

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-291903

(P2005-291903A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

GO 1 V 1/40  
GO 1 H 1/00  
GO 1 S 7/521  
GO 1 V 1/00  
GO 1 V 1/18

F I

GO 1 V 1/40  
GO 1 H 1/00  
GO 1 V 1/00  
GO 1 V 1/18  
GO 1 V 1/20

テーマコード (参考)

2 G 0 6 4  
5 J 0 8 3

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-106855 (P2004-106855)

(22) 出願日 平成16年3月31日 (2004. 3. 31)

(71) 出願人 303028815

林 久夫

埼玉県北本市北本宿 1 4 8 番地 6

(74) 代理人 100114100

弁理士 米田 昭

(72) 発明者 林 久夫

埼玉県北本市北本宿 1 4 8 番地 6

F ターム (参考) 2G064 AA11 AB19 AB29 BC37

5J083 AA05 AB08 AC17 AD18 AE07

CA09 CA13 CA15 CA38

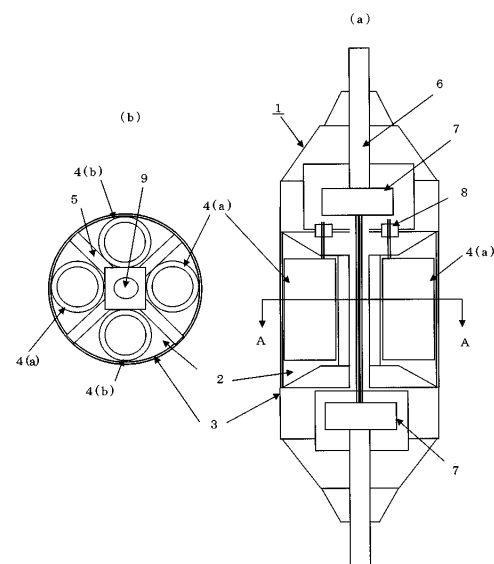
(54) 【発明の名称】 水中受振器用ハイドロホン及び多点観測水中受振器

## (57) 【要約】

【課題】従来の3成分受振器にてボーリング孔内でP S 波地震波を観測するときは、種々の操作を必要とし、時間を要しひいてはコスト高となる。さらに、高いS波速度におけるS波の感度が低下し、高周波数領域の感度も小さくなるという問題がある。

【解決手段】ハイドロホンの周方向一部を波動を遮断する遮蔽材にて囲繞して、感度に指向性ある水中受振器用ハイドロホンとした。また、前記ハイドロホンが、少なくとも4つ設けられた多点観測水中受振器を、軸近傍を中心として略等間隔に放射する放射線上に位置するように配設した。さらに、多点観測水中受振器を、ケーブルに所定間隔を隔てて複数個具備させて多連多点観測水中受振器を構成した。各ハイドロホンは相互に独立した信号を出力して目的とする地震波を観測するものとした。

【選択図】図1 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ハイドロホンの周方向の一部を除く周囲が波動を遮断する遮蔽材にて囲繞されて、所定方向以外の方向の波動に対して感度を有しない無感度領域と、

前記ハイドロホンの前記一部の周囲が露出されて、所定方向の波動に対して感度を有する有感度領域と、

を具備してなる波動に対する感度に指向性が付与された水中受振器用ハイドロホン。

## 【請求項 2】

ハイドロホンの周方向の一部を除く周囲が波動を遮断する遮蔽材にて囲繞されて、所定方向以外の方向の波動に対して感度を有しない無感度領域と、

前記ハイドロホンの前記一部の周囲が露出されて、所定方向の波動に対して感度を有する有感度領域と、

を具備してなる波動に対して感度に指向性が付与された水中受振器用ハイドロホンが、軸に沿って少なくとも4つ設けられた多点観測水中受振器であって、

該水中受振器用ハイドロホンの有感度領域はボーリング孔壁に対向するとともに、その周方向中央部と前記無感度領域の周方向中央部が、前記軸近傍を中心として略等間隔に放射する少なくとも4つの偶数の放射線上に位置するように配設されている多点観測水中受振器。

## 【請求項 3】

多点観測水中受振器は、ケーブルに所定間隔を隔てて複数個具備されていることを特徴とする請求項2に記載された多連型多点観測水中受振器。

## 【請求項 4】

所定の深度のボーリング孔壁の少なくとも4つの偶数点の周方向略等間隔の観測点において、該ボーリング孔壁の振動を液体を介して互いに独立して受振し、受振した振動を観測点毎に電気信号に変換して出力し、出力された観測点毎の信号を、波形図に変換して比較し、または選抜した観測点あるいは全観測点の出力を加算や減算等の演算処理をすることにより、地震波を特定し、地震波の伝播状況を推測し、または目的とする地震波を抽出して、地盤の所定の振動を解析する方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、地盤に穿設されたボーリング孔内において、地盤を伝播する地震波を効率的且つ的確に地震波を観測する装置に係り、より詳しくは、水中受振器用ハイドロホンと、該ハイドロホンを組み立てて製作した水中受振器に関する。

地震波は、波動性状の異なる種類のもが存在し、伝播過程で、反射、屈折、回折または波動の変換がおこる。このため地盤内には多様な地震波が存在する。地震波の特定の波動を観測するためには、波動性状や入射方向に適した観測方法で行う必要がある。

この発明の地震波を観測する装置の主な用途としては、以下のものがある。

先ず、振源を地表あるいは地中に設け、地震波の到達時間からP波またはS波の地盤の伝播速度を求める速度検層がある。PS速度検層で得られる地盤のせん断波(S波)及び圧縮波(P波)の伝播速度は、土木工学や岩盤力学における土質、岩質の評価、特に地震時の動的特性の解析・評価に不可欠な情報である。

同様に振源を地表あるいは地中に設け、ボーリング孔内でP波またはS波を観測し、地震波の処理を行って地盤内の地震波の伝播状況を求め、土木地質や資源探査で多く用いられている反射法地震探査の解析資料とするVSP(Vertical Seismic Profile)法がある。PS検層は、初動を読み取り伝播速度を算定するのに対し、VSPは、観測した地震波形から地盤の反射状態を把握するものである。

ボーリング孔内を伝播するチューブ・ウェーブは、地盤内の剛性率や透水係数の算定に研究されている。しかしながら、チューブ・ウェーブとS波とは伝播速度が比較的類似しているため、S波の観測にはチューブ・ウェーブが妨害波となり、逆にチューブ・ウェー

10

20

30

40

50

ブの観測には、S波が妨害波となる。したがって、チューブ・ウェーブとS波とを明確に区分することが重要である。

【背景技術】

【0002】

図3に示すように、水等の液体を充填したボーリング孔内に電磁型受振器を設置し、地表付近で発振した地震波を地盤内で観測する手法は、PS波の速度検層やVSP法で用いられる。

P波のみの観測では、ハイドロホン単体あるいは電磁型受振素子単体を用いることがあるが、PS検層など、P波とS波を識別して観測する場合には、受振器には、図4(a)に示すようにX、Y、Zの3方向に、図4(b)の如く水平成分2個、垂直成分1個の、合計3個の電磁型受振素子を3段に組み込んだ3成分受振器と呼ばれる地震計が用いられる。

S波は、地震波の進行方向に対し直角(せん断的)に振動し、P波は、地震波の進行方向(圧縮-引張り)に振動する。この波動現象の差異があるため、P波とSとを区別して観測する場合には、3成分受振器を用いて観測する。

S波の波動を同定するため、地表に板を設置し、板の端部を順方向と逆方向の2回打撃した記録を各水平成分(X成分、Y成分)で取得し、その波動の反転を確認して同定する。

P波では、通常地表で起振された地震波は、ほぼ鉛直下方に伝播するため、垂直成分(Z成分)で観測する。

【0003】

図5に見るようにボーリング孔壁に固定された受振器は、ボーリング孔壁の周方向における1点の振動を観測していることになる。ボーリング孔内には、孔内を伝播する特殊な地震波が存在する。

このため、3成分受振器による孔壁の周方向における1点の観測では、異なる振動性状の波動が、同一の振動現象として観測されて、これら異なる振動性状の波動を区別できないことがある。

このように地震波の観測においては、確実に目的とする地震波を抽出・観測するための手法の確立が望まれているところである。

【0004】

また、電磁型受振素子を用いた3成分受振器は、ボーリング孔壁に固定する必要があるが、この固定方式としては従来、アームを開く機械式や風船を膨張させるガス圧式のものがある。

ガス圧式のものを用いた場合、ある計測深度において3成分受振器と一体化された孔壁固定装置の膨張具に窒素ガスを充填して膨らませ、当該深度における計測を終了した後、窒素ガスを孔壁固定装置から排除して次の計測点に至るまで受振器を降下させて、上記と同様の固定作業、観測作業、解除作業、深度変更作業を繰り返している。

このように、従来の地震波観測において、3成分受振器を用いた計測の作業性は極めて悪い。特に大深度の計測には大きな課題となっている。

【0005】

さらに、この受振器は電磁型受振素子を用いていることから地震波の信号出力は、速度型振幅であることから、S波速度が高くなると受振感度が小さくなり、また、高周波数領域の感度も小さくなる、という重大な問題がある。

さらにまた、所定間隔で複数の3方向受振器を備えた、いわゆる多連型受振器にしようすると、受振器をボーリング孔壁に固定するための装置を各受振器毎に設ける必要があることから、特にガス圧式の固定装置にあってはガス圧送用配管が錯綜して、装置全体が複雑な構成となり、また操作上も煩雑となることから、多連型のものとする 것도 困難である。

【非特許文献1】「新編 ボーリング孔を利用する原位置試験についての技術マニュアル」平成7年10月 関東地質調査業協会技術委員会編集・発行

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

他方、本発明者は、軟弱地盤から硬岩地盤までの広範囲にわたってボーリング孔内のS波、P波の速度を正確に計測できる計測方法を提供することを目的として、図7に示されるような、1つの発振器53と互いに一定の距離を隔てて設けられた2つの受振器54、55を有しケーブル51に吊り下げられたゾンデ52を用いて地層検層におけるせん断波の速度を計測する方法において、一对の矩形バイモルフ型圧電セラミックからなる発振器53によって一方向のせん断波を発振し、該せん断波を一对の円筒型圧電セラミックからなる前記一方の受振器54によって受振し、該受振器54の各円筒型圧電セラミックの振動波形の差を求めて記録し、次に前記発振器53によって逆方向のせん断波を発振し、該せん断波を前記と同様に受振器54の各円筒型圧電セラミックの振動波形の差を求めて記録し、上記2つの記録を用いて位相の反転からせん断波の初動時間を計測し、さらに他方の受振器55においても同様にせん断波の初動時間を計測し、前記2つの受振器54、55のそれぞれの初動の時間差から地層のせん断波速度を計測する方法を提案したものである。

【特許文献1】特公平6-16114号公報

## 【 0 0 0 7 】

このPS速度検層装置の受振器は、本発明と同じく圧電素子を用いているが、ボーリング孔内で発振した地震波をボーリング孔内で受振することを前提として、ゾンデ内の振源の発振方向に合わせて単一の受振方向に固定しており、地表又は地中で発振したP波、S波の地震波、特に水平軸XY2方向に起振された波動を受振するものではない。

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 8 】

以上のように、上記第1の従来技術である3成分受振器では、該受振器が接触するボーリング孔壁の1点で3方向の地震波を観測している。

前述したように、ボーリング孔内を伝播するチューブ・ウェーブは、P波・S波の観測に障害となる。特にS波の観測では、振源の向きを順方向と逆方向とに変えて2回測定し、波動の位相反転を確認して同定するが、孔壁周囲の1点で観測するため、チューブ・ウェーブを完全に除去し、S波のみを分離することが難しいことがある。

以上の状況から、ボーリング孔内において、妨害波の影響を受けずに目的とする地震波を的確に観測する手法の確立が望まれる。

また、3成分受振器を用いてボーリング孔内あるいは地盤内でPS波地震波を観測するときは、ある深度における観測点での測定終了後、次の深度における観測点での計測開始までの間に種々の操作を必要とし、時間を要しひいてはコスト高となる。

さらに、この受振器は電磁型受振素子を用いているので、高いS波速度におけるS波の感度が低下するばかりでなく、高周波数領域の感度も小さくなるという問題がある。更には、孔壁固定装置を3成分受振器と一体化した多連型受振器を製作することも容易ではなく、また、ボーリング孔径は深さ方向に変化することがあり、各受振器を同時に同じ力で固定することは難しい。

## 【 0 0 0 9 】

一方、上記第2の従来技術で用いられた受振器は、ボーリング孔内で発振した地震波を孔内で受振することを前提として、ゾンデ内に設けられた発振器の発振方向に合わせて単一の受振方向に固定されており、地表又は地中で発振したS波の地震波に対しては、水平軸XY2方向の受振が必要であり、対応は不可能である。

## 【 0 0 1 0 】

そこで本発明は、上記問題点を解決するために創出されたもので、従来の電磁型受振器に代わる指向性のある水中受振器用ハイドロホンを提供することを目的とするものである。

また、この水中受振器用ハイドロホンを組み立てて、複雑なボーリング孔壁の波動を、同一深度のボーリング孔壁の周方向を多点で観測し、地震波の性状を明確に区分し、妨害

10

20

30

40

50

波の影響を小さくして、目的とする地震波を的確に抽出できる多点観測水中受振器を提供することを目的とする。

さらに、観測作業を効率化、簡便化して計測コストを格段に低減することが可能な多点観測水中受振器を提供することを目的としている。

【0011】

さらにまた、圧電素子を用いることにより、汎用性ある水中受振器とするとともに、受振器の構造を簡素化し小型化して、さらに簡易に多連型の受振器を製造可能として、圧電素子が有している潜在力を存分に活用した水中受振器を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0012】

請求項1に係る発明は、ハイドロホンの周方向の一部を除く周囲を波動を遮断する遮蔽材にて囲繞して、所定方向以外の方向の感度を有しない無感度領域と、前記ハイドロホンの前記一部の周囲を露出して、所定方向の感度を有する有感度領域と、を具備した感度に指向性が付与された水中受振器用ハイドロホンとした。

また、請求項2に係る発明は、ハイドロホンの周方向の一部を除く周囲を波動を遮断する遮蔽材にて囲繞して、所定方向以外の方向の感度を有しない無感度領域と、前記ハイドロホンの前記一部の周囲を露出して、所定方向の感度を有する有感度領域と、を具備した感度に指向性が付与された水中受振器用ハイドロホンが、軸に沿って少なくとも4つ設けられた多点観測水中受振器を、該水中受振器用ハイドロホンの有感度領域をボーリング孔壁に対向するとともに、その周方向中央部と前記無感度領域の周方向中央部を、前記軸近傍を中心として略等間隔に放射する偶数本の放射線上に位置するように配設した。

さらに、請求項3に係る発明は、前記多点観測水中受振器を、ケーブルに所定間隔を隔てて複数個具備させて多連型多点観測水中受振器を構成した。

さらにまた、請求項4に係る発明は、前記請求項1乃至請求項3のいずれかに係る水中受振器用ハイドロホンまたは多点観測水中受振器を用いて、所定の深度のボーリング孔壁の少なくとも4点以上の周方向略等間隔の観測点において、該ボーリング孔壁の振動を液体を介して互いに独立して受振し、受振した振動を観測点毎に電気信号に変換して出力し、出力された信号を個別に観測し、あるいは加算、減算などの処理または選抜処理することにより、地盤の所定の振動を解析することとした。

【0013】

円筒型ハイドロホンは、本来指向性を有しない。

そこで、図1(a)に模式的に示すように、ハイドロホンの周方向の一部を除く周囲を波動を遮断する遮蔽材にて囲繞して、所定方向以外の方向の感度を有しない無感度領域とするとともに、前記ハイドロホンの前記一部の周囲を露出して、所定方向の感度を有する有感度領域とすることにより、指向性を有しないハイドロホンに指向性を持たせることができる。

この指向性を有する、すなわち受波方向を制限した水中受振器用ハイドロホンは、その受波方向が1方向に限られる。

また、指向性を有する水中受振器用ハイドロホンの有感度領域は、ボーリング孔内の水を介して孔壁の方向性のある振動をとらえることができる。

以上のことから、請求項1に係る水中受振器用ハイドロホンは、従来の電磁型受振素子を用いた電磁型3成分地震計のように孔壁に圧着することなく、その有感度領域をボーリング孔壁に向けるだけで、孔壁に圧着した電磁型地震計と同じ性能を示す。

図1(b)は、受波方向を1方向に制限したハイドロホンを、2成分(X, Y)に組み合わせたものを模式的に示すものである。

これは従来の電磁型受振素子を用いた電磁型3成分受振器における水平2成分とほぼ同じ性能となる。

図2(a)は、ボーリング孔軸を中心にそれぞれ独立した方向に水中受振器用ハイドロホンを4個設置した、請求項2に係る多点観測水中受振器を模式的に示す平面図である。

より詳しくは、感度に指向性が付与された水中受振器用ハイドロホンが、軸に沿って少

10

20

30

40

50

なくとも4つ設けられ、該水中受振器用ハイドロホンの有感度領域はボーリング孔壁に対向するとともに、その周方向中央部と前記無感度領域の周方向中央部が、前記軸近傍を中心として略等間隔に放射する少なくとも4つの偶数の放射線上に位置するように配設した多点観測水中受振器である。

これは、図6に示すように、電磁型受振素子4個を、個別に孔壁に圧着したものと同等の機能を有する。

図2(b)は、A-A線の断面図である。

そして、この遮蔽材である遮蔽隔壁により相互に独立した受波方向が定められ、かつ相互に独立して信号を出力可能に配線された多点観測水中受振器は、ボーリング孔壁の周方向4点における波動を各方向独立して観測することができる。

10

4個のあるいは図9に示すように6個の、少なくとも4つの水中受振器用ハイドロホンを用いて、個々のハイドロホンの受振信号を個別に観測することにより、ボーリング孔軸中心に対称の波動現象や非対称の波動現象などを区別できる。

例えば、図2(a)において、X1とX2で得られた波動が逆位相ならば、せん断的な波動であり、X1とX2で得られた波動が同位相ならば、圧縮波的な波動であると推測することができる。

更にはX1、X2、Y1、Y2を同時に個別に観測することにより、以下に説明するように、ボーリング孔壁の波動性状を把握することができる。

#### 【0014】

個々のハイドロホンから出力された信号は、後述するように、単独で、あるいは複数の信号を加算や減算などの処理を行うことにより、地盤を伝播する地震波の振動性状を識別し、振動性状に合致した抽出が可能となる。

20

ボーリング孔壁の波動を加算や減算などの処理を行うことで、振動性状を識別に供したり、異なる振動性状を示すP波、S波に適合した処理によって波動の抽出が可能となり、PS速度検層やVSPなどで通常用いられている電磁型受振素子から構成された3成分受振器、あるいはハイドロホン単体に代わる受振器を構成することが可能となる。

#### 【0015】

図8は、地震波の振動性状に合致した信号処理方法を模式的に示そうとするものである。

図8(a)の2つの水中受振器用ハイドロホンX1、X2を、受振器の中心に、隔壁を模式的に設けて対向して配置し、逆位相となるS波の場合、図8(b)に示すように波形の差を求める。地表の孔口付近で起振した場合、S波は逆位相になるが、P波やチューブ・ウェーブは同位相となる。このような現象を利用することにより、S波観測の妨害波となるチューブ・ウェーブやP波のような同位相の波をキャンセルし、的確に逆位相の波動であるS波を抽出して観測することができる。

30

図8(c)の2つの水中受振器用ハイドロホンX1、X2を、受振器の中心に同じく隔壁を模式的に設けて対向して配置し、同位相の波動を観測する場合、図8(d)に示すように波形の和を求める。地表の孔口付近で起振した場合、S波は逆位相になるが、P波やチューブ・ウェーブは同位相となる。このため逆位相の波をキャンセルし、的確に同位相の波動であるP波やチューブ・ウェーブを観測することができる。

40

ある平面の地震波の観測は、ボーリング孔壁を少なくとも4個(2対)のハイドロホンを設けた多点観測水中受振器で観測することにより、可能となる。

また、図9に示すように、前記多点観測水中受振器のハイドロホンを3対以上とし、個別のハイドロホンから、相互に独立して出力された信号を個別に表示すれば、地震波の受振器に入射する状況を解明できるので、いかなる方向から発振された地震波についても適切な観測が可能となる。

2対では、XY軸の直交する2方向であるが、3対とすれば、60°間隔で観測できることになるからである。

#### 【発明の効果】

#### 【0016】

50

請求項 1 に係る発明によれば、ハイドロホンの周方向の一部を除く周囲を波動を遮断する遮蔽材にて囲繞して、所定方向以外の方向の感度を有しない無感度領域と、前記ハイドロホンの前記一部の周囲を露出して、所定方向の感度を有する有感度領域と、を具備した感度に指向性が付与された水中受振器用ハイドロホンとしたので、ハイドロホンが従来指向性を有していなかったため、同位相である P 波やチューブ・ウェーブの観測用に限定されていたものを、波動を遮断する遮蔽材により指向性を付与することができる結果、S 波の観測用にもその用途を拡大することができる。

また、ハイドロホンを、振動の伝播を遮断するように、観測周波数領域において不動となる重量を有する遮蔽物で囲繞することによって、感度を有する方向からの波動を特定のハイドロホンに集中させ、しかもその波動をハイドロホンの全周で受感することにより、受振感度を著しく向上することができる。

10

さらに、電磁型受振器の出力信号は速度振幅であるから、S 波速度に比例して感度が低下するが、この受振器はハイドロホンを用いており、このハイドロホンは加速度振幅を得ることができる加速度型地震計であることから、S 波の伝播速度が高い領域においてもその感度を大きくすることができ、S 波が高速度で伝播する岩盤地帯でも応用することができる。

高周波数域の感度についても、感度を大きくすることができるので、高い S 波速度でも速度分解能が高くなる。

#### 【 0 0 1 7 】

請求項 2 に係る発明によれば、ハイドロホンの周方向の一部を除く周囲を波動を遮断する遮蔽材にて囲繞して、所定方向以外の方向の感度を有しない無感度領域と、前記ハイドロホンの前記一部の周囲を露出して、所定方向の感度を有する有感度領域と、を具備した感度に指向性が付与された水中受振器用ハイドロホンが、軸に沿って少なくとも 4 つ設けられた多点観測水中受振器を、該水中受振器用ハイドロホンの有感度領域をボーリング孔壁に対向するとともに、その周方向中央部と前記無感度領域の周方向中央部を、前記軸近傍を中心として略等間隔に放射する偶数本の放射線上に位置するように配設したから、上述した請求項 1 に係る発明の効果に加え、従来の電磁型受振素子が、ボーリング孔壁に直接接触するように固定して、孔壁自体の振動を直接的に受振するのに対し、ハイドロホンがボーリング孔内に充填した水を介して地盤を伝播する地震波の振動を受振することができるため、電磁型受振素子を組み込んだ 3 方向受振器のようにボーリング孔壁に固定する必要がなくなる。

20

30

このため、多点観測水中受振器は、単にボーリング孔に繰り入れられるケーブルに吊下された水中受振器を目的とする深度で停止して計測を実行終了し、次の目的とする深度で再度計測する作業を繰り返せばよいから、受振器をボーリング坑壁に固定する作業を省くことができるので、ボーリング孔内における地震波観測の作業性を著しく向上することができる。

また、感度に指向性が付与された水中受振器用ハイドロホンが、軸に沿って少なくとも 4 つ設けられた多点観測水中受振器としたので、ボーリング孔の周方向について少なくとも 4 点の孔壁自体の振動を受振することができる。

このため、ボーリング孔に対してあらゆる方向からの入射が想定される地震波に対し、効果的な情報を入手することが可能となる。

40

また、S 波とチューブ・ウェーブは、伝播速度が比較的近似していて両者を識別することが困難であったが、複数のポイントの孔壁の振動を観測して、両者の振動性状の差異から、両者を明確に区分できる。またその差異を利用した処理を行うことにより、それぞれの振動についての妨害波を除去し、目的とする振動の抽出が可能となる。

さらに、従来の電磁型受振素子を用いた 3 成分受振器が、X 成分、Y 成分、Z 成分の 3 成分の地震計を上下方向に 3 段に積み重ねる関係上、受振器が縦長のものとなるが、本発明の受振器のハイドロホンは P 波を検知することが可能であるから、上下に積み重ねることなく同一平面内に配置されるので、受振器のサイズをコンパクト化することができる。

さらにまた、振原を地表のみならず地中とすることも可能となり、汎用性の高い受振器

50

を提供することができる。

【0018】

請求項3に係る発明によれば、前記多点観測水中受振器を、ケーブルに所定間隔を隔てて複数個具備して多連型多点観測水中受振器を構成したので、受振器毎に固定装置を設けることが不要となって受振器の構造が簡素化され、多連型受振器を製作することが容易になって安価に製作することができる。

また、上下方向に多数連結された各多点観測水中受振器が、一回の起振に基づいて複数の深度における波動を同時に受振することができるため、深さ方向の多くの観測点を同一の条件で観測することができるとともに、従来の受振器に比べ著しく計測作業を効率化することができる。

10

【0019】

請求項4に係る発明によれば、所定の深度のボーリング孔壁の少なくとも4点以上の周方向略等間隔の観測点において、該ボーリング孔壁の振動を液体を介して互いに独立して受振し、受振した振動を観測点毎に電気信号に変換して出力するようにしたので、出力された観測点毎の信号を波形図に変換し、並列図示し、波形の振幅の大小や振幅の正負などを相互に比較することにより、所定の深度の伝播振動に含まれる地震波を特定したり、地震波の伝播状況を推測することができる。

また、出力された観測点毎の信号を、選抜した観測点あるいは全観測点の出力を加算や減算などの演算処理をすることにより、目的とする地震波の強調、目的とする地震波の妨害となる波動（妨害波）の影響の除去、所定の深度の伝播波動に含まれる地震波の特定、目的とする地震波の抽出等の解析をすることができる。

20

【実施例】

【0020】

図11に請求項2に係る発明の実施例を示す。図11(a)は部分的に透視する縦断面図、図11(b)は図11(a)のA-A線断面矢視図である。

また実施例として、PS速度検層を示す。図12は左からP波とS波の波形図であり、図13はP波とS波の走時曲線である。

以下これらの図面を参照して、本発明の多点観測水中受振器について詳細に説明する。

【0021】

図11を参照して、1は円柱状受振器本体で、軸方向中央部に等間隔に4つの収容部2が形成されている。収容部が形成された円柱状受振器本体1の軸方向中央部外周は、変形自在のスリーブ3、例えばゴムチューブにて被覆されている。この収容部2各室には、それぞれ円筒型ハイドロホン4が配設されるとともに、ハイドロホン4の保護及び回路の絶縁のためのオイルが封入されている。

30

なお、円柱状受振器本体1は、波動を遮断する遮蔽材を構成するものであるから、観測周波数領域において振動の伝播を遮断するものとして、不動となる重量を有するものとしてある。

【0022】

前記円柱状受振器本体1の上部には、受振器本体1を地表から吊り下げるための中空ケーブル6が固定されている。この中空ケーブル6内には、受振器が地震波を受けて発生したそれぞれの信号を地表に設置された計測装置に送信するための信号線が配線されている。8はハイドロホンに接続された配線を、配線用端子7に接続しつつ中空収容室を密封するための密栓である。

40

中空ケーブル下端に唯1つの受振器本体1を取り付けるときは、以上の構成にて多点観測水中受振器が完成する。

したがって、円柱状受振器本体1内には同一水平面内に少なくとも4つの円筒型圧電素子4を配置するのみで、従来のように電磁型受振素子を円柱状受振器本体の軸方向に3段に設ける必要がなく、加えて孔壁固定装置を設ける必要がないことから、円柱状受振器本体1自体をコンパクト化することができる。

【0023】

50

一方、受振器本体中央部にも、中空ケーブル 6 を挿通するための挿通用孔 9 を形成してある。

中空ケーブル 6 に複数の多点観測水中受振器を取り付けるときは、図 11 (a) に示した挿通用孔 9 を介して中空ケーブル 6 を下方に向けて延長し、この延長ケーブル下端に受振器を取り付けばよい。

このようにして、多連型多点観測水中受振器を構成するものである。

#### 【0024】

ハイドロホンはインピーダンスが高く、また個体差もある。このため各ハイドロホンの感度、周波数特性を等しくしなければ和や差を求めたとき、正しい孔壁の振動を求めることはできない。

そこでハイドロホン 4 を図 14 に示すプリアンプ 10 に接続し、感度、周波数特性を合わせてから出力するとともに、次段の差動アンプ 11 で和または差を求める回路を用いるのが好ましい。

本実施例では、孔軸を中心に孔壁の複数のポイントにおける波動を個別に独立して観測することにより、3 成分受振器の目的とする S 波と P 波を、妨害波であるチューブ・ウェーブの影響を受けることなく、適切に観測できることが重要な特徴である。

本受振器は、孔壁全周の波動を同時に観測することから、ボーリング孔軸中心に位置することが望ましく、使用に際しては、セントライザー（中心位置保持装置）を用いることが望ましい。

また、水中受振器用ハイドロホンの組込み数を、たとえば 6 や 8 に増やすことにより、ボーリング孔壁の波動状態を詳細に解析することができるようになる。その際、図 11 に示された多点観測水中受振器を相互に位相をずらして上下 2 段に設けるとよい。

#### 【0025】

多点観測水中受振器は、この実施例では、円筒型圧電素子を、ゴムスリーブで覆い且つオイルで充填した、独立して区画割した収容部に格納して、一体型受振器として構成しているが、個別に円筒型圧電素子をモールドしたハイドロホンを、図 9 に示すような、放射状に延びる振動を遮断する遮蔽隔壁にて区画割した空間に格納することによっても可能である。

（S 波の観測）

#### 【0026】

S 波の振源を地表に置いて、ボーリング孔内に多点観測水中受振器を目的とする深度まで挿入し、図 3 に示すように S 波の振源を水平 1 方向から打撃し受振器にて受振する。そうすると、対向して配置された少なくとも 2 対のハイドロホン 4 (a)、4 (b) が、地表に設置した計測装置に配線を介して電気信号を送信する。

#### 【0027】

次いで、受振器を同じ深度に維持したまま、S 波の振源を水平の逆方向から打撃し逆位相の地震波を受振器にて受振する。そして同じく、対向して配置された少なくとも 2 対のハイドロホン 4 (a)、4 (b) が、地表に設置した計測装置に配線を介して電気信号を送信する。

（P 波の観測）

#### 【0028】

さらに、受振器を同じ深度に維持したまま、P 波の振源を鉛直方向に打撃し地震波を受振器にて受振する。そして、対向して配置された少なくとも 2 対のハイドロホン 4 (a)、4 (b) が、地表に設置した計測装置に配線を介して電気信号を送信する。

#### 【0029】

所定の深度における S 波及び P 波の観測が終了した時点で、多点観測水中受振器の深度を 1 段階下げ、再び上記の観測を実行し、この作業を繰り返し所定の深度に達するまで実行する。

この作業の繰り返しにより必要とするデータを取得することができる。

（S 波、P 波速度の解析）

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 0 】

S波が図8(a)に示すように、左方向のせん断波として入射した場合、ハイドロホンX1は圧縮の、X2は引張の振動を受振するので、図8(b)に示すように逆位相の信号を発生する。したがってS波については、対向するハイドロホン4の信号の差をとり、同位相のノイズをキャンセルして振幅が大きい増幅されたデータをS波として抽出する。

そして、1方向と逆方向の波形図を作成し、波形図の初動点から走時曲線を得て、観測地点における地震波伝播速度を割り出し、PS速度検層とする。

## 【 0 0 3 1 】

一方、P波が図8(c)に示すように左右両方向から圧縮波として入射した場合、ハイドロホンX1、ハイドロホンX2の双方が圧縮の振動を受振する。

10

このため、同図(b)に示すように同位相の信号を発生する。

なおP波については上述のS波とは若干異なり、振源の位置などに応じて以下の種々の解析手法を採り得る。

(1) 最も適切と考えられる個別のハイドロホンの信号

(2) 全てのハイドロホンの信号の和

(3) 最も大きい対向するハイドロホンの和

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 2 】

【図1】指向性を持たせた水中受振器用ハイドロホンを模式的に示す図である。

【図2】指向性を持たせた水中受振器用ハイドロホンを4個組み合わせた多点観測水中受振器を模式的に示す図である。

20

【図3】従来の3成分受振器を用いたPS検層システム概略図である。

【図4】3成分受振器の受振方向と構成を概略的に示す図である。

【図5】3成分受振器の固定方式と振動の観測点の模式図である。

【図6】孔壁に複数の電磁型地震計を固定設置した場合の模式図である。

【図7】PSソニック検層の従来例を示す図である。

【図8】せん断波及び圧縮波の信号処理例を模式的に示す図である。

【図9】本発明の水中受振器用ハイドロホンを3対設けた多点観測水中受振器の模式図である。

【図10】本発明の多連型多点観測水中受振器の概念図である。

30

【図11】本発明の多点観測水中受振器を部分的に透視した縦断面図と、同横断面図である。

【図12】P波とS波の波形図である。

【図13】P波とS波の走時曲線図である。

【図14】電気回路である。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 3 3 】

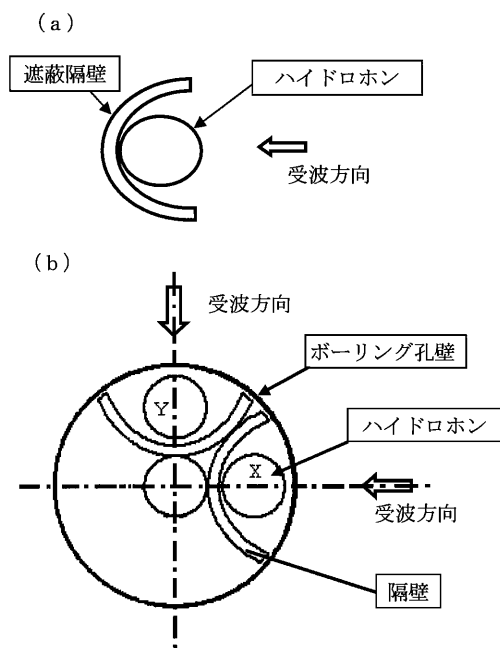
- 1 多点観測水中受振器本体
- 2 収容部
- 3 変形自在のスリーブ
- 4 水中受振器用ハイドロホン
- 5 遮蔽網(遮断物、遮蔽隔壁)
- 6 中空ケーブル
- 7 配線用端子
- 8 密栓
- 9 挿通用孔
- 10 プリアンプ
- 11 プリアンプ(和、差)
- 51 ケーブル
- 52 ソンデ

40

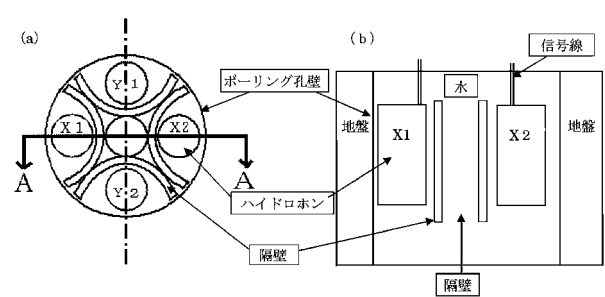
50

- 5 3 発振器
- 5 4 第 1 の受振器
- 5 5 第 2 の受振器

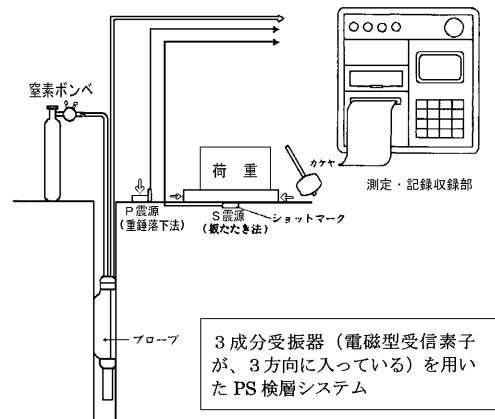
【 図 1 】



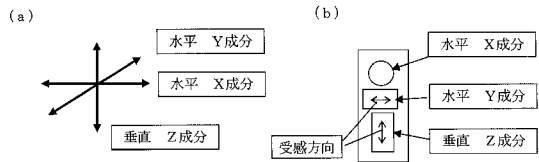
【 図 2 】



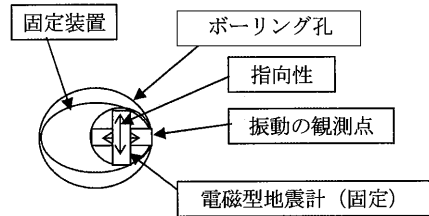
【 図 3 】



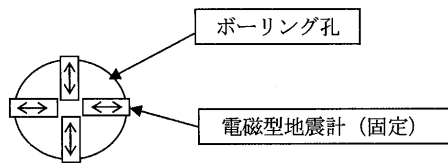
【図 4】



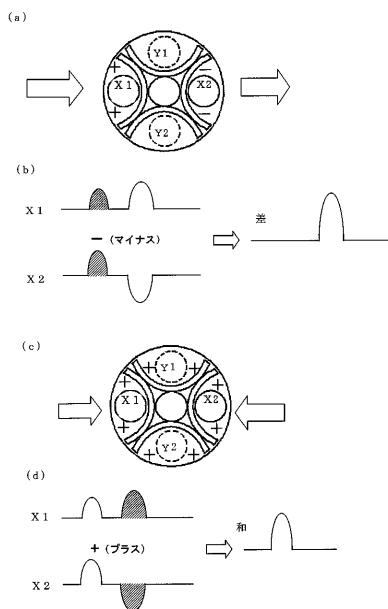
【図 5】



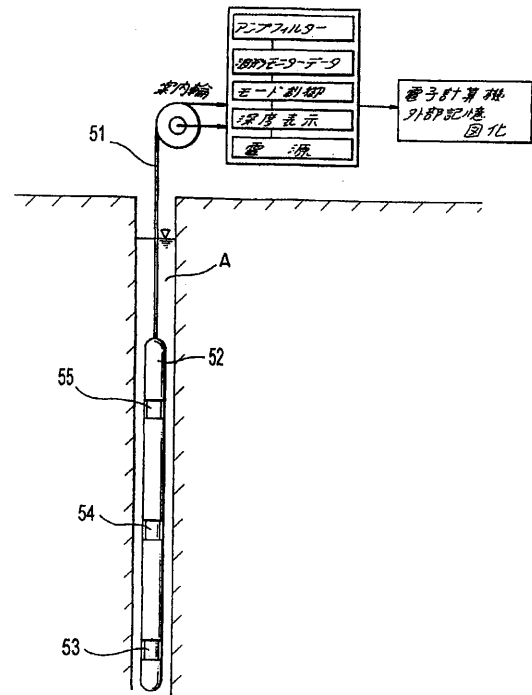
【図 6】



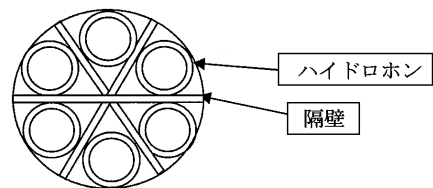
【図 8】



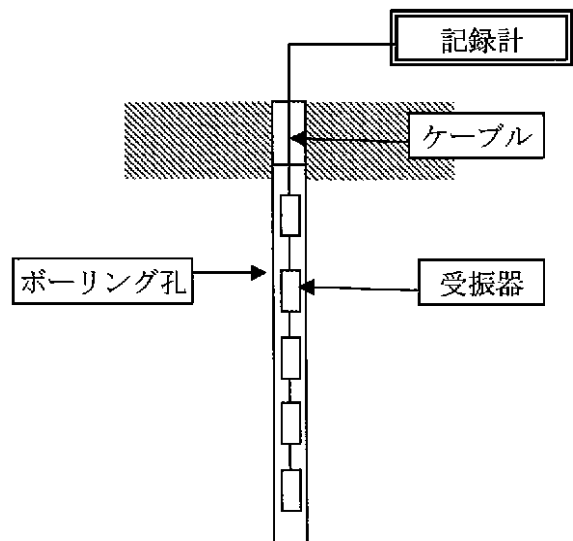
【図 7】



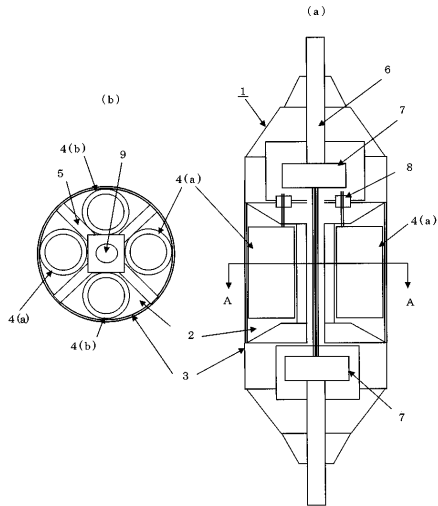
【図 9】



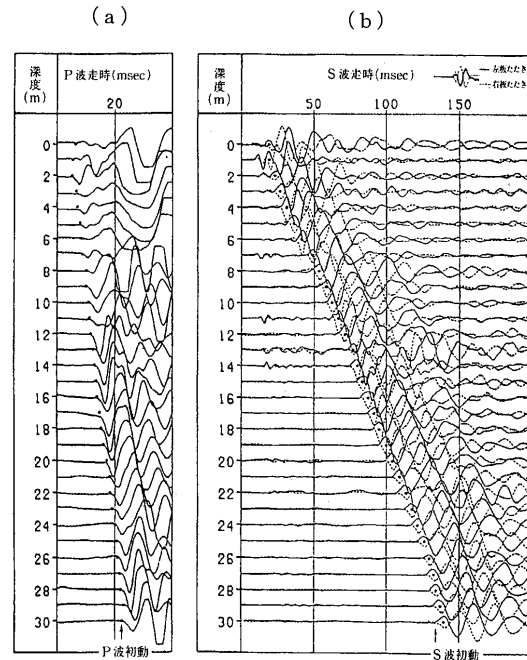
【図 10】



【図 1 1】

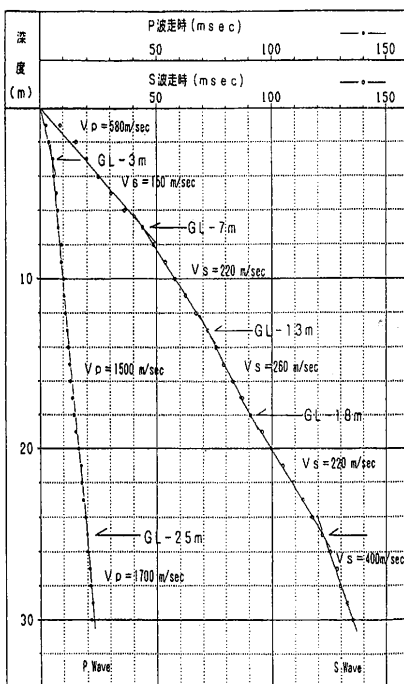


【図 1 2】



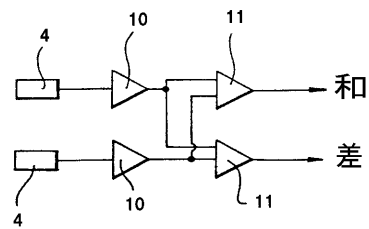
波形図

【図 1 3】



走時曲線図

【図 1 4】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 V 1/20

F I

G 0 1 S 7/52

B

テーマコード(参考)