 결합수준을

색상으로 표현함으로써, 관리자로 하여금 결함에 대한 주요 정보를 용이하게 파악할 수 있게 한다.

- [0078] 한편 본 발명에서는 상기 신호전송선로를 구성하는 한 쌍의 전선(10-1, 10-2)을 상기 PHC 매입말뚝(1)의 주변에 배치 및 장착시키기 위한 배치수단을 더 포함할 수 있다.
- [0079] 상기 배치수단은, 상기 PHC 매입말뚝(1)의 외주면에 일정 간격을 따라 연직방향으로 장착되고 길이방향을 따라 체결홈(100)이 형성되는 체결레일(70)을 포함할 수 있다.
- [0080] 상기 체결홈(70)은 원형 또는 사각형으로 구성될 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 이하에서 설명하는 체결홀더(60)와의 끼움 결합이 가능한 공지의 다양한 단면 형상을 가질 수 있다.
- [0081] 상기 체결레일(70)은 도 8에 도시된 바와 같이 상기 PHC 매입말뚝(1)의 외주면에 매립되는 것일 수 있다.
- [0082] 예를 들면, 상기 체결레일(70)은 상기 PHC 매입말뚝(1)의 공장 제작 후 별도의 가공 기기를 이용하여 외주면에 직접적으로 가공되는 것이거나, 또는 상기 PHC 매입말뚝(1)의 공장 제작 과정에서 거푸집에 콘크리트를 타설하기 전 레일형 간격재의 배치를 통해 형성되는 것일 수 있다.
- [0083] 다른 예로서 상기 체결레일(70)은 도 9에 도시된 바와 같이 상기 PHC 매입말뚝(1)의 외주면에 연직방향으로 홈부(110)를 사전 가공하고, 홈부(110)에 삽입 설치되는 것일 수 있다.
- [0084] 이때 상기 홈부(110)는 가공의 편의성을 위해 직사각형 형태를 갖는 것이 바람직하다.
- [0085] 본 실시예의 구조에 의하면, 상기 홈부(110)가 비교적 단순한 형태와 가공성을 갖기 때문에, 기성 PHC 매입말뚝(1)뿐 아니라 사전 제작된 PHC 매입말뚝(1)에도 용이하게 적용이 가능한 이점이 있다.
- [0086] 상기 배치수단은 상기 신호전송선로를 구성하는 한 쌍의 전선(10-1, 10-2)이 상호 일정 간격을 유지하도록 수용되는 체결홀더(60)를 더 포함할 수 있다.
- [0087] 상기 체결홀더(60)는 상기 체결레일(70)의 체결홈(100)과 대응하는 숫 형상으로 가지고 체결홈(100)에 끼움 결합되는 체결돌기(600)가 일측에 형성되어 슬라이딩 방식으로 상기 체결레일(70)에 결합될 수 있다.
- [0088] 상기 체결홀더(60)는 도 8에 도시된 바와 같이 단일 모듈로 신호전송선로를 구성하는 한 쌍의 전선(10-1, 10-2)에 대한 모든 구간이 수용되는 것이거나, 또는 분리된 둘 이상의 모듈로 구성되어 한 쌍의 전선(10-1, 10-2)의 부분 구간이 수용되는 것일 수 있다.
- [0089] 상기 체결홀더(60)가 분리된 둘 이상의 모듈로 구성될 경우, 상기 체결홀더(60)는 상기 체결레일(70)의 상부로부터 순차적으로 끼움 결합될 수 있다.
- [0090] 여기서 상기 체결홀더(60)에 수용된 한 쌍의 전선(10-1, 10-2)은 상단의 일부가 연장되어 외부로 노출될 수 있으며, 접속 커넥터 등을 통해 상기 센서부(20)와 전기적인 접속을 이루어져 전자기파를 송수신할 수 있다.
- [0091] 이와 같은 배치수단은 별도의 체결 부품을 PHC 매입말뚝(1)에 연결하지 않으면서도 간편하게 복수의 전선(10)을 배치시킬 수 있으며, 특히 전선(10)의 도체 피복 부분과 PHC 매입말뚝(1)의 외주면 사이 간 거리가 균일하게 진행되면서 말뚝 내부의 철근과 일정한 이격 거리를 확보할 수 있기 때문에 전자기파 신호의 노이즈를 최소화하는 효과를 제공할 수 있다.
- [0092] 뿐만 아니라 상술한 바와 같이 체결홀더(60)는 한 쌍의 전선(10-1, 10-2) 간에 일정한 이격 거리가 유지되게 함으로써 원활한 자기장 형성을 유도할 수 있으며, 전선(10) 주위가 PVC 및 절연 재질로 보호되고 그 주변이 채움재(2)만으로 충전되므로 다른 재료의 전파 간섭으로 인한 노이즈 발생을 방지할 수 있게 된다.
- [0093] 한편 상술한 배치수단의 경우, 기성 PHC 매입말뚝(1) 및 PHC 매입말뚝(1)의 공장 제작 중 체결레일(70)의 장착을 위한 홈부(110) 등의 가공 과정이 반드시 필요하므로, 가공에 의한 비용 및 제작 시간이 증가할 수밖에 없다는 단점이 있다.
- [0094] 이에 본 발명에서는 PHC 매입말뚝(1)에 직접적인 가공 없이도 PHC 매입말뚝(1)의 외주면에 체결레일(70)을 장착시킬 수 있는 또 다른 배치수단의 구조를 제시하고 있다.
- [0095] 도 10을 참조하면 본 실시 예의 배치수단은, 탄성 재질로 상기 PHC 매입말뚝(1)의 외주면을 감싸도록 구비되는 하나 이상의 밴드부재(80)를 포함할 수 있다.
- [0096] 상기 밴드부재(80)는 실리콘, 고무 등과 같은 탄성을 갖는 재질로 PHC 매입말뚝(1)에 용이하게 착탈이 가능할 뿐 아니라 높낮이 역시 용이하게 조정될 수 있다.

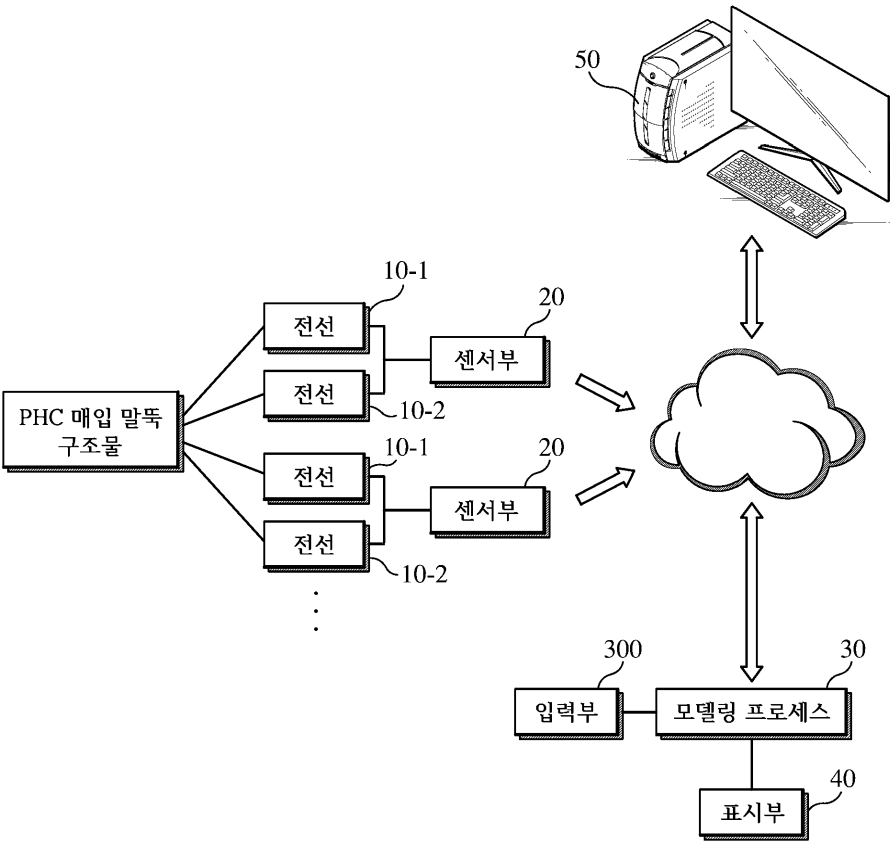
- [0097] 이때 도 10에서는 두 개의 밴드부재(80)가 상호 이격 배치되는 구조를 도시하고 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것으로 아니며 상기 PHC 매입말뚝(1)의 길이를 고려하여 그 수가 선택될 수 있음은 당연하다.
- [0098] 본 실시 예의 배치수단은 앞서 설명한 실시 예와 동일 구조를 갖는 체결레일(70)을 더 포함할 수 있는데, 상기 체결레일(70)은 상기 하나 이상의 밴드부재(80)의 둘레를 따라 일정 간격으로 결합되어 일체화됨으로써, 상기 밴드부재(80)를 PHC 매입말뚝(1)에 장착시키는 것으로, 복수의 체결레일(70)이 상기 PHC 매입말뚝(1)의 외주면에 일정 간격으로 장착될 수 있는 것이다.
- [0099] 그리고 본 실시 예의 배치수단 역시 한 쌍의 전선(10-1, 10-2)이 일정 간격을 유지하면서 수용되는 체결홀더(60)를 포함하고 있는 바, 상기 밴드부재(80)를 통해 PHC 매입말뚝(1)의 외주면에 장착된 각각의 체결레일(70)에 체결홀더(60)가 끼움 결합됨으로써 전선(10)이 균일 배치될 수 있다.
- [0100] 이와 같은 배치수단은 PHC 매입말뚝(1)에 어떠한 가공 없이도 체결레일(70)을 용이하고 신속하게 배치시킬 수 있게 되므로, 후가공 처리에 따른 제작 비용과 시간이 증가하는 것을 최소화할 수 있는 장점이 있다.
- [0102] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

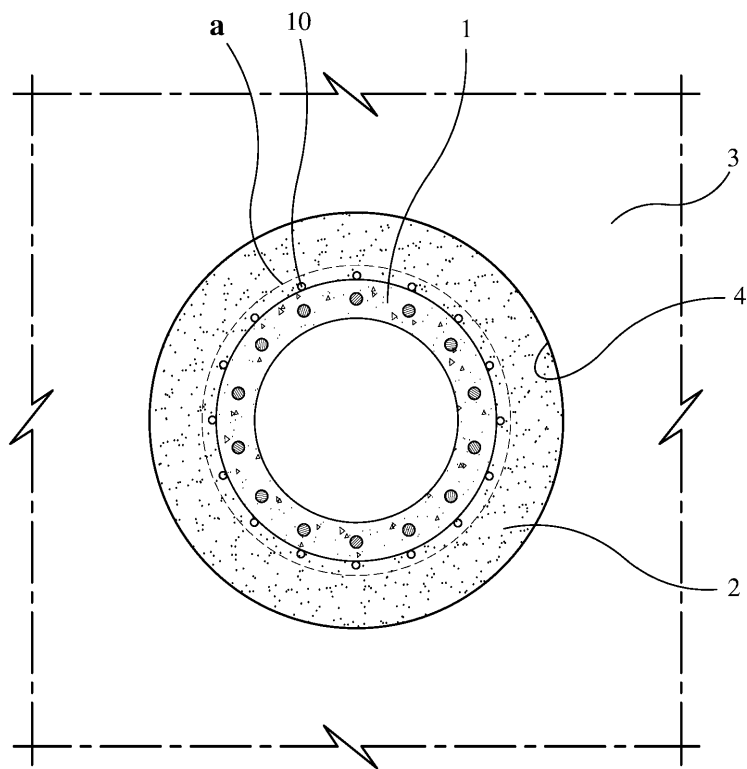
- [0104]
- | | |
|---------------|------------|
| 1 : PHC 매입말뚝 | 2 : 채움재 |
| 3 : 지반 | 4 : 천공홀 |
| 10 : 전선 | 20 : 센서부 |
| 30 : 모델링 프로세스 | 40 : 표시부 |
| 50 : 관리자단말 | 60 : 체결홀더 |
| 70 : 체결레일 | 80 : 밴드부재 |
| 100 : 체결홈 | 110 : 홈부 |
| 300 : 입력부 | 600 : 체결돌기 |

도면

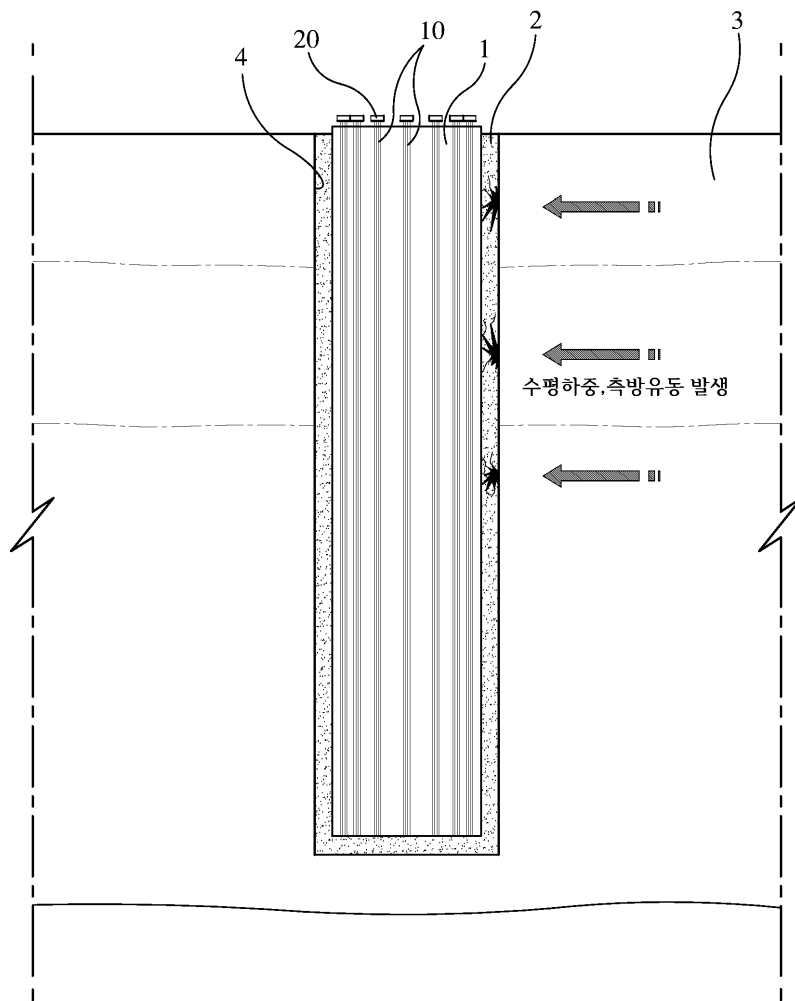
도면1



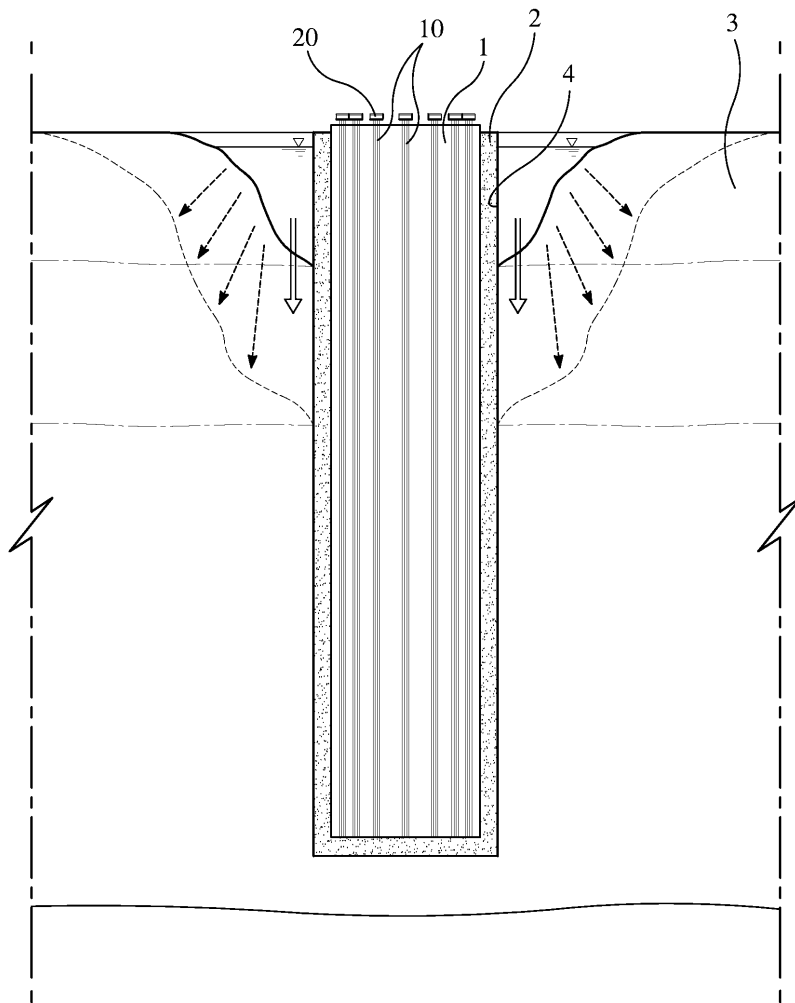
도면2



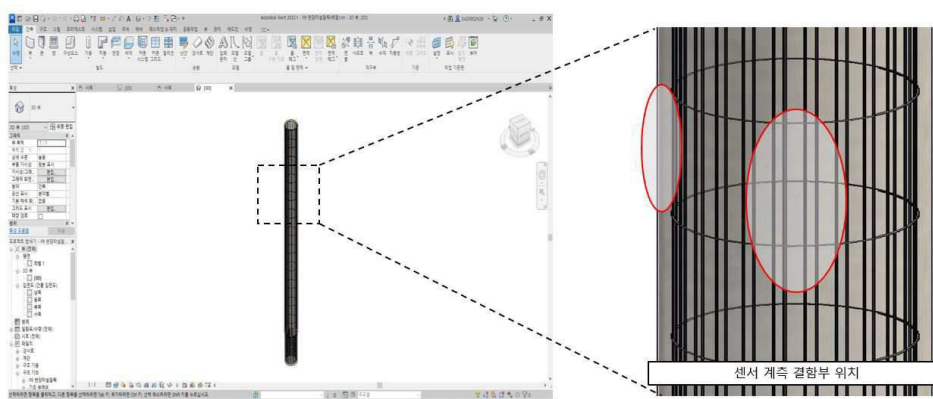
도면3



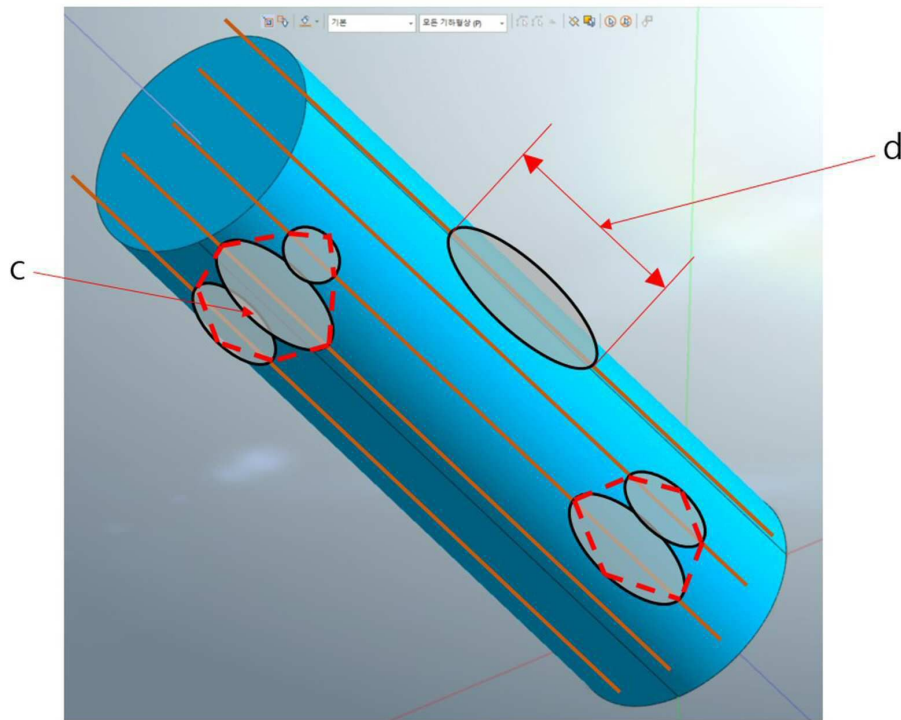
도면4



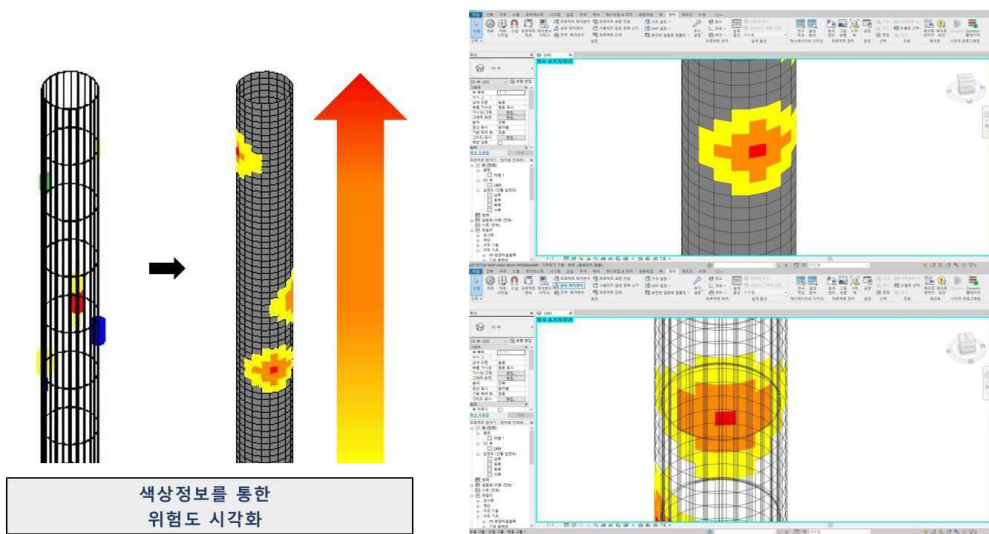
도면5a



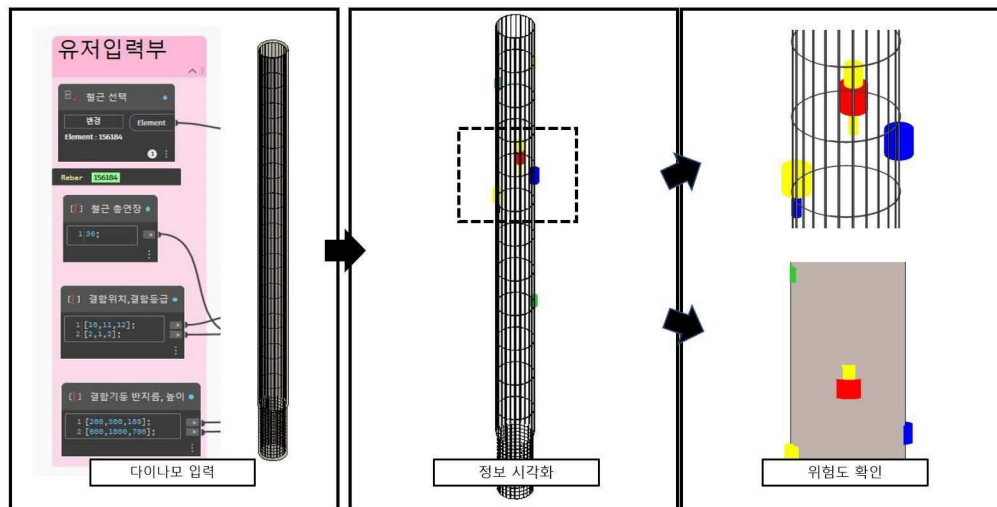
도면5b



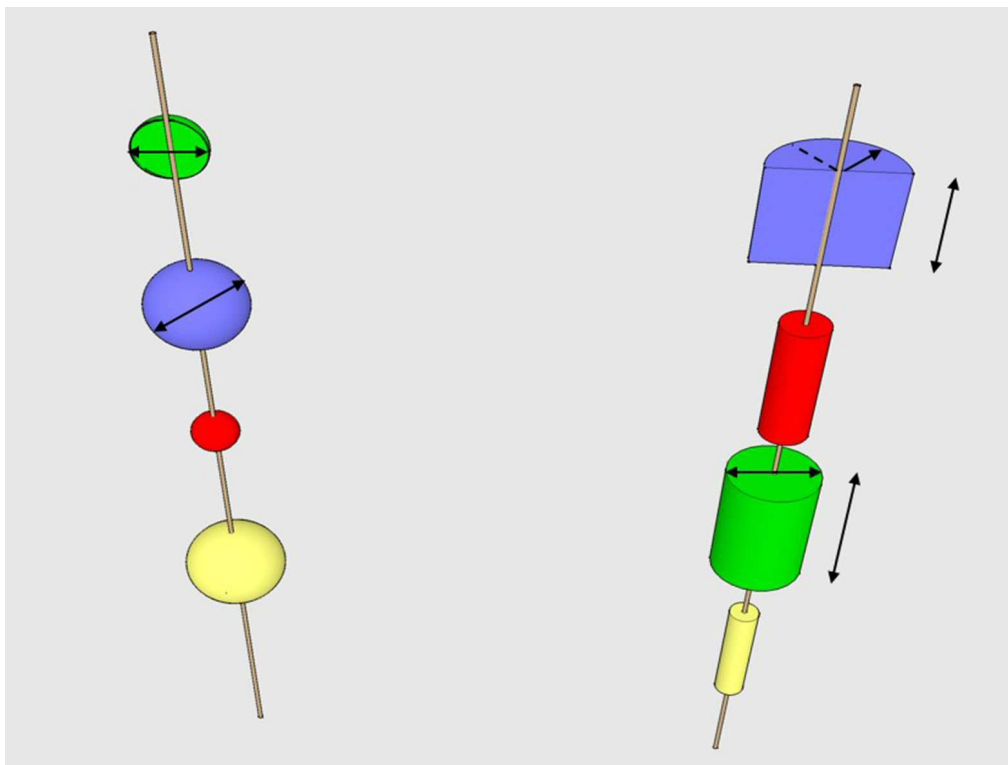
도면6



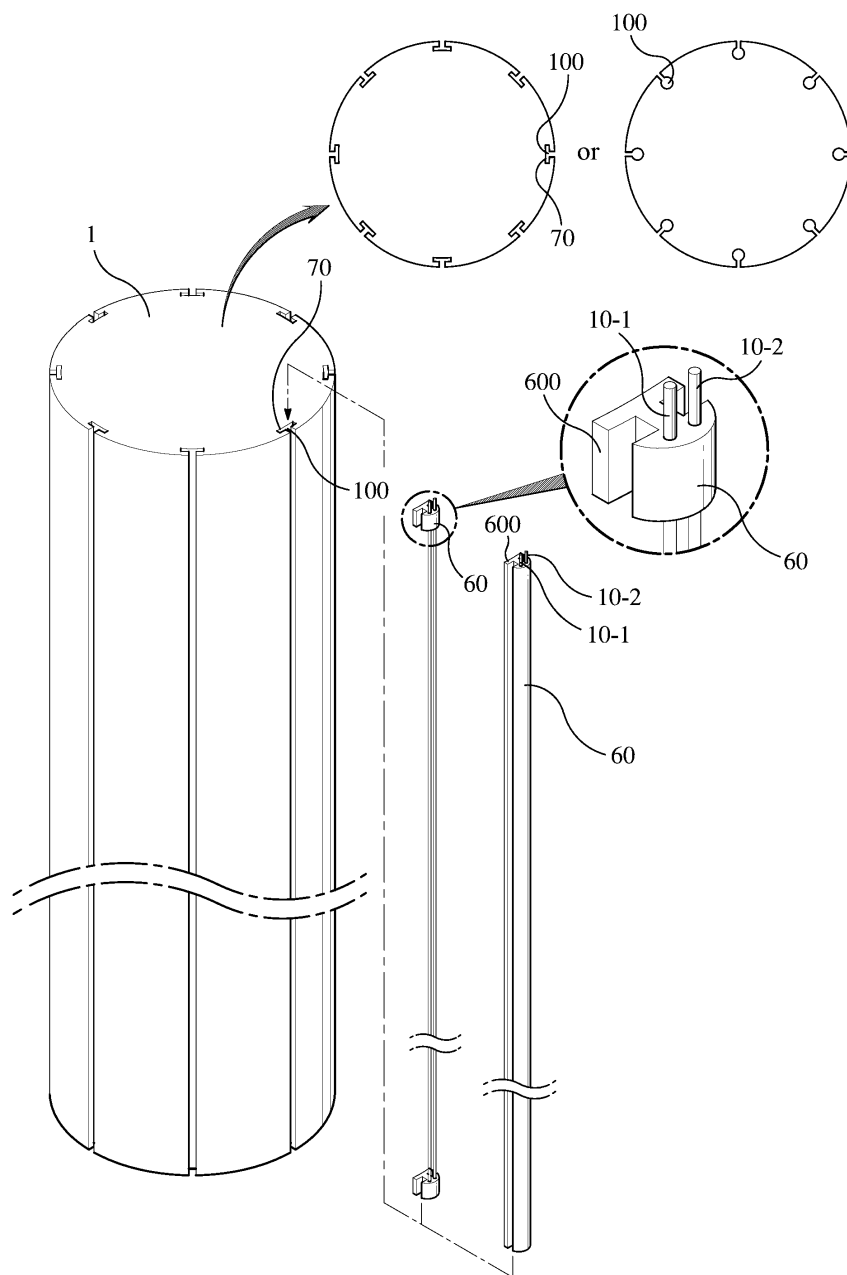
도면7a



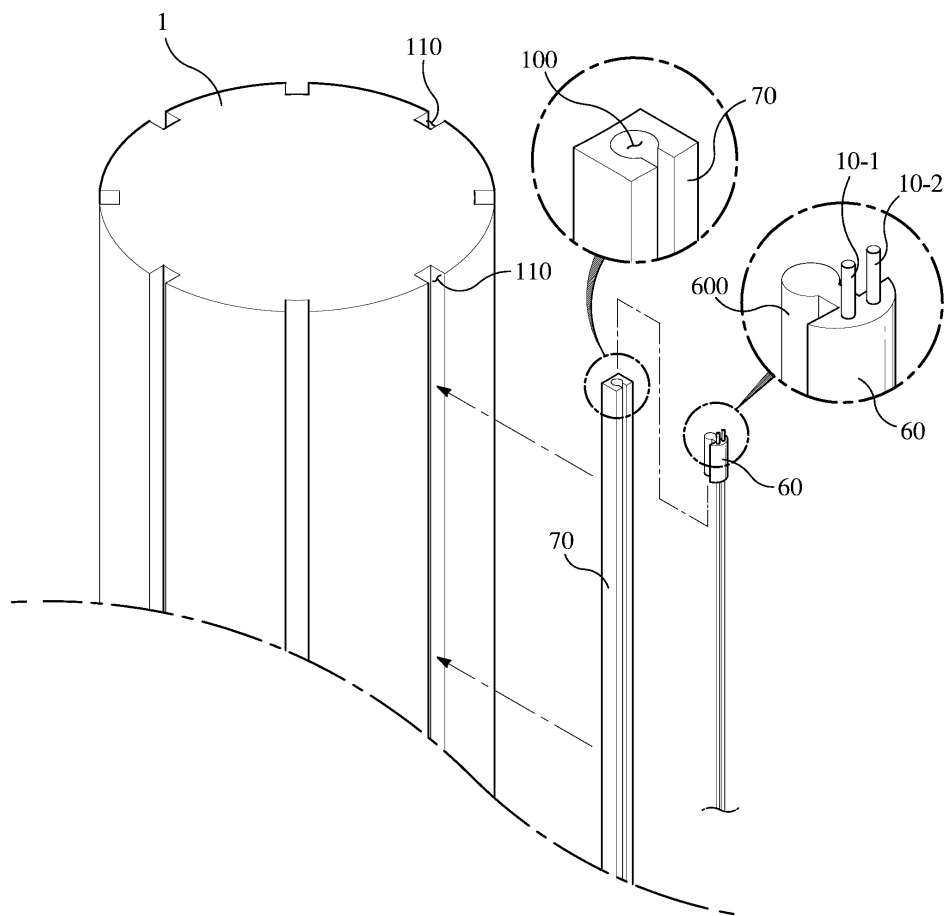
도면7b



도면8



도면9



도면10

