(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.
G01P 15/09 (2006.01)
G01H 5/00 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0075124
(43) 공개일자 2007년07월18일

(21) 출원번호 10-2006-0003534
(22) 출원일자 2006년01월12일
심사청구일자 2006년01월12일

(71) 출원인 고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자 이종섭
서울특별시 성북구 안암동5가 고려대학교 사회환경시스템공학과
제이 칼루스 산타마리나
30332 미국 조지아주 애틀랜타시 조지아공과대학교토목환경공학과 우편번호 30332

(74) 대리인 현종철

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 탄성파속도 측정장치 및 그를 이용한 측정방법

(57) 요약

본 발명은 관입장비 선단부에 설치하여 관입시 지반의 교란을 최소화하며 미소변형의 탄성파를 측정할 수 있는 탄성파속도 측정장치와 그를 이용한 측정방법에 관한 것으로서, 시추공에 관입되는 관입봉의 단부와 결합되도록 상부에 결합부를 구비하며 관입이 용이하도록 예리한 하단부를 구비한 주걱형의 컨넥터와, 내부에 시료가 장입될 수 있도록 상기 컨넥터에 연결되며 하방으로 뻗어 원통형상을 이루는 다수의 지지바와, 상기 지지바의 강도 및 형태를 유지시키도록 다수의 지지바의 상부에 결합되는 지지링과, 상기 다수의 지지바 중 한 쪽과 그에 대향하는 쪽의 내향면에 상하로 설치되어 탄성파를 송수신하는 다수의 트랜스듀서와, 상기 지지바의 단부에 결합되며 지반 관입시 지반의 교란을 최소화시키도록 예리한 하단부를 구비한 환형의 가이드슈로 이루어짐으로써, 수상 또는 지반에서 시험이 가능하고 비교란(非攪亂) 상태에서 지반조사를 수행할 수 있을 뿐만 아니라 현장에서 흙의 비등방성(anisotropy)도 손쉽게 산정할 수 있는 효과가 있다.

대표도

도 7

특허청구의 범위

청구항 1.

시추공에 관입되는 관입봉의 단부와 결합되도록 상부에 결합부를 구비하며 관입이 용이하도록 예리한 하단부를 구비한 주걱형의 컨넥터;

내부에 시료가 장입될 수 있도록 상기 컨넥터에 연결되며 하방으로 뻗어 원통형상을 이루는 다수의 지지바;

상기 지지바의 강도 및 형태를 유지시키도록 다수의 지지바의 상부에 결합되는 지지링;

상기 다수의 지지바 중 한 쪽과 그에 대향하는 쪽의 내향면에 상하로 설치되어 탄성파를 송수신하는 다수의 트랜스듀서; 및

상기 지지바의 단부에 결합되며 지반 관입시 지반의 교란을 최소화시키도록 예리한 하단부를 구비한 환형의 가이드슈; 로 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄성파속도 측정장치.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 트랜스듀서가 설치된 지지바의 외부면에는 트랜스듀서에 연결되는 전선의 노출을 방지하도록 배선커버가 부착되는 것을 특징으로 하는 탄성파속도 측정장치.

청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 주걱형 컨넥터는 상부에서 하부로 내려갈수록 폭은 넓어지고 두께는 얇아져서 하단부가 날카로운 칼날 형태를 갖는 주걱형상을 이루고 있는 것을 특징으로 하는 탄성파속도 측정장치.

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 다수의 트랜스듀서는 상기 다수의 지지바 중 어느 한 쪽의 내향면과, 그에 대향하는 지지바의 내향면에 상하로 설치되는 것을 특징으로 하는 탄성파속도 측정장치.

청구항 5.

제1항 또는 제4항에 있어서, 상기 대향하는 트랜스듀서간의 발신 및 수신은 동일 높이 뿐만 아니라 다른 높이 간에도 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄성파속도 측정장치.

청구항 6.

제1항에 있어서, 상기 환형의 가이드슈는 둥근 환형상을 이루고 있으며 상부면에 상기 다수의 지지바의 단부가 결합되고, 지반에 관입될 때 지반의 저항과 교란을 최소화하도록 하부가 칼날과 같이 예리하게 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 탄성파속도 측정장치.

청구항 7.

관입봉에 제1항의 탄성파속도 측정장치를 결합하고 상기 결합된 관입봉을 지반내로 관입시키는 제1 단계;

다수개의 트랜스듀서 중 하나에서 탄성파를 발신하고 대향위치에 설치된 트랜스듀서에서 상기 신호를 수신하여 도달시간(t)을 산출하는 제2 단계;

상기 도달시간(t)과 트랜스듀서간의 거리(L)를 이용하여 탄성파의 속도(Vp,Vs)를 하기 수학식 1에 의하여 산출하는 제3 단계; 및

상기 탄성파속도(Vp,Vs)를 이용하여 하기 수학식 2과 수학식 3에 의하여 지반의 토질정수(M,G)를 산출하고 비등방성(anisotropy)을 평가하는 제4 단계; 로 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄성파속도 측정방법.

[수학식 1]

$$V=\frac{L}{t}$$

[수학식 2]

$$Vp=\sqrt{\frac{M}{\rho}}$$

[수학식 3]

$$Vs=\sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

(여기서, L은 발신기와 수신기 사이의 거리, t는 탄성파의 도달거리, V는 탄성파의 속도, Vp는 압축파 속도, Vs는 전단파 속도, M은 구속탄성계수, G는 전단탄성계수, ρ는 지반의 밀도임)

청구항 8.

제7항에 있어서, 상기 제3 단계에서 수평방향의 속도는 수평으로 대향하고 있는 트랜스듀서간의 거리와 시간을 이용하여 계산하는 것을 특징으로 하는 탄성파속도 측정방법.

청구항 9.

제7항에 있어서, 상기 제3 단계에서 수직방향의 속도는 일측의 하부 트랜스듀서와 대향측의 상부 트랜스듀서간의 거리와 시간을 이용하거나 또는 일측의 상부 트랜스듀서와 대향측의 하부 트랜스듀서간의 거리와 시간을 이용하는 것 중 어느 하나를 선택하여 계산하는 것을 특징으로 하는 탄성파속도 측정방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 탄성파를 이용한 관입형 탄성파속도 측정장치 및 측정방법에 관한 것으로서, 더욱 자세하게는 관입장비 선단부에 설치하여 관입시 지반의 교란을 최소화하며 미소변형의 탄성파를 측정할 수 있는 탄성파속도 측정장치와 그를 이용한 측정방법에 관한 것이다.

모든 건설 건조물의 안정성확보에 있어서 가장 중요한 요소는 지반구조물에서의 안정성확보이다. 지반의 안정성 확보를 위해서 여러 가지 지반조사시험이 수행되고 있다. 따라서, 각종 토목시공에 있어서 지반의 안정성 평가를 위하여 파쇄대와 같은 연약지반의 공간적인 분포와 지반의 동적특성에 대한 분석이 사전에 필수적으로 이루어져야 한다.

특히, 반도체 등 아주 미소한 변형에서도 결함율이 급속히 증가하는 IT 관련 산업체에서는 기초지반의 중요성은 날로 높아가고 있으며 이와 같은 구조물에서 미소변형에서의 지반조사는 필수적이라고 할 수 있다.

또한, 최근 전세계적으로 지진의 회수와 진도가 크게 증가하면서 지반 구조물에 대한 내진설계가 중요하게 인식되고 있으며, 이 또한 미소변형에서의 지반조사는 내진설계에서 가장 중요한 요소 중 하나라고 할 수 있다.

이와 같이 진동에 민감한 구조물 또는 내진설계에 있어서는 동전단계수(Gd), 동탄성계수(Ed), 동포아송비(υ) 등과 같은 지반의 동적 물성치가 필요한데, 일반적으로 지진응답해석에 필요한 동적 지반물성은 현장탐사시험 또는 현장 불교란 시료에 대한 동적 실내시험으로부터 구할 수 있다. 상기의 시험방법 중 현장시험은 채취한 시료를 대상으로 하는 실내시험에 비하여 지반의 교란이나 응력상태 변화에 의한 영향을 적게 받아 그 결과의 신뢰성이 상대적으로 높고 비교적 신속하게 수행할 수 있다는 장점이 있다.

상기 현장 탐사시험을 위한 방법에는 미소변형에서의 탄성파를 측정할 수 있는 하향 탄성파 탐사법(Downhole Seismic Survey method)이나 물리 음파 검층법(borehole logging or Acoustic logging method) 등의 방법이 수행되고 있다. 상기의 탐사법들을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

우선, 도 1과 같은 하향 탄성파 탐사법(Downhole Seismic Survey method)의 경우 탄성파의 발신기(4)는 지표면에 있고 수신기(5)는 관입장치(3)의 선단부에 설치되어 있다. 즉, 지표면(2)에서 발신된 탄성파(6)가 지표면 아래로 전파되면 선단부의 수신기(5)에서 탄성파(6)를 측정하고 수신기(5)사이의 길이(Δz)와 수신기(5)사이의 탄성파 측정시간 차이(Δt)로부터 하기 수학식 1을 이용하여 지반(1)의 탄성파속도(V)를 산정하고 있다.

$$V = \frac{\Delta z}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta z}{\Delta t}$$

그러나, 하향 탄성파 탐사법을 육상이 아닌 수상에서 수행할 경우 전단파는 물과 같은 액체에서 전혀 전파되지 않으므로 시험 자체가 불가능하다는 문제점이 있었다.

또한, 도 2와 같이 관입시험이 불가능한 곳에서 널리 사용되고 있는 물리 음파 검층법(borehole logging or Acoustic logging methods)은 암반에서의 탄성파를 산정할 수 있다. 이는 시추공(7)을 대상으로 실시되는 현장 탐사 시험방법으로서 발신기(9)와 수신기(5)가 일체화된 탐봉(Probe)(8)을 시추공(7)내에 삽입하여 상기 시추공(7)내에서 발신기(9)과 수신기(5)를 이용하여 발신과 수신을 실시함으로써 각 지층별 P파(primary wave)와 S파(Secondary wave) 2종류의 탄성파(6)에 대한 전파속도를 구하고 지반(1)의 물리적 성질을 조사하는 기법이다. 상기 2종류의 탄성파는 P파와 S파를 가리키는데, P파는 종파 또는 소밀파라고 하고 파동의 진행 방향으로 진동하면서 전파하는 파동이며, S파는 횡파라고 하고 파동의 진행방향으로 진동하면서 전파하는 파동이다.

속도검층의 결과인 탄성파속도(Vp, Vs)를 이용하여 지반강도 등의 역학적 성질 및 간극비, 포화도, 습윤 밀도 등의 물리적 성질과 관련된 동탄성정수(동포아송비, 동전단계수, 동체적계수 및 동탄성계수)를 산출할 수 있으며, 측정된 파형기록으로부터 지반 중에 있어서 탄성파(Vp, Vs)의 감쇠 특성을 파악하는 것도 가능하다. 또한, 검층 결과로 얻어진 P파와 S파의 속도값은 암반의 각종 지질적, 역학적 특성이 반영되어 있으며, 다른 검층 결과와 함께 풍화대, 약층 판정, 지층 구분의 검토 등 지반구조의 추정에 사용될 수 있다.

그러나, 상기의 방법은 점토나 모래지반에서 시험을 행할 경우 가이드튜브 등을 통한 스톤리 파(stonely wave)의 영향때문에 산정된 탄성파가 전혀 불합리하게 나타나고 있어서 음파 검층의 적용이 불가능하다는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 상기에서와 같은 하향 탄성파 탐사법(Downhole Seismic Survey)의 단점과 음파 검층(borehole logging methods or Acoustic logging methods)의 단점을

극복하여 수상 또는 지반에서 시험이 가능하고 비교란(非攪亂) 상태에서 지반조사를 수행할 수 있을 뿐만 아니라 현장에서 흙의 비등방성(非等方性:anisotropy)도 손쉽게 산정할 수 있는 탄성파속도 측정장치 및 그를 이용한 측정방법을 제공하는데 있다.

발명의 구성

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 탄성파속도 측정장치는, 시추공에 관입되는 관입봉의 단부와 결합되도록 상부에 결합부를 구비하며 관입이 용이하도록 예리한 하단부를 구비한 주걱형의 컨넥터;

내부에 시료가 장입될 수 있도록 상기 컨넥터에 연결되며 하방으로 뻗어 원통형상을 이루는 다수의 지지바;

상기 지지바의 형상을 유지시키도록 다수의 지지바의 상부에 결합되는 지지링;

상기 다수의 지지바 중 한 쪽과 그에 대향하는 쪽의 내향면에 상하로 설치되어 탄성파를 송수신하는 다수의 트랜스듀서; 및

상기 지지바의 단부에 결합되며 지반 관입시 지반의 교란을 최소화시키도록 예리한 하단부를 구비한 환형의 가이드슈; 로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

상기 트랜스듀서가 설치된 지지바의 외부면에는 트랜스듀서에 연결되는 전선의 노출을 방지하도록 배선커버가 부착되는 것이 바람직하다.

상기 주걱형 컨넥터는 상부에서 하부로 내려갈수록 폭은 넓어지고 두께는 얇아져서 하단부가 날카로운 칼날 형태를 갖는 주걱형상을 이루고 있는 것이 바람직하다.

상기 다수의 트랜스듀서는 상기 다수의 지지바 중 어느 한 쪽의 내향면과, 그에 대향하는 지지바의 내향면에 상하로 설치하는 것이 바람직하며, 상기 대향하는 트랜스듀서간의 발신 및 수신은 동일 높이 뿐만 아니라 다른 높이 간에도 이루어지는 것이 바람직하다.

상기 환형의 가이드슈는 둥근 환형상을 이루고 있으며 상부면에 상기 다수의 지지바의 단부가 결합되고, 지반에 관입될 때 지반의 저항과 교란을 최소화하도록 하부가 칼날과 같이 예리하게 형성되어 있는 것이 바람직하다.

또한, 본 발명의 탄성파속도 측정방법은, 관입봉에 상기 본 발명의 탄성파속도 측정장치를 결합하고 상기 결합된 관입봉을 지반내로 관입시키는 제1 단계;

다수개의 트랜스듀서 중 하나에서 탄성파를 발신하고 대향위치에 설치된 트랜스듀서에서 상기 신호를 수신하여 도달시간(t)을 산출하는 제2 단계;

상기 도달시간(t)과 트랜스듀서간의 거리(L)를 이용하여 탄성파의 속도(Vp,Vs)를 하기 수학식 2에 의하여 산출하는 제3 단계; 및

상기 탄성파속도(Vp,Vs)를 이용하여 하기 수학식 3과 수학식 4에 의하여 지반의 토질정수(M,G)를 산출하고 비등방성(anisotropy)을 평가하는 제4 단계; 로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

$$V=\frac{L}{t}$$

$$Vp=\sqrt{\frac{M}{\rho}}$$

$$Vs=\sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

여기서, L은 발신기와 수신기 사이의 거리, t는 탄성파의 도달거리, V는 탄성파의 속도, Vp는 압축파 속도, M은 구속탄성계수, ρ는 지반의 밀도, Vs는 전단파 속도, G는 전단탄성계수이다.

상기 제3 단계에서 수평방향의 속도는 수평으로 대향하고 있는 트랜스듀서간의 거리와 시간을 이용하여 계산할 수 있다.

상기 제3 단계에서 수직방향의 속도는 일측의 하부 트랜스듀서와 대향측의 상부 트랜스듀서간의 거리와 시간을 이용하거나 또는 일측의 상부 트랜스듀서와 대향측의 하부 트랜스듀서간의 거리와 시간을 이용하여 계산할 수 있다.

이하 본 발명에 의한 탄성파속도 측정장치의 일실시예에 의한 구성을 예시도면에 의거하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 3은 본 발명에 의한 탄성파속도 측정장치의 일실시예에 대한 정면도이고, 도 4는 본 발명에 의한 탄성파속도 측정장치의 일실시예에 대한 측단면도이고, 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서 가이드슈의 구조를 보여주기 위한 절단평면도이며, 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서 가이드슈의 구조를 보여주기 위한 일부 단면도이다.

그리고, 도 7은 본 발명에 의한 탄성파속도 측정장치의 일실시예에 대한 사시도이고, 도 8은 본 발명의 일실시에에 의한 탄성파속도 측정장치내에서 송수신되는 탄성파의 전달경로를 보여주기 위한 개략도이며, 도 9는 본 발명의 일실시예에 의한 탄성파속도 측정장치를 이용한 측정방법을 개략적으로 보여주는 신호흐름도이다.

도 3 내지 도 7에 도시한 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 의한 탄성파속도 측정장치는, 시추공에 관입되는 관입봉(10)의 단부(12)와 결합되도록 상부에 연결부(22)를 구비하며 관입이 용이하도록 예리한 하단부(24)를 구비한 주걱형 컨넥터(20)와, 내부에 시료가 장입될 수 있도록 상기 컨넥터(20)에 연결되고 하방으로 뻗어 원통형상을 이루는 다수의 지지바(30)와, 상기 지지바(30)의 형상을 유지시키도록 상기 지지바(30)의 상부에 결합되는 지지링(40)과, 상기 다수의 지지바(30) 중 한쪽과 그에 대향하는 쪽의 내향면에 상하로 설치되어 탄성파를 송수신하는 다수의 트랜스듀서(50)와, 상기 지지바(30)의 단부에 결합되며 지반 관입시 지반의 교란을 최소화시키도록 예리한 하단부(62)를 구비한 환형의 가이드슈(60)로 이루어진다.

또한 도 3과 도 7에서 알 수 있는 바와 같이, 상기 트랜스듀서(50)가 설치된 지지바(30)의 외부면에는 배선커버(32)가 부착되어 상기 트랜스듀서(50)에 연결되는 전류 공급 및 탄성파 신호 전달을 위한 전선의 노출을 방지한다.

상기 주걱형 컨넥터(20)는 상부에서 하부로 내려갈수록 폭은 넓어지고 두께는 얇아져서 하단부에서 날카로운 칼날 형태를 갖는 주걱형상을 이루고 있고, 상부에는 관입봉(10)과의 연결부(22)를 구비하여 시추공에 관입되는 관입봉(10)의 단부(12)와 결합된다. 상기 결합은 일측이 볼트부를 구비하고 타측이 너트부를 구비하여 결합될 수 있다.

상기 주걱형 컨넥터(20)는 본 발명의 탄성파속도측정장치가 지반으로 관입할 때 저항을 줄임으로써 용이하게 관입할 수 있도록 예리한 하단부(24)를 구비하고 있다.

상기 다수의 지지바(30)는 상기 컨넥터(20)의 외면에 연결되고 하방으로 뻗어 원통형상을 이루는데, 상기 연결은 용접에 의하거나 볼트결합으로 고정될 수 있다.

여기서, 시료가 장입되는 부분에 대하여 실린더를 사용하지 않고 다수의 지지바(30)를 채택한 이유는, 내부로 시료가 장입될 때 발생하는 시료의 교란을 줄이고, 트랜스듀서로부터 탄성파를 송수신할 때 탄성파가 벽을 통해 직접 전달됨으로써 발생하는 스톤리 파(stonely wave)를 방지하기 위한 것이다.

상기 지지링(40)은 본 발명의 탄성파속도 측정장치(100)를 지반내로 관입할 수 있는 강도를 유지하고 상기 지지바(30)의 원통형상을 일정하게 유지시키기 위하여 상기 지지바(30)의 상부에 결합된다. 상기 결합은 용접 또는 볼트결합을 이용할 수 있다.

도 8에서 알 수 있는 바와 같이, 상기 다수의 트랜스듀서(50)는 상기 다수의 지지바(30) 중 어느 한 쪽의 내향면과, 상기 지지바(30)에 대향하는 쪽의 내향면에 상하로 설치되어 탄성파를 송수신한다. 상기 트랜스듀서(50)는 일측에서 탄성파를 발신하고 대향하는 타측에서 수신하는데, 상기 대향하는 트랜스듀서(50)간의 송수신은 동일 높이 뿐만 아니라 다른 높이간에도 이루어진다.

탄성파를 송수신하는 트랜스듀서(50)가 상기와 같이 짧은 경로상에 설치됨으로써 현장 지반에 존재하는 장애물에 의한 탄성파의 송수신오류의 발생없이 탄성파속도를 도출할 수 있으며, 그로부터 다양한 토질정수(M, G)뿐만 아니라 지반의 비등방성(anisotropy)도 평가할 수 있다. 여기서, M은 구속탄성계수이고, G는 전단탄성계수이다.

상기 비등방성(anisotropy)은 지반의 수평방향과 수직방향의 특성이 다르기 때문에 발생하는 것으로서, 이를 평가하기 위해서는 시료에 대한 수평방향속도 뿐만 아니라 수직방향속도도 구할 필요가 있기 때문이다.

또한 도 5와 도 6으로부터 알 수 있는 바와 같이, 상기 환형의 가이드슈(60)는 둥근 환형상을 이루고 있으며 상기 다수의 지지바(30)의 단부와 결합되는데, 상기 결합은 용접 또는 볼트결합에 의할 수 있다.

상기 가이드슈(60)의 하단부(62)는 본 발명에 의한 탄성파속도 측정장치가 지반에 관입될 때 지반의 저항과 교란을 최소화하도록 칼날과 같이 예리하게 형성되어 있다.

상기와 같이 구성되어 있는 본 발명의 일실시예에 의한 탄성파속도 측정장치를 이용한 탄성파속도측정방법을 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 9에 도시한 바와 같이 본 발명의 일실시예에 의한 탄성파속도 측정방법은, 관입봉(10)에 본 발명의 탄성파속도 측정장치(100)를 결합하고 상기 결합된 관입봉(10)을 지반내로 관입시키는 제1 단계(S1)와, 다수개의 트랜스듀서(50) 중 하나에서 탄성파를 발신하고 대향위치에 설치된 트랜스듀서(50)에서 상기 신호를 수신하여 도달시간(t)을 산출하는 제2 단계(S2)와, 상기 도달시간(t)과 트랜스듀서(50)간의 거리(L)를 이용하여 탄성파의 속도(Vp,Vs)를 상기 수학식 2에 의하여 산출하는 제3 단계(S3)와, 상기 탄성파속도(Vp,Vs)를 이용하여 상기 수학식 3과 수학식 4에 의하여 지반의 토질정수(M,G)를 산출하고 비등방성(anisotropy)을 산정하는 제4 단계(S4)로 이루어진다.

이를 더욱 자세하게 설명하면 다음과 같다.

먼저, 관입봉(10)에 본 발명의 탄성파속도 측정장치(100)를 결합하고 상기 결합된 장치를 지반내로 관입시킨다(S1). 즉, 지상이나 수상에 있는 관입장치를 이용하여 필요한 깊이까지 장치를 관입시킨다.

다음으로, 여러 개로 배열된 트랜스듀서(50) 중 1개를 발신기로 선택하여 지상이나 수상에서 임펄스파(impulse wave), 싸인파(sinusoidal wave), 또는 스퀘어파(square wave) 등과 같은 입력파를 보낸 후 대향하여 설치된 트랜스듀서(50)에서 신호를 수신하여 측정한다. 즉, 상기 지지바(30)의 한쪽에 설치된 것 중 선택된 트랜스듀서(50)로부터 탄성파를 발신하고 대향위치의 지지바(30)에 설치된 트랜스듀서(50)들에서 상기 탄성파 신호를 수신하여 도달시간(t)을 산출한다(S2). 상기 탄성파는 압축파와 전단파를 포함하고 있어서 각 파의 도달시간을 각각 별도로 측정할 수 있다.

다음으로, 상기 도달시간(t)과 탄성파가 송수신되는 트랜스듀서(50)간의 거리(L)를 이용하여 탄성파의 속도(Vp,Vs)를 상기 수학식 2에 의하여 산출한다(S3). 여기서, L은 발신기와 수신기 사이의 거리이고, t는 탄성파의 도달거리이며, V는 탄성파의 속도이다.

도 8에서 알 수 있는 바와 같이, 수평방향의 속도는 수평으로 대향하고 있는 트랜스듀서(50)간의 거리를 이용하여 계산할 수 있으며, 수직방향의 속도는 일측의 하부 트랜스듀서(50)와 대향측의 상부 트랜스듀서(50)들간의 거리와 시간을 이용하여 계산하거나, 일측의 상부 트랜스듀서(50)와 대향측의 하부 트랜스듀서(50)들간의 거리와 시간을 이용하여 계산할 수 있다. 즉, 동일한 발신기에서 발신된 신호를 높이가 다른 위치에 설치된 트랜스듀서(50)를 이용하여 신호를 수신한 후 발신 트랜스듀서(50)와 수신 트랜스듀서(50)사이의 거리(L)와 탄성파의 도달시간(t)으로부터 수직방향의 속도와 경사방향의 속도를 쉽게 산출할 수 있다. 다만, 동일 지지바(30)에 설치된 상하부의 트랜스듀서(50)간에 송수신되는 신호는 스톤리파(stonely wave)의 영향으로 인하여 이용할 수 없다.

마지막으로, 상기 탄성파속도(Vp,Vs)를 이용하여 상기 수학식 3과 수학식 4에 의하여 지반의 토질정수(M,G)를 산출하고 지반의 비등방성(anisotropy)을 산정한다(S4). 여기서, Vp는 압축파 속도, Vs는 전단파 속도, M은 구속탄성계수, G는 전단탄성계수, ρ는 지반의 밀도이다.

또한, 지반의 비등방성(anisotropy)은 경사방향의 토질특성(M,G,V)에 의하여 산정할 수 있다.

발명의 효과

상술한 바와 같이 본 발명의 일실시예에 의한 탄성파속도 측정장치 및 그에 의한 측정방법에 의하면, 수상 또는 지반에서 시험이 가능하고 비교란(非攪亂) 상태에서 지반조사를 수행할 수 있을 뿐만 아니라 현장에서 흙의 비등방성(anisotropy)도 손쉽게 산정할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 하향 탄성파 탐사법의 구성 및 작동을 개략적으로 보여주는 구성도.

도 2는 관입시험이 불가능한 곳에서 널리 사용되고 있는 종래의 물리 음파 검층법의 구성 및 작동을 개략적으로 보여주는 구성도.

도 3은 본 발명에 의한 탄성파속도 측정장치의 일실시예에 대한 정면도.

도 4는 본 발명에 의한 탄성파속도 측정장치의 일실시예에 대한 측단면도.

도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서 가이드슈의 구조를 보여주기 위한 절단평면도.

도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서 가이드슈의 구조를 보여주기 위한 일부 단면도.

도 7은 본 발명에 의한 탄성파속도 측정장치의 일실시예에 대한 사시도.

도 8은 본 발명의 일실시에에 의한 탄성파속도 측정장치내에서 송수신되는 탄성파의 전달경로를 보여주기 위한 개략도.

도 9는 본 발명의 일실시예에 의한 탄성파속도 측정장치를 이용한 측정방법을 개략적으로 보여주는 신호흐름도.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

10 : 관입봉 20 : 주걱형 컨넥터

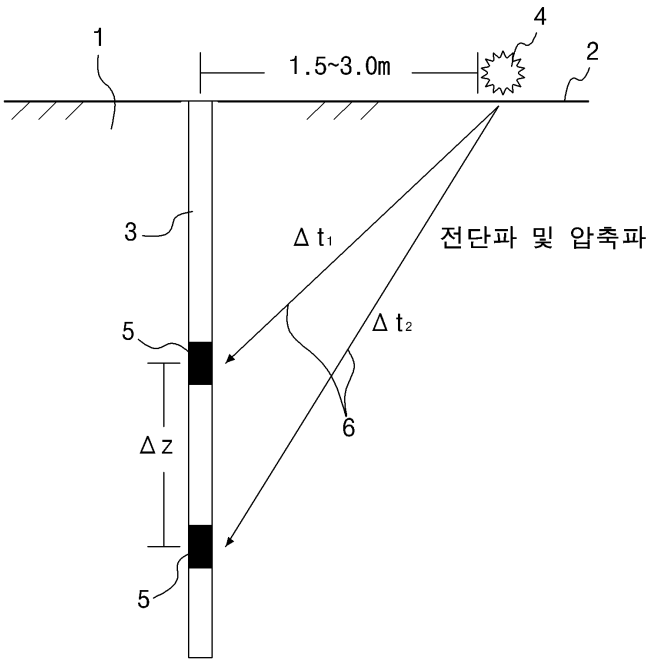
30 : 지지바 32 : 배선커버

40 : 지지링 50 : 트랜스듀서

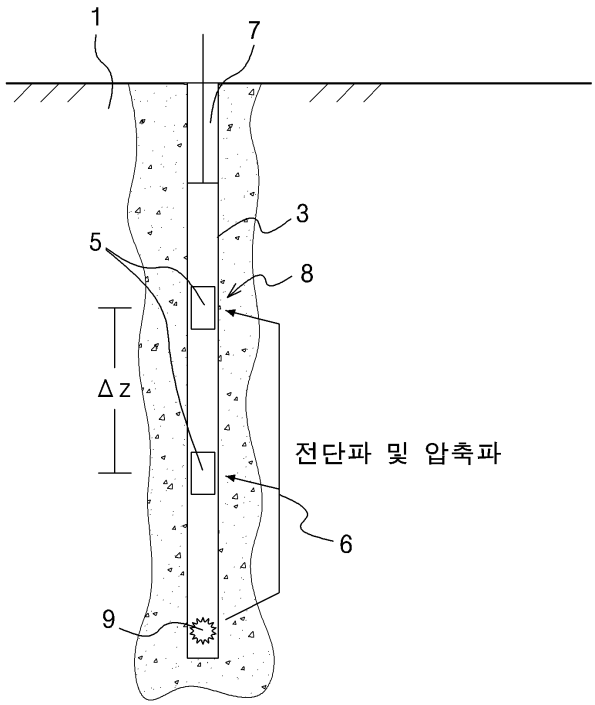
60 : 가이드슈 100 : 탄성파속도 측정장치

도면

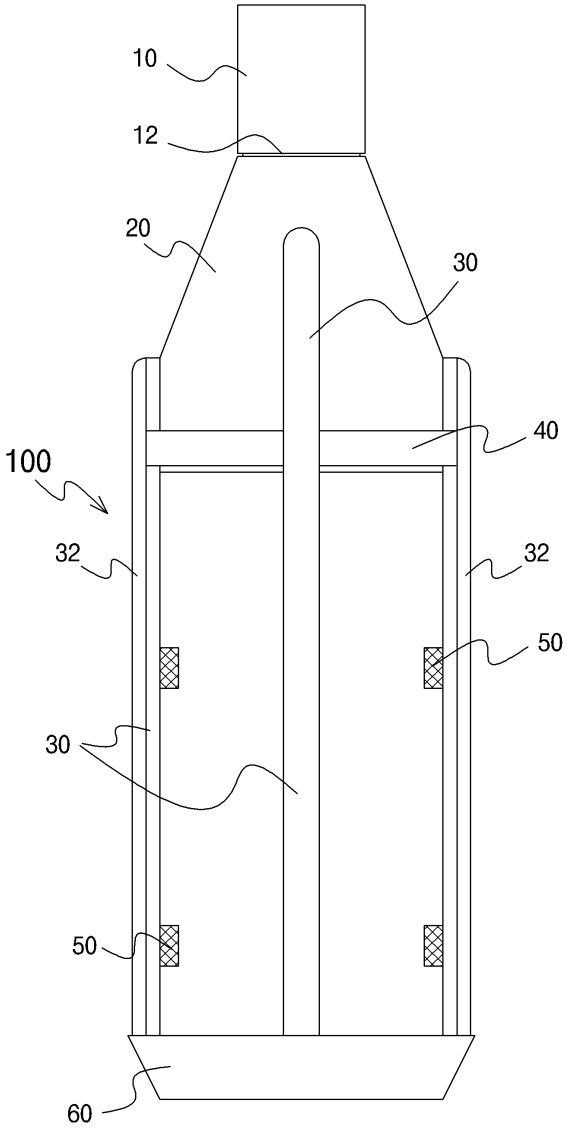
도면1



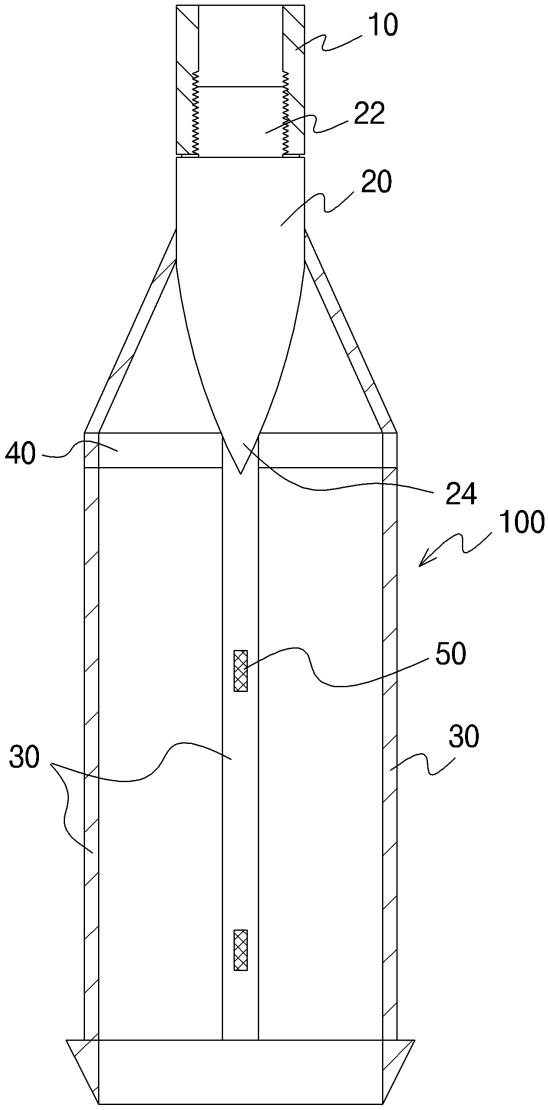
도면2



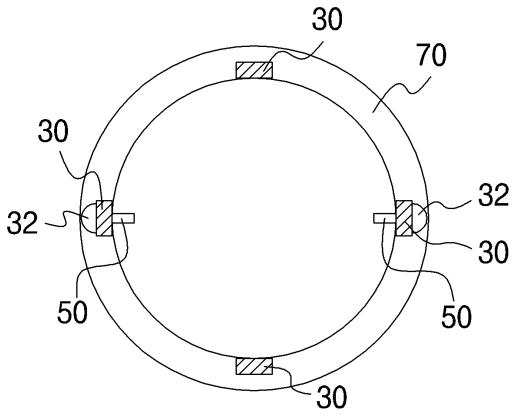
도면3



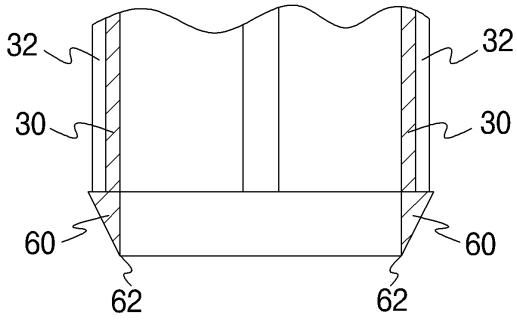
도면4



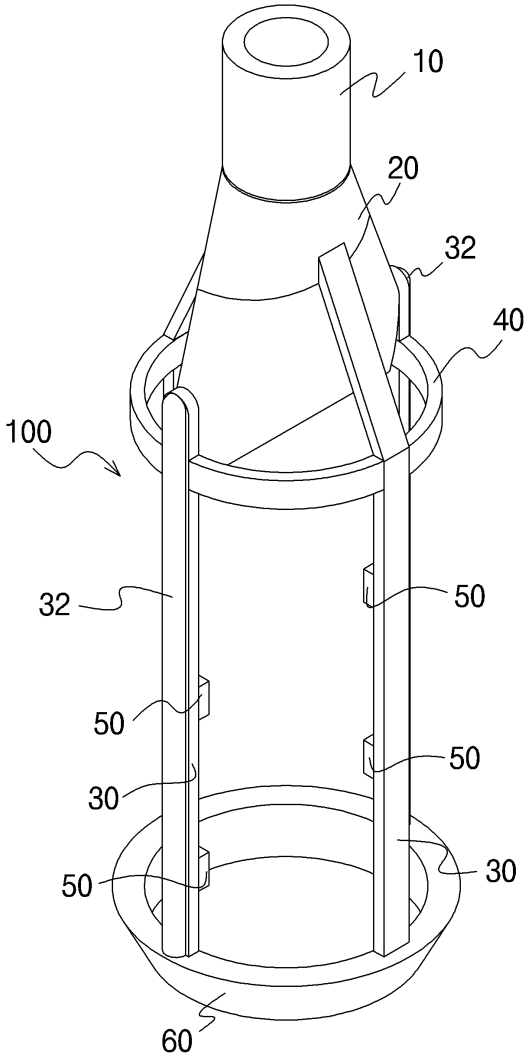
도면5



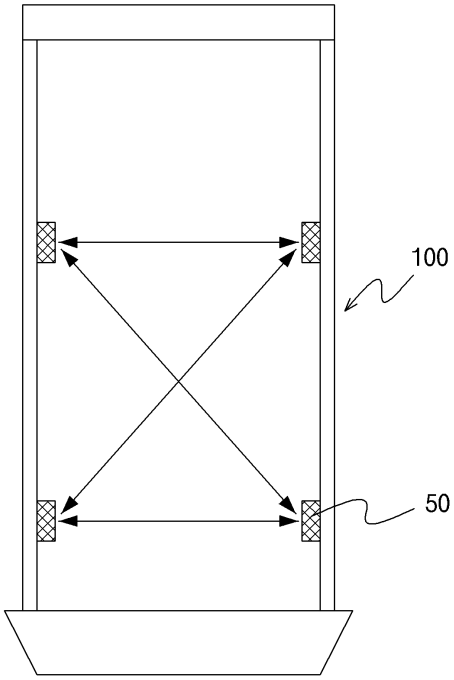
도면6



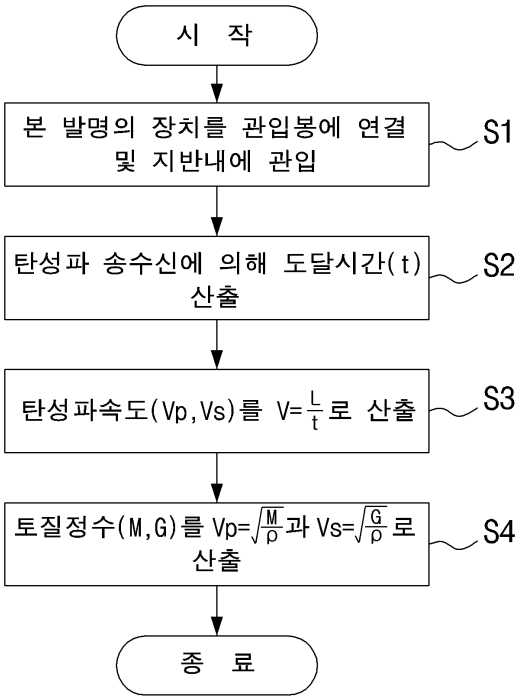
도면7



도면8


100
50

도면9


시 작
본 발명의 장치를 관입봉에 연결 및 지반내에 관입
S1
탄성파 송수신에 의해 도달시간(t) 산출
S2
탄성파속도(Vp,Vs)를 V=L/t로 산출
S3
토질정수(M,G)를 Vp=√(M/ρ)과 Vs=√(G/ρ)로 산출
S4
종 료