

大孔径孔中受震器の試作

後 藤 典 俊・狐 崎 長 琅

TEST DESIGN OF GEOPHONE FOR S WAVE LOGGING IN WELL

By Noritoshi GOTO and Choro KITSUNEZAKI

Synopsis

The special composite geophone which can be clamped at any depth in well is designed by the authors. This geophone includes three component installations of moving coil type pickups and an electro-strictive type hydrophone and an azimuth detector. A rubber tube expanded by hydraulic pressure is used for the clamp of geophone on the wall of well.

The distribution of shear wave velocity was measured by the geophone along the observational well of earthquake response.

序

同一の地震であっても、近接した2地点で被害の程度が大きく異なることがある。これは地殻のごく地表面に近い部分で、それぞれの地下構造に応じて地震波が変形を受けるため、あるいはごく表層の地盤の強度が異なるためであると思われる。地表面に近い層の間では、弾性定数や層厚の変化が大きく、それだけに多様な地盤の共振現象等の波の変形が生じる。

このような問題を観測事実にもとづいて説明しようとすれば、地震そのものの性質はもちろんのことではあるが、波の伝播する媒質自体の弾性定数を知る事が必要になる。特に地表層である沖積あるいは洪積の未固結堆積層の地下構造を決定しなければならない。¹⁾

筆者らは、これまでに径 60~100 mmφ 程度のボーリング孔での速度検層を行ってきたが、大部分は深さ 20 m 以下の浅いものであった。それより深い孔になると測定する機会は非常に少なくなる。²⁾

京都盆地南部の宇治付近は、水井戸工事が比較的多く深さ 100 m を越えるものはめずらしくない。これを利用して速度検層を行うという着想のもとに、大孔径孔中受震器を試作して、S 波の速度検層をした。水井戸工事中、ケーシングを挿入する以前に S 波検層を行い、同時に tube wave 検層、電気比抵抗検層などの簡単な物理検層を併用して相互の結果の関連を知る事を意図している。^{4), 5)}

試作器械および実験

試作した大孔径孔中受震器は、孔径 300~400 mmφ の孔を目標とした。Fig. 1 は測定システムを示すものであり、この図の上部の framework と rubber tube との間に受震器が位置する。Fig. 3 で断面が斜線で表わされている部分は黄銅で、点々で表わされているのは天然ゴムのチューブである。ゴムチューブは2重になっている。外側のゴムは受震器の安定を保つためと、全体の外形をなめらかにするためのものである。このゴムチューブには1ヶ所穴があいており、外側には背板がついていて受震器と背板が、ゴムを介さずに固定されている。内側のゴムチューブは、黄銅管との間に水が圧入されてふくらみ、受震器を外側に押しつけ、背板を孔壁に圧着させる仕組みになっている。この方法は、将来複数の受震器を地中に展開し、同一震源による波を多点で同時受震する方式の基礎となる。黄銅管の内側は中空であり、必要とあれば線を通し、さ

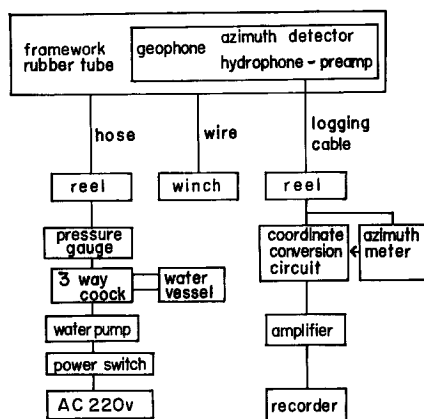


Fig. 1 Block diagram of whole system for velocity logging.

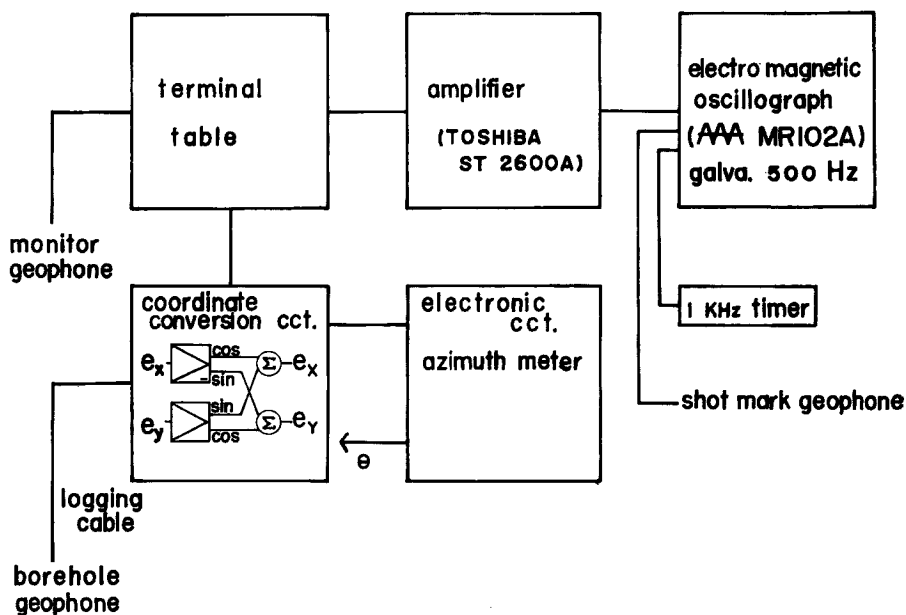


Fig. 2 Block diagram of electric circuits.

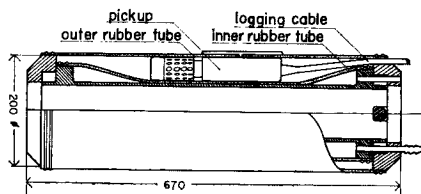


Fig. 3 Design of the geophone for S wave velocity logging in well.

らに下方に震源あるいは受震器を置く事が可能である。**Fig. 3** の断面が粗い斜線で示されているリングと外側のゴムチューブの寸法を変える事によって、より大きな孔径でも使用できることになっているが実際にはまだ作っていない。受震器の部分は moving coil 型の固有周波数 28 Hz の pickup 3 成分（上下 1 成分，互に直交する水平 2 成分），ジルコン酸鉛の hydrophone とその pre-amp.（IC 1 個と抵抗 2 個），および方位計の head から成っている。この受震器部分は framework と rubber tube からはずして，小孔径のボーリング孔用孔中受震器としても使用出来るように設計されている。³⁾

logging cable には 3 成分 pickup の signal, hydrophone の pre-amp. 出力およびその電源，方位計 head の 1 次側 coil の drive signal および 2 次側の output signal が通る。**Fig. 2** に測定回路のブロック図が示されている。最初に方位計のメーターから受震器の方位を検出し，pickup の水平 2 成分を座標変換回路により，定められた方位の signal に変える。これは sin, cos 型のポテンショメーターで出力を分割し，OP アンプで加算する。hydrophone は pre-amp によって impedance を下げ増巾する。その後はそれぞれ増巾器，電磁オシロへと接続される。

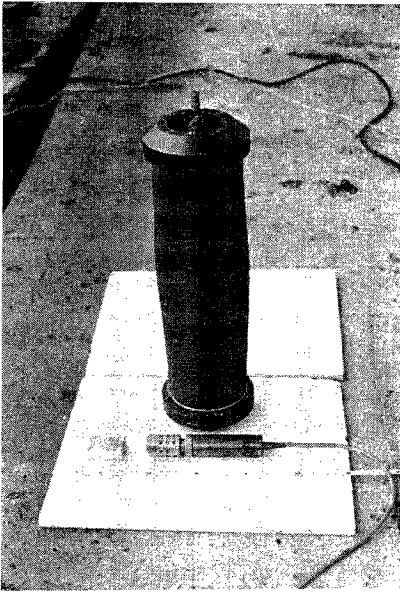


Photo. 1 Designed geophone (removed outer rubber tube).

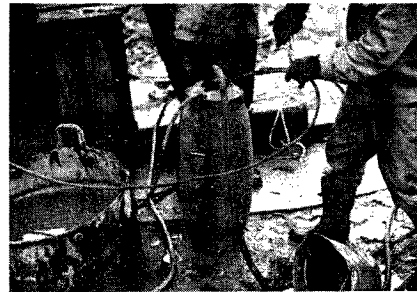


Photo. 2 Expansion of the geophone by water pressure.

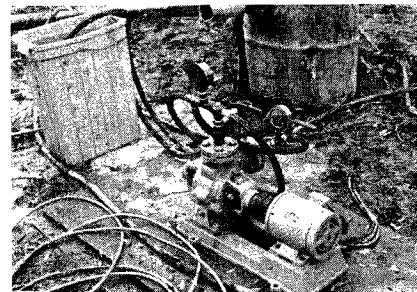


Photo. 3 Electric water pump for hydraulic pressure and water vessel.

大孔径孔中受震器は steel wire によって荷重が支えられ winch によって孔中を上下させる。signal はすべて logging cable を通じ，受震器の固定のための水圧はゴムホースを通じて伝送される。水は電動ポンプで送られ，水圧を抜くときは 3 方コックの切換えて水を吸上げる。

深さをかえて，孔中に受震器を固定する度ごとに，地表の板たたき，杭打ちを行い S 波，P 波を発生させ，その記録をとる。一回毎の板や杭の叩き方を，固定点の moniton geophone で監視する。

実験期間中，付近で建物の工事があり，ground noise が大きかった事もあり 40 m 以深の記録は質が悪い。また，孔の途中で孔径が大きくなっている所があり，受震器が孔壁に圧着していない所もあった。**Fig. 4**

で深さ 17 m の trace がそれである。これはポンプで水を送るときに、水槽の目盛で水の減った量を確認する事によりわかる。このような所では、記録上で later phase の振巾が大きくなりおさまりにくい。

試作器械の組立上のちょっとした手違いのため、実験途中水もれが生じ、hydrophone 部分については signal に交流ハムが生じ失敗であった。

試作した孔中受震器の測定可能深度は 200 m までであるが、今回の実験では 44 m までである。

記録および測定結果

震源に用いた板、杭は孔口よりそれぞれ 3.5 m, 30.6 m のところに置かれている。測定された記録を深さの順にならべたものが Fig. 4 に示されている。板たたきの記録については transverse 成分の trace で SH 波、杭打ちによる記録では、longitudinal 方向に対応する水平成分の trace で P 波、SV 波、および途中の層で P 波から S 波に変換される波が伝播する様子がわかる。

既製の 3 m 間隔、12 成分の hydrophone を用い、雷管震源による tube wave (以下 B 波とよぶ)、P 波の検層も行い、これらの記録から Fig. 5 のような走時曲線が得られた。

また、電気比抵抗検層も行い、これらの結果をまとめて Fig. 6 に表わした。

これらの、直接の S 波測定以外の物理検層との併用は、検層の精度を高める事以外に、より簡単な間接的な S 波検層の開発を指向している。これは、狐崎によって提唱され、通常の小孔径のボーリングでは資料が集まりかけておりその有用性が実証されつつある。^{4), 5)} しかし孔径の大きな孔では、比較データが少く相互の関連について論じるに到っていない。

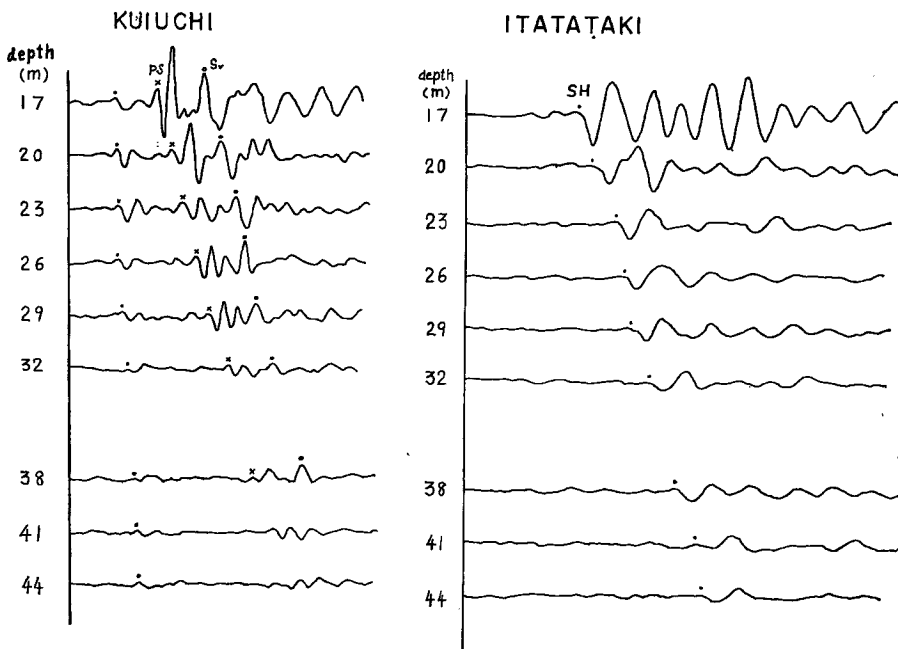


Fig. 4 Feature of S wave propagation. These are compiled by tracing the original records.

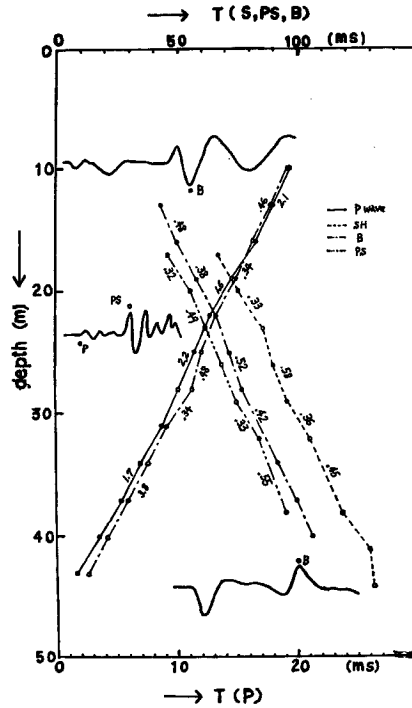


Fig. 5 Travel time curves of velocity loggings.

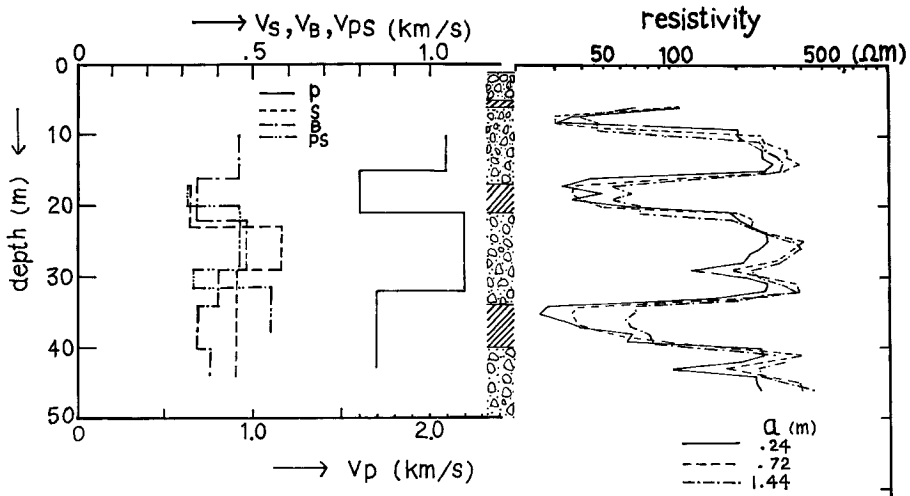


Fig. 6 Experimental results of velocity loggings illustrated in comparison with specific resistivity logging.

結 語

S 波測定の有効性あるいは限界を立証し、これを利用しようとするれば、正しい S 波の測定がなされねばな

らないし、data の数が多くなければならない。それには、屈折法の探査だけでは不十分であり、S 波の検層を行う機会を増すよう努力しなければならない。

S 波検層以外に borehole wave, 比抵抗検層を行うのは、1 つには S 波そのものの性質と媒質の物理的要素との関係を知るための資料を得るためであり、1 つには実用的な立場からである。S 波検層の精度を高めるための補助的な手段としてだけでなく、間接的な S 波測定法としての方法を確立する事を目指している。比較的機会の多い水井戸さく井工事を利用して、S 波速度検層および他の物理検層を行う事により、有用な資料が蓄積させる事を期待している。さらに、測定深度が深くなるにつれて、孔中 S 波震源の開発が必要になってくる。

謝 辞

試作機の部分々々の工作は、京大防災研究所の小林年夫技官にいただいた。氏の労と設計上の適切な助言に対し心から感謝します。

検層実験に際しては、筆者らの実験計画を聞き入れて協力していただいた上林さく泉株式会社の方々、および現場作業につき合って下さったさく井技術者の室住氏に深くお礼申し上げます。

実験期間中夜おそくまで作業に協力していただいた、京都大理学部竹内文朗氏に深く感謝の意を表します。

また、計画の段階では京大防災研究所地震動部門のみなさんの援助を得た。謹しんで謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 狐崎長琅・後藤典俊・岩崎好規：地震探査からみた京都盆地南部の地下構造とこれに関連した地震工学上の若干の問題，京都大学防災研究所年報，第 14 号 A，昭 46. 4，pp. 203-215.
- 2) 狐崎長琅：京大・宇治構内の地下構造と地震波速度分布，京都大学防災研究所年報，第 13 号，昭 45. 3，pp. 175-195.
- 3) 狐崎長琅：孔中固定式受震器による S 波の観測 (I)，物理探鉱，第 20 巻，第 1 号，昭 42. 2，pp. 1-15
- 4) 狐崎長琅：Tube Wave を利用した剛性検層法，物理探鉱，第 21 巻，第 4 号，昭 43. 8，pp. 7-18.
- 5) Kitsunozaki, C: Field-Experimental Study of Shear Waves and the Related Problems, Special Contr., Geophys. Inst., Kyoto Univ., vol. 11, 1971.