(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년10월05일
(11) 등록번호 10-0763955
(24) 등록일자 2007년09월28일

(51) Int. Cl.
G01N 29/00(2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-0047759
(22) 출원일자 2006년05월26일
심사청구일자 2006년05월26일
(56) 선행기술조사문헌
US20040226380 A1
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
한국해양연구원
경기 안산시 상록구 사동 1270번지
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 수원캠퍼스내
(주) 다이크 이앤씨
경기도 성남시 중원구 상대원동 440 선일테크노피아 901호
(72) 발명자
권오순
경기도 수원시 장안구 정자2동 69-45 금강에스쁘아아파트101동 1104호
장인성
경기도 광명시 철산2동 철산주공아파트 902-401호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김문재

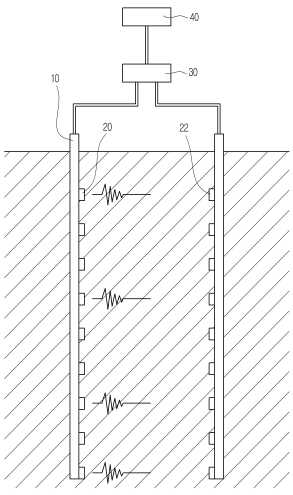
전체 청구항 수 : 총 2 항 심사관 : 홍정혜

(54) 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 방법

(57) 요 약

연약지반의 강도변화에 따른 깊이별 전단파속도를 지속적으로 측정할 수 있는 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 방법이 개시된다. 본 발명은 연약지반의 지반조사를 위해 적어도 하나 이상의 탄성파 발,수진부가 서로 대응되도록 구비되는 한 쌍의 말뚝부재를 서로 일정간격 떨어지도록 연약지반에 각각 관입하는 단계; 상기 발진부에 전압을 가하여 진동을 발생하고, 상기 수진부로 감지하는 단계; 및 상기 수진부로 감지되는 전기적 신호를 지반 위에 구비되는 기록장치로 기록하여 컴퓨터로 분석하는 단계;로 이루어진다. 이와 같이 구성되는 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 방법은 연약지반의 지반조사시 한 쌍의 말뚝부재에 적어도 하나 이상의 탄성파 발,수진부를 서로 대응되도록 구비하여 발,수진부가 매립되도록 말뚝부재를 연약지반에 각각 관입하고, 발,수진부를 통해 연약지반의 강도변화에 따른 깊이별 전단파속도를 계측하여 연약지반의 역학적 특성을 지속적으로 측정할 수 있다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

목영진

경기도 과천시 부림동 주공아파트 804호 107호

장현삼

경기도 성남시 분당구 수내동 34 양지마을 금호아파트101-1101

정재우

경북 청도군 청도읍 무등리 184

(56) 선행기술조사문헌

JP08240550 A

논문(1995년 4월)

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

연약지반의 지반조사를 위해 적어도 하나 이상의 탄성파 발,수진부가 서로 대응되도록 구비되는 한 쌍의 말뚝부재를 서로 일정간격 떨어지도록 연약지반에 각각 관입하는 단계; 상기 발진부에 전압을 가하여 진동을 발생하고, 상기 수진부로 감지하는 단계; 상기 수진부는 진동을 감지하여 전압으로 변환하는 단계; 및 상기 수진부로 감지되는 전기적 신호를 지반 위에 구비되는 기록장치로 기록하여 컴퓨터로 분석하는 단계를 포함하고,

상기 발진부와 수진부는 두 개의 피에조 세라믹판 사이에 금속판을 접합하여 형성되는 벤더 엘리멘트로 이루어지되,

상기 발진부는 두 개의 전선 중 하나를 피에조 세라믹판의 외부에 연결하고 다른 하나를 금속판에 연결하여 형성되는 병렬연결 벤더 엘리멘트로 이루어지고,

상기 수진부는 하나의 전선을 피에조 세라믹판의 외부에 연결하여 형성되는 직렬연결 벤더 엘리멘트로 이루어진 것을 특징으로 하는 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 발진부와 상기 수진부의 외부에는 습기로부터 보호하기 위한 코팅층이 형성되고, 상기 코팅층의 외부에는 혼선과 전기적 잡음을 방지하기 위한 차폐층이 형성되는 것을 특징으로 하는 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<9> 본 발명은 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 연약지반의 지반조사시 한 쌍의 말뚝부재에 적어도 하나 이상의 탄성파 발,수진부를 서로 대응되도록 구비하여 발,수진부가 매립되도록 말뚝부재를 연약지반에 각각 관입함으로써, 연약지반의 지반조사시 발,수진부를 통해 연약지반의 강도변화에 따른 깊이별 전단파속도를 계측하여 연약지반의 역학적 특성을 지속적으로 측정할 수 있는 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 방법에 관한 것이다.

<10> 일반적으로, 각종 건설공사에서와 마찬가지로 안전하고 경제적인 설계 및 시공을 위해서는 지층구조, 지반강도, 지지력 및 간극수압 등의 지반특성에 대한 정확한 평가가 반드시 선행되어야 한다.

<11> 특히, 연약지반은 지질이 매우 연약하고 지반공학적으로 불안정한 상태에 있기 때문에 다양한 지반조사가 선행되어야 하는 것은 필수적이다.

<12> 도 6에는 종래기술에 따른 크로스홀형 탄성파 시험 방법이 도시되어 있다.

<13> 종래의 크로스홀형 탄성파 시험 방법은 도 6에 도시된 바와 같이, 연약지반의 일정간격 떨어지는 위치에 천공기(도면에 미도시)를 이용하여 지반의 심층까지 복수의 홀(100)을 각각 천공하고, 천공된 홀(100)에 내부가 중공된 케이싱(110)을 설치하고 케이싱(110)을 통하여 해당되는 측점 지점에 액츄에이터(120)와 공기주머니(132)가 부착된 센서(130)를 각각 관입시킨 후, 공기펌프(도면에 미도시)를 통해 공기주머니(132)에 공기를 채워 센서(130)를 케이싱(120)에 각각 고정시킨다. 그 후, 지반 위에 구비된 컴퓨터(150)의 전기적 신호를 통해 액츄에이

터(120)로 탄성파를 발진하고 이를 센서(130)로 감지하여 지반 위에 구비되는 기록장치(140)로 기록하고, 기록장치(140)에 수집된 자료를 컴퓨터(150)로 분석하여 지반의 강도변화에 따른 전단파속도를 계측하는 과정을 통해 연약지반의 역학적 특성을 측정하였다.

<14> 그러나, 종래기술에 따른 크로스홀형 탄성파 시험 방법은 연약지반의 과도한 변형을 측정하기 위해 많은 계측장비가 운영되고 있음에도 지반에 과도한 변형이 발생하는 경우에 장비 기동의 어려움으로 인해 연속적으로 지반 내부의 강도변화를 정밀하게 계측하기 어려운 경우가 많았고, 특히 준설토 투기장과 같은 연약지반의 초기 상태에서는 장비의 기동이 어려울 뿐만 아니라 지반의 과도한 침하 발생으로 인해 각종 계측장비의 운영이 어려운 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<15> 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해소하기 위하여 안출한 것으로, 본 발명의 기술적 과제는 적어도 하나 이상의 탄성파 발,수진부가 서로 대응되도록 구비되는 말뚝부재를 연약지반에 각각 관입하고, 탄성파의 발,수진을 통해 장기적인 강도변화에 따른 깊이별 전단파속도를 계측하여 연약지반의 역학적 특성을 지속적으로 측정할 수 있는 수단을 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

<16> 상기와 같은 기술적 과제를 해소하기 위한 본 발명은,

<17> 연약지반의 지반조사를 위해 적어도 하나 이상의 탄성파 발,수진부가 서로 대응되도록 구비되는 한 쌍의 말뚝부재를 서로 일정간격 떨어지도록 연약지반에 각각 관입하는 단계; 상기 발진부에 전압을 가하여 진동을 발생하고, 상기 수진부로 감지하는 단계; 및 상기 수진부로 감지되는 전기적 신호를 지반 위에 구비되는 기록장치로 기록하여 컴퓨터로 분석하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 방법을 제공한다.

<18> 또한, 상기 수진부는 진동을 감지하여 전압으로 변환하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다

<19> 또한, 상기 발진부와 수진부는 두 개의 피에조 세라믹판 사이에 금속판을 접합하여 형성되는 벤더 엘리멘트로 형성하되, 상기 발진부는 두 개의 전선 중 하나를 피에조 세라믹판의 외부에 연결하고 다른 하나를 금속판에 연결하여 형성되는 병렬연결 벤더 엘리멘트로 형성되고, 상기 수진부는 하나의 전선을 피에조 세라믹판의 외부에 연결하여 형성되는 직렬연결 벤더 엘리멘트로 형성되는 것을 특징으로 한다.

<20> 또한, 상기 발진부와 상기 수진부의 외부에는 습기로부터 보호하기 위한 코팅층이 형성되고, 상기 코팅층의 외부에는 혼선과 전기적 잡음을 방지하기 위한 차폐층이 형성되는 것을 특징으로 한다.

<21> 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 방법에 대하여 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.

<22> 도 1 내지 도 3은 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 과정을 나타낸 것으로, 도 1에는 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 탄성파 발,수진부를 구비한 말뚝부재를 연약지반에 관입하는 상태가 도시되어 있고, 도 2a와 도 2b에는 도 1에 도시된 발진부와 수진부의 내부구조가 도시되어 있으며, 도 3에는 연약지반에 관입된 말뚝부재의 발,수진부를 통해 탄성파를 발,수진하는 상태가 도시되어 있다,

<23> 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 방법은 연약지반의 지반조사를 위해 적어도 하나 이상의 탄성파 발,수진부(20,22)가 서로 대응되도록 구비되는 한 쌍의 말뚝부재(10)를 서로 일정간격 떨어지도록 연약지반에 각각 관입하는 단계, 발진부(20)에 전압을 가하여 진동을 발생하고, 수진부(22)로 감지하는 단계 및 수진부(22)로 감지되는 전기적 신호를 지반 위에 구비되는 기록장치(30)로 기록하여 컴퓨터(40)로 분석하는 단계를 포함한다.

<24> 도 1 및 도 3을 참조하여 상기와 같이 구성된 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 과정을 상세하게 설명하면 다음과 같다.

<25> 우선, 도 1에 도시된 바와 같이, 연약지반의 지반조사를 위해 적어도 하나 이상의 탄성파 발,수진부(20,22)가 서로 대응되도록 구비되는 한 쌍의 말뚝부재(알루미늄 채널)(20)를 형성하고, 말뚝부재(20)가 서로 일정간격 떨어지도록 연약지반에 각각 관입한다. 이때, 말뚝부재(20)는 발진부(20)와 수진부(22)가 서로 대응되게 매립되도록 연약지반에 관입되고, 발,수진부(20,22)는 연약지반 위에 구비되는 기록장치(30) 및 컴퓨터(40)와 전선으로

연결되어 이들의 전기적 신호에 의해 제어된다.

<26> 여기에서 말뚝부재(10)는 관입장치(연약지반의 압밀을 촉진하는 수직배수용 섬유를 단시간에 관입시키는 맨드렐 같은 장치)에 의해 연약지반에 관입된다.

<27> 상기한 발진부(20)와 수진부(22)는 도 2a와 도 2b에 도시된 바와 같이, 두 개의 피에조 세라믹판(23A,23B) 사이에 금속판(23C)을 접합하여 형성되는 벤더 엘리멘트로 형성된다. 이러한 벤더 엘리멘트는 전압이 가해질 때 한쪽 피에조 세라믹판(23A)이 신장하는 동안 반대편 피에조 세라믹판(23B)이 수축하게 됨으로써 만곡형태의 변형이 발생된다. 즉, 전압을 가하면 벤더 엘리멘트가 외팔보 변형형태로 진동하므로 발신부(20)의 역할을 하게 된다. 이와는 달리, 외부로부터 벤더 엘리멘트에 휨 변형이 생기면 각 피에조 세라믹판(23A,23B)에 각각 압축 및 신장 변형이 발생하여 벤더 엘리멘트 내부에 전하가 일어난다. 즉, 진동을 전압으로 변환할 수 있어 수진부(22)의 역할을 할 수 있게 된다.

<28> 이와 같이 벤더 엘리멘트로 형성되는 발,수진부(20,22)를 이용하여 간단하게 진동을 발생하고 진동을 측정하는 것이 가능하게 된다.

<29> 상기한 벤더 엘리멘트는 정해진 표준 단면이나 제작법이 있는 것이 아니며,그 모양이나 단면, 제작 방법은 다양하다. 각 시험 조건이나 시험 대상 매질에 따라 가장 잘 반응할 수 있도록 그 단면을 제작하여야 한다. 벤더 엘리멘트는 피에조 세라믹판(23A,23B)과 금속판(23C)의 접합 방식이나 단자연결 방법에 따라 직렬과 병렬의 두 가지 방법이 있다.

<30> 본 실시 예에서의 발신부(20)는 컴퓨터(40)와 연결된 두 개의 전선 중 하나를 피에조 세라믹판(23A)의 외부에 연결하고, 다른 하나를 금속판(23C)에 연결하여 형성되는 병렬연결 벤더 엘리멘트로 형성되는 것이 바람직하다. 즉, 병렬연결 벤더 엘리멘트는 같은 전압을 가하였을 때 직렬연결보다 더 많은 변위가 발생하기 때문이다.

<31> 반면에, 수신부(22)는 하나의 전선을 피에조 세라믹판(23A)의 외부에 연결하여 형성되는 직렬연결 벤더 엘리멘트로 형성되는 것이 바람직하다. 즉, 병렬연결 벤더 엘리멘트는 압전 특성상 작은 변위에서 높은 전압이 발생하기 때문이다.

<32> 이러한 발진부(20)와 수진부(22)의 외부에는 젖은 흙이나 습기로부터 보호되도록 폴리우레탄으로 적어도 한번 이상 코팅되는 코팅층(24)이 형성된다. 바람직하게는, 코팅층(24)은 완벽한 방수를 위해 4~5번 코팅처리된다. 코팅층(24)의 외부에는 혼선과 전기적 잡음이 방지되도록 전도성 페인트에 의해 차폐층(26)이 형성된다. 그리고 차폐층(26)에는 접지선이 연결된다.

<33> 이와 같은 발진부(20)와 수진부(22)를 형성하는 벤더 엘리멘트의 공진주파수는 시료에 가해지는 구속력이나 응력 상태, 밀도, 강성뿐만 아니라, 벤더 엘리멘트의 크기와 두께, 길이에 따라 다르므로, 이러한 변수를 조정하여 용도에 따라 최상의 벤더 엘리멘트를 제작할 수도 있을 것이다.

<34> 그 다음, 도 3에 도시된 바와 같이, 컴퓨터(40)의 전기적 신호를 통해 발진부(20)에 전압을 가하여 진동을 발생하고, 이를 수진부(22)로 감지한다. 이때, 연약지반에 관입된 말뚝부재(10)에 적어도 하나 이상이 서로 대응되도록 구비되는 발진부(20)와 수진부(22)가 서로 마주보는 상태에서, 컴퓨터(40)의 전기적 신호에 의해 발진부(20)에 전압을 가하면 벤더 엘리멘트의 한쪽 피에조 세락믹판(23A)이 신장함과 동시에 반대편 피에조 세라믹판(23B)이 수축하게 되어 만곡 형태의 변형이 발생하게 되고, 이에 의해 외팔보 변형형태로 진동하게 된다. 그리고 발진부(20)에 의해 발생하는 진동에 따른 파동은 흙을 통과하여 수진부에 의해 감지된다. 이때, 파동은 발진부(20)와 대응되도록 수진부(22)가 위치되어 서로 마주보기 때문에 직진성으로 띠도록 수진부(22)에 감지된다.

<35> 이때, 발진부(20)와 수진부(22)에 형성되는 코팅층(24)과 차폐층(26)은 흙이나 습기로부터 방수되도록 보호하고, 전기적 신호에 따른 혼선과 전기적 잡음을 방지하는 기능을 한다.

<36> 그 후, 수진부(22)로 감지되는 전기적 신호를 지반 위에 구비되는 기록장치(30)로 기록한다. 이때, 수진부(22)는 외부로부터 벤더 엘리멘트에 변형이 생기면 각 피에조 세라믹판(23A,23B)이 각각 압축 및 신장 변형이 발생하여 벤더 엘리멘트 내부에 전하가 일어나게 되고, 이에 의해 진동을 전압으로 변환하게 되므로 수진부(22)로 감지되는 진동은 전압으로 변환된다.

<37> 따라서, 전압으로 변환되어 기록장치(30)에 기록된 자료는 컴퓨터(40)의 분석을 통해 연약지반의 장기적인 강도 변화에 따른 깊이별 전단파속도를 계측하여 연약지반의 역학적 특성을 지속적으로 측정할 수 있게 된다.

<38> 여기에서 기록장치(30)에 기록된 자료를 컴퓨터(40)로 분석하는 것은 당업자가 용이하게 실시할 수 있는 공지된

기술이므로 이에 관한 상세한 설명은 생략하기로 한다.

<39> 한편, 도 4와 도 5에는 본 발명에 따른 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험의 연약지반의 대한 적용성을 나타낸 전단파 신호의 파형도가 도시되어 있다.

<40> 본 발명에 따른 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험의 연약지반에 대한 적용성을 평가하기 위해 카올리나이트 약 100kg에 물 72kg으로 교반을 하여 함수비 80%정도로 혼합한 카올리나이트를 지름이 50㎝ 높이가 60㎝인 원통형 플라스틱통에 채우고 깊이 50㎝에 발진부(20)와 수진부(22)를 형성하는 벤더 엘리멘트를 각각 설치하였다. 각 벤더 엘리멘트 사이의 간격은 20㎝하여 실험을 하였다. 70V의 전압으로 주파수를 30~500hz로 변경하여 가며 실험을 수행하였다.

<41> 그 결과, 도 4에 도시된 바와 같이 70V의 전압과 주파수 70hz에서 전단파(S파)는 5.91㎧ 속도로 측정이 되어 초연약지반의 전단저항까지도 측정할 수 있는 것을 알 수 있었다.

<42> 또한, 도 5에 도시된 바와 같이 전압을 70V로 고정하고 주파수를 바꿔가며 측정한 전단파 신호로, 도달 시점은 모든 주파수에서 동일하고, 70~100hz에서의 전단파 신호가 가장 양호한 것을 알 수 있으며, 이는 이 주파수 범위 내에서 공진주파수가 있음을 알 수 있다.

<43> 위에서 시험한 카올리나이트는 시간이 경과함에 따라 그 입자가 침전이 되어 하부에서부터 그 강성이 증가하게 되는데 시간 간격을 두고 탄성파 측정을 하게 되면 시간 경과에 따른 강성의 증가를 알 수 있을 것이다.

<44> 따라서, 벤더 엘리멘트는 점성토 지반에서 놀랄만한 양질의 전단파를 발진하고 수진하는 우수한 기능을 있다는 것이 입증되었고, 크기가 매우 작아 말뚝부재(10)에 부착하여 맨드릴을 이용하여 지반에 관입시키거나, 탄성파 콘에 설치하는데 적합한 것이다.

발명의 효과

<45> 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 의한 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 방법은 한 쌍의 말뚝부재에 적어도 하나 이상의 탄성파 발,수진부를 서로 대응되도록 구비하여 발,수진부가 매립되도록 말뚝부재를 연약지반에 각각 관입함으로써, 연약지반의 지반조사시 발,수진부를 통해 연약지반의 강도변화에 따른 깊이별 전단파 속도를 계측하여 연약지반의 역학적 특성을 지속적으로 측정할 수 있고, 지속적인 측정을 통해 연약지반의 강도증가에 따른 변화를 즉각적으로 정밀하게 계측할 수 있어 연약지반의 강도증진을 위해 적용한 공법의 효과를 검증할 수 있으며, 이에 의해 다음 공정을 신속하고 안전하게 진행하여 공기를 단축할 수 있게 된다.

<46> 또한, 연약지반의 과도한 침하가 발생하여도 탄성파 발,수진부가 매립되도록 말뚝부재가 연약지반에 관입되므로 별다른 장애 없이 장비를 효율적으로 운용할 수 있고, 연약지반에 항시 관입되어 있는 장비에 필요할 때 전류를 흘려주는 것만으로 연약지반의 강도변화를 측정할 수 있어 연약지반의 지반조사 작업이 용이할 뿐만 아니라 장기적으로 유지관리 비용을 절약할 수 있게 된다.

<47> 이상에서는 본 발명을 각 실시 예로써 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형이 가능할 것이다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1 내지 도 3은 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험 과정을 나타낸 도면,

<2> 도 4와 도 5는 본 발명에 따른 벤더를 이용한 크로스홀형 탄성파 시험의 연약지반의 대한 적용성을 나타낸 전단파 신호의 파형도, 그리고

<3> 도 6은 종래기술에 따른 크로스홀형 탄성파 시험 방법을 나타낸 도면이다.

<4> < 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

<5> 10 : 말뚝부재 20 : 발진부

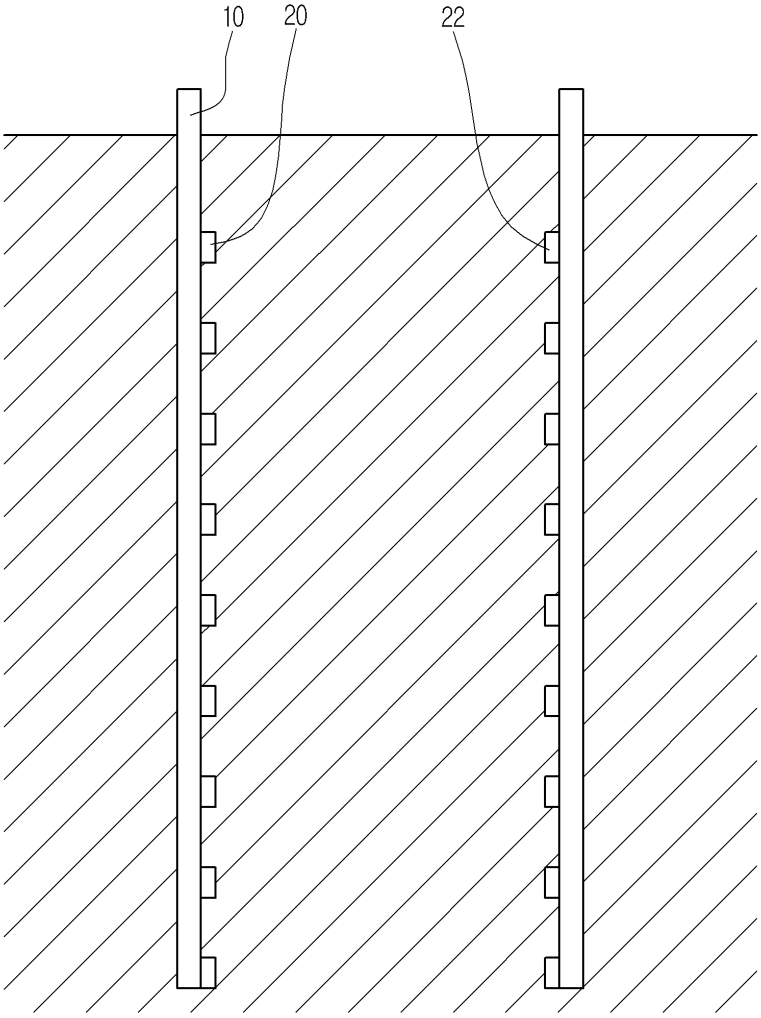
<6> 22 : 수진부 24 : 코팅층

<7> 26 : 차폐층 30 : 기록장치

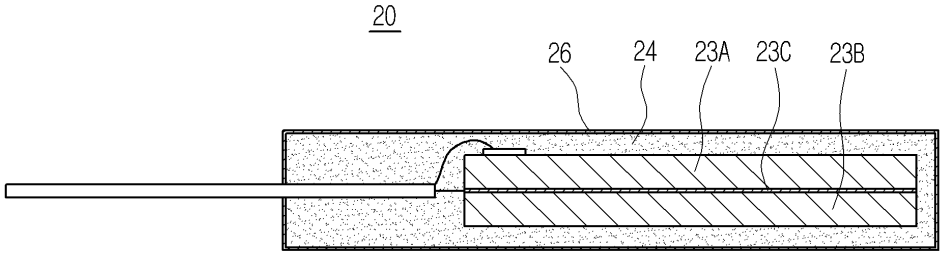
<8> 40 : 컴퓨터

도면

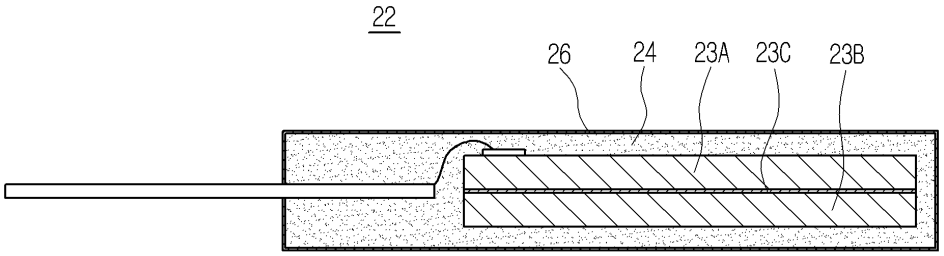
도면1



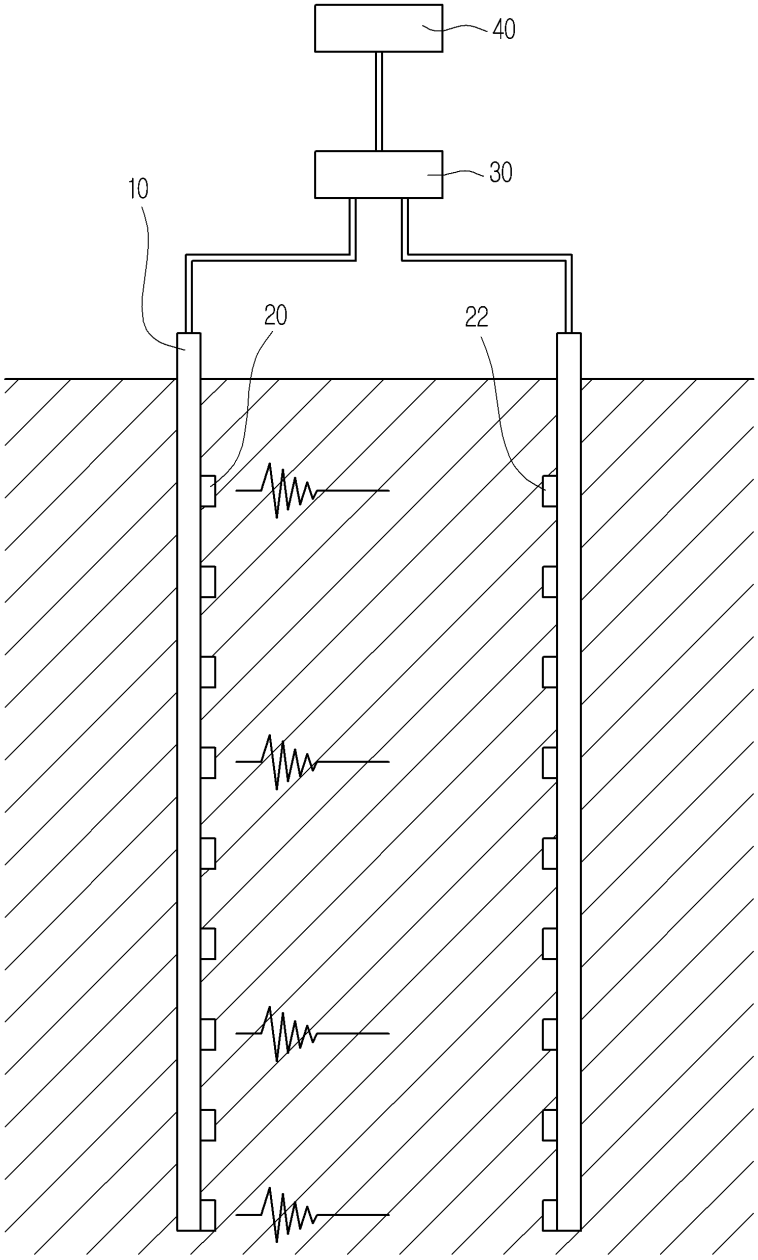
도면2a



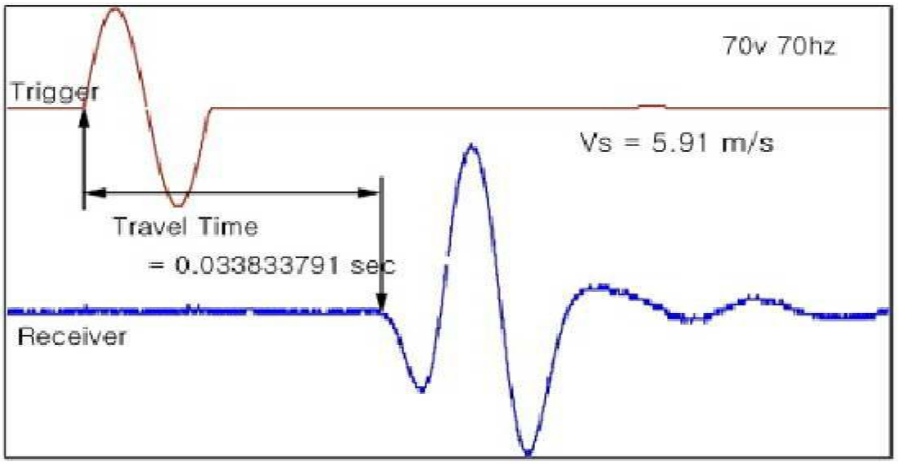
도면2b



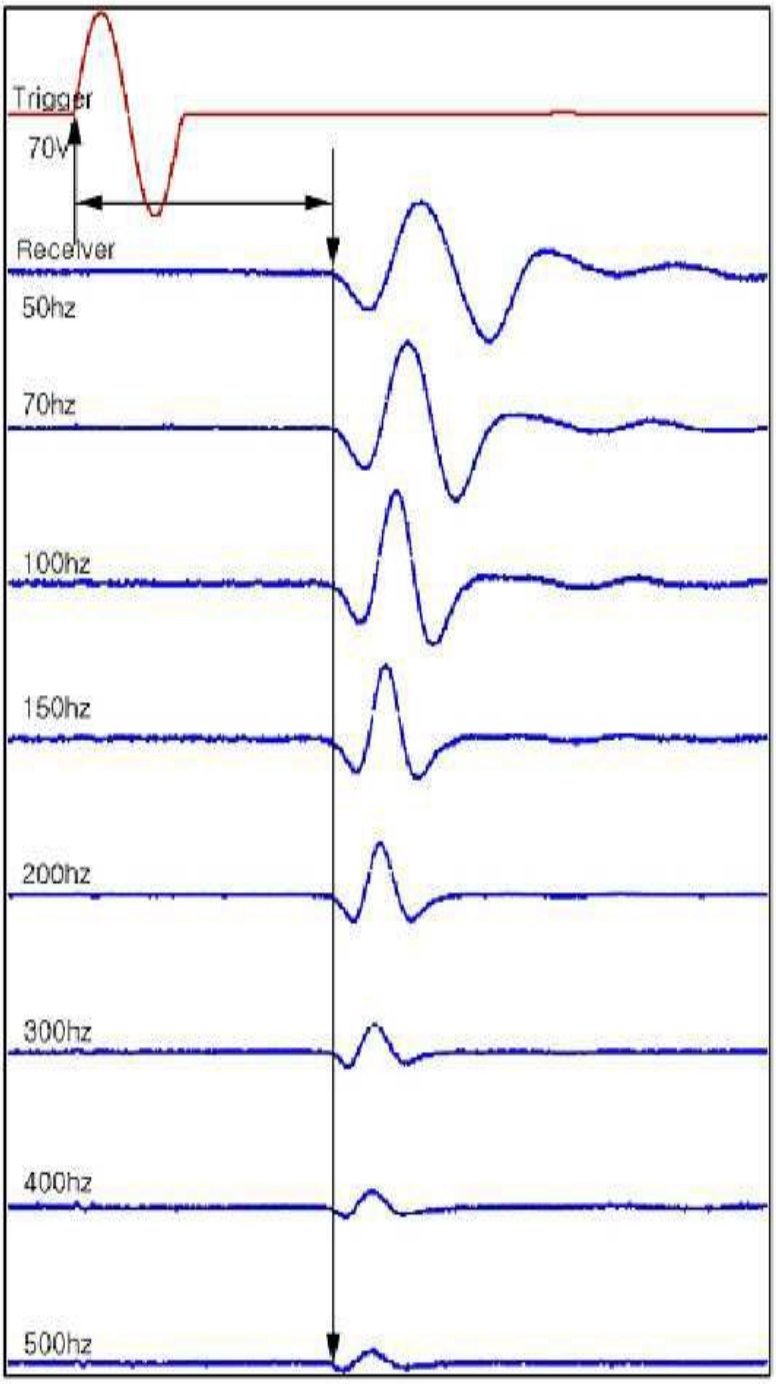
도면3



도면4


70v 70hz
Trigger
Vs = 5.91 m/s
Travel Time
= 0.033833791 sec
Receiver

도면5


Trigger
70V
Receiver
50hz
70hz
100hz
150hz
200hz
300hz
400hz
500hz

도면6

