

# 地盤の弾性波速度検層方法

## Method for seismic velocity logging

### 1 適用範囲

この基準は、単一のボーリング孔を用いて、地盤内を伝播する弾性波（P波及びS波）の速度を測定する方法について規定する。対象地盤は、軟弱地盤から岩盤までのすべての地盤とする。検層方法の種類は、表1に示す2種類とする。

表1 - 検層方法の種類

呼び名	起振位置	受振位置
ダウンホール方式	地表	孔内
孔内起振受振方式	孔内	孔内

### 2 引用規格・基準

なし。

### 3 用語及び定義

この基準で用いる主な用語及び定義は、次による。

#### 3.1

##### 弾性波速度

弾性体を弾性波動が伝播する速さ。地盤を伝わるP波（縦波，疎密波）及びS波（横波，せん断波）の速さ。

#### 3.2

##### ダウンホール方式

地表で起振してボーリング孔内で受振する検層（測定）方法。

#### 3.3

##### 孔内起振受振方式

ボーリング孔内で起振及び受振する検層（測定）方法。

#### 3.4

##### 走時

弾性波が起振点から受振点まで伝播するのに要する時間。

#### 3.5

##### 走時曲線図

横軸に時間，縦軸に深さを取って，各測定深さに走時をプロットしたグラフ。

### 4 検層装置及び器具

#### 4.1 検層装置

検層装置は、次による。

- a) **受振器** 地盤の振動を感知し、電気信号に変換する装置。受振器は、検層方式に応じて表 2 に示す成分数を 1 組として使用し、孔内起振受振方式では、2 組以上の受振器を有すること。

表 2 - 受振器の必要成分数

受振器	ダウンホール方式	孔内起振受振方式
P 波受振器	上下動 1 成分	上下動 1 成分
S 波受振器	水平動 2 成分	水平動 1 成分

注記 1 ダウンホール方式の P 波受振器として、ハイドロフォンを使用することもある。

- b) **記録装置** 受振器からの電気信号を適切な大きさに増幅し、波形として記録するための装置。目的に適合した周波数特性を有するもので、記録長やサンプリング間隔が設定できるものを用いる。

注記 2 記録長は、波形を収録する時間の長さのことであり、走時を読み取るのに十分な長さに設定する。

注記 3 サンプリング間隔は、波形を A/D 変換する時間の間隔のことで、走時を読み取るのに十分短い時間間隔に設定する。

注記 4 フィルタやスタッキングなどの機能を有するものが望ましい。

- c) **起振装置** P 波または S 波を発生させるための装置、及びこれに付属する器具類。目的に応じて表 3 に示すものを用いる。

表 3 - 主な起振装置

呼び名 振源	ダウンホール方式	孔内起振受振方式
P 波振源	ハンマーによる打撃、重錘落下、火薬類、エアガンなど	電磁ハンマー、スパーカー、圧電式など
S 波振源	板たたき、機械式など	電磁ハンマー、圧電式など

- d) **検層ケーブル** 受振器からの電気信号を記録装置に伝えるもの。

注記 5 手動または電動でケーブルを巻き取る装置を用いる場合もある。

- e) **ゾンデ** 検層ケーブルの先端に取り付けて、孔内に挿入する受振器などを組み込んだ装置。

- f) **シーブ** ボーリング孔内で、検層ケーブルを介してゾンデを昇降させるためのガイドリール。

注記 6 シーブには、深さ測定のために検層ケーブルの移動長さを測定するパルスエンコーダを取り付けた装置もある。

- g) **深さ測定装置** 測定地点の深さを測るための装置。深さの測定には、目盛りを付けた検層ケーブル、シーブやケーブルウインチの回転数から深さを測定する装置などを用いる。

- h) **起振時検知器** P 波または S 波を起振した瞬間を検知して、記録装置に起振時を伝える装置。

- i) **圧着装置** ゾンデを孔壁に圧着させる装置。

注記 7 ガス圧または電動によってゾンデを孔壁に圧着させる装置であり、地表に置く駆動装置、

圧力を伝送するホースや電気コード類、及びゾンデに取り付けた圧着機構で構成される。

j) **電源** 検層装置を駆動するためのバッテリーまたは発電機など。

#### 4.2 ダウンホール方式

ダウンホール方式は、記録装置、起振装置、受振器、検層ケーブル、深さ測定装置、起振時検知器、及び圧着装置から構成される検層装置を用いる。

**注記 1** ダウンホール方式に用いる検層装置の構成例を図 1 に示す。

**注記 2** ある一定の間隔でいくつかの受振器が連なる多連式のゾンデを用いることができる。

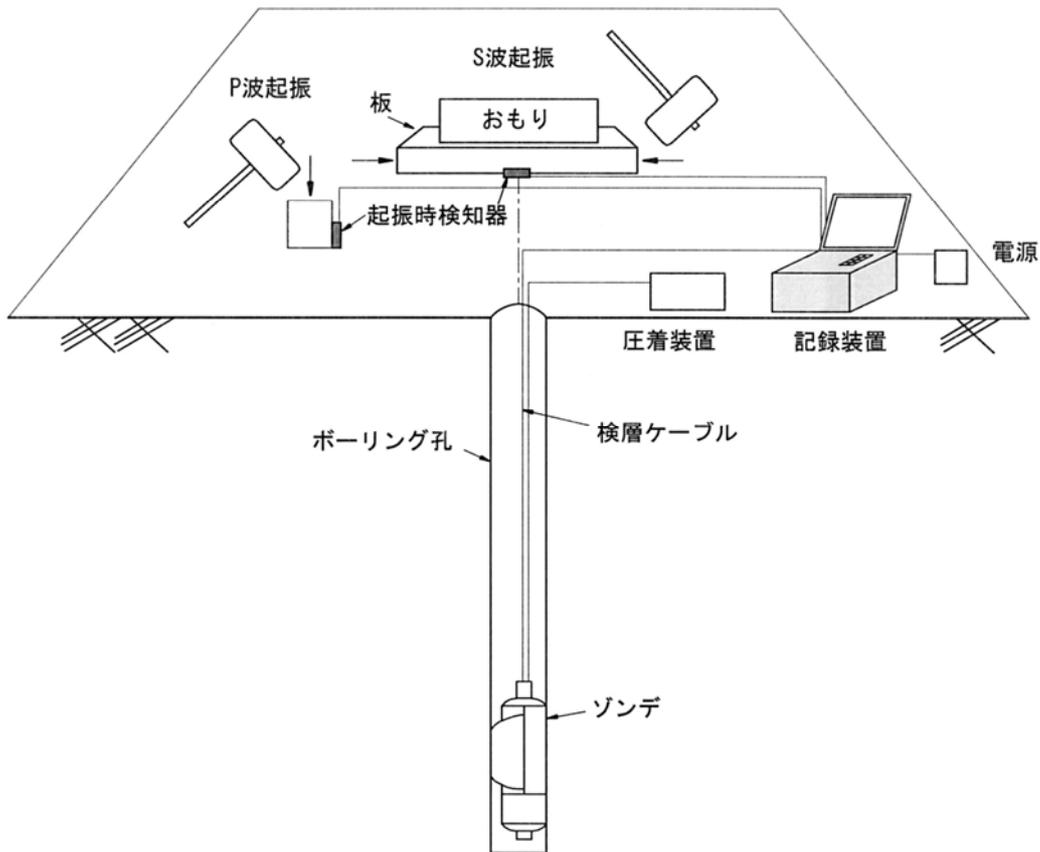


図 1 - ダウンホール方式の検層装置の例

#### 4.3 孔内起振受振方式

孔内起振受振方式は、記録装置、起振装置、受振器、検層ケーブル、シーブ、及び深さ測定装置から構成される検層装置を用いる。

**注記 1** 孔内起振受振方式に用いる検層装置の構成例を図 2 に示す。

**注記 2** ゾンデの昇降時には、ケーブルウィンチを用いることが望ましい。

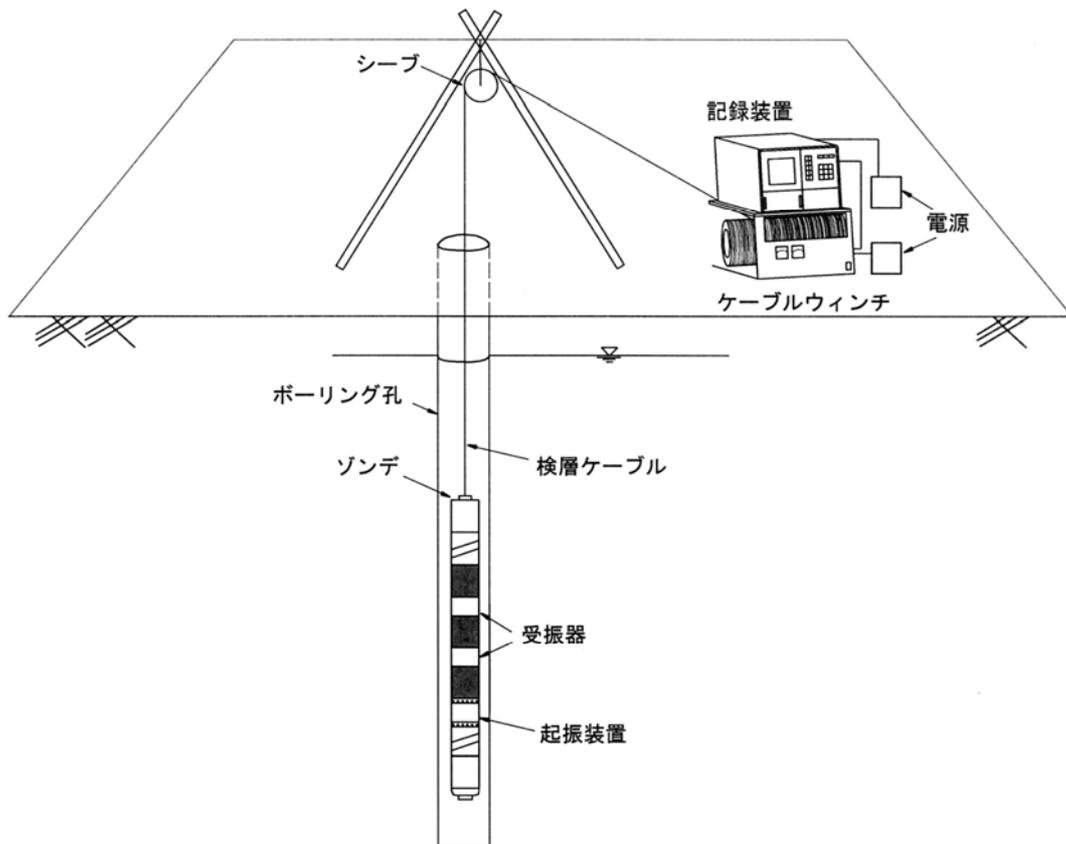


図 2 - 孔内起振受振方式の検層装置の例

## 5 検層方法

検層方法は、次による。

### 5.1 共通事項

#### 5.1.1 準備

ダウンホール方式と孔内起振受振方式の準備は、次による。

- 孔内状況の事前確認を行い、孔内水位や孔径、ゾンデが所定深度まで安全に挿入できることなどを確認する。
- 目的に応じた受振器及び起振装置を選定して、検層装置を準備する。

#### 5.1.2 測定

ダウンホール方式と孔内起振受振方式の測定は、次による。

- 所定の深さにゾンデを設置する。
- 記録装置の増幅利得、記録長、サンプリング間隔などを、走時を読み取るのに適切な設定に調整する。
- 各起振ごとの測定深さを記録する。
- 起振装置を用いて P 波及び S 波を発生させ、所定の深さにおける P 波と S 波の波形を測定し、記録する。
- 測定ごとに P 波及び S 波の波形の確認を行う。

**注記 1** 波形から走時の読み取りができないと判断される場合は、再測定する。

**注記 2** ノイズ状況などを確認して、必要に応じてフィルタ処理やスタッキング処理、及び起振力の調整を行う。

f) 測定深さを変えて、a) ~ e)の操作を繰り返す。

## 5.2 ダウンホール方式

### 5.2.1 準備

ダウンホール方式の準備は、次による。

- a) 孔内状況の事前確認は、次の項目について確認し、記録する。
  - 1) 地表に設置した振源とボーリング孔口との水平距離、及び高低差
  - 2) ボーリング孔内水位
  - 3) 掘削孔径
  - 4) ボーリング孔壁保護の状況
- b) 起振装置を設置する。

**注記** P波振源として火薬類を使用する場合は、関係法規を遵守すること。

### 5.2.2 測定

ダウンホール方式の測定は 5.1.2 によるほか、次による。

- a) 所定の深度に降下させたゾンデを、孔壁に圧着させる。

**注記** P波のみの測定の場合、孔内水があれば、受振器を孔壁に圧着させなくてもよい。
- b) S波の起振は、左右両側から交互に打撃して行なう。
- c) 測定間隔は、土質を対象とする場合には、 $1 \pm 0.1\text{m}$ 、岩盤を対象とする場合は、 $2 \pm 0.2\text{m}$  を標準とする。
- d) 波形収録は、起振時から開始するか、起振時の信号を波形と同時に収録する。

## 5.3 孔内起振受振方式

### 5.3.1 準備

孔内起振受振方式の準備は、次による。

- a) 孔内状況の事前確認は、次の項目について確認し、記録する。
  - 1) ボーリング孔内水位
  - 2) 掘削孔径
  - 3) ボーリング孔壁保護の状況

**注記 1** ゾンデの構造に応じた余掘りが必要である。

**注記 2** 孔内水のある裸孔区間で適用できる。

- b) 検層装置を組み立て、動作確認を行なう。

### 5.3.2 測定

孔内起振受振方式の測定は 5.1.2 によるほか、次による。

- a) S波を測定する場合は、左右両側から交互に起振して測定する。
- b) 波形収録は、起振時から開始するか、起振時の信号を波形と同時に収録する。
- c) 測定間隔は、受振器間隔と等しい間隔とし、 $1\text{m} \pm 0.1\text{m}$  を標準とする。

## 6 検層結果の整理

### 6.1 共通事項

収録した波形から走時を読み取り、走時と深さの関係を図示して、速度層境界の決定及び速度の算定

を行う。

**注記** 速度層境界の決定及び速度の算定に際しては、ボーリング柱状図など他の試験結果がある場合には、参考にすることが望ましい。

## 6.2 ダウンホール方式

ダウンホール方式の結果の整理は、次による。

### a) 記録の読み取り及び走時曲線図の作成

- 1) 深さごとに P 波及び S 波の走時を読み取る。

**注記 1** 図 3 に走時の読み取り方法を示す。

- 2) P 波の場合は、起振時から初動までの時間を読み取る。

**注記 2** 波形記録の立ち上がり部分を初動という。

- 3) S 波の場合も初動を読み取るが、初動の判別が困難な場合には、波形の山または谷の位置の時間を読み取る。

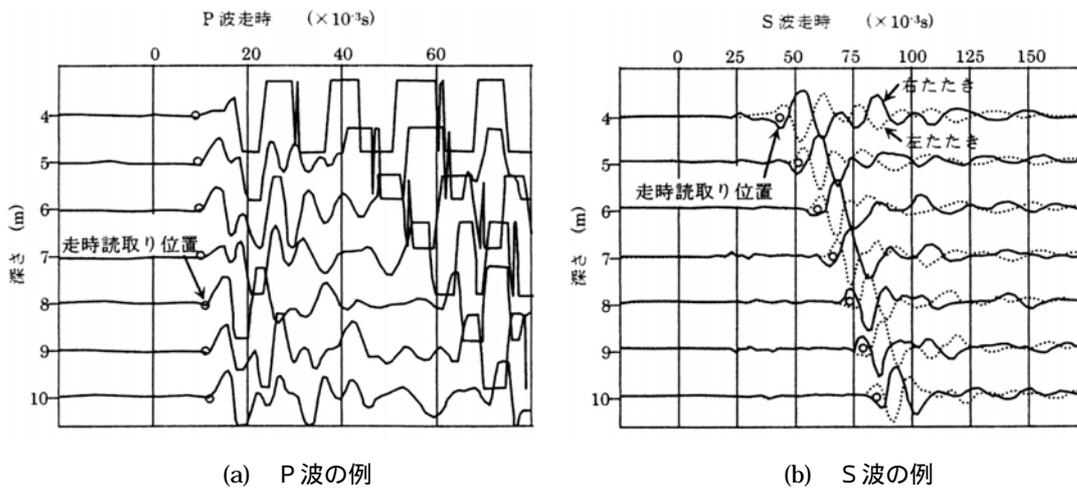


図 3 - 走時の読み取り方法 (ダウンホール方式)

- 4) 読み取った走時を横軸にとり、深さを縦軸にとって両者の関係を表す走時曲線図を作成する。

**注記 3** 図 4 にダウンホール方式の走時曲線図の例を示す。

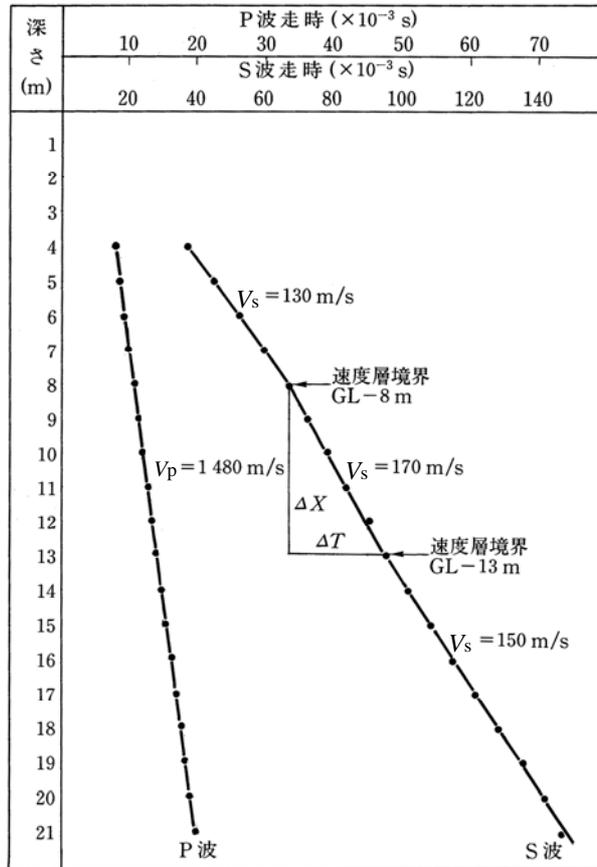


図4 - ダウンホール方式の走時曲線図の例

b) 速度層境界の決定及び速度の算定

1) 振源距離補正を行う。

**注記4** 図5に振源距離補正の求め方の例を示す。

**注記5** ボーリング孔から一定距離だけ離れた位置にある振源からの走時を、ボーリング孔直上の振源からの走時となるように補正を行い、速度を算定する。

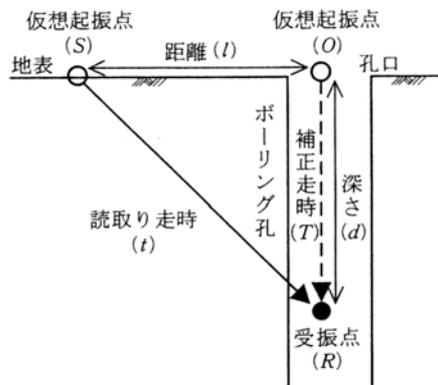


図5 - 振源距離補正の求め方の例

1122 : XXXX

- 2) 走時曲線の傾きが変化する深さをもって速度層境界とする。
- 3) 各速度層のP波またはS波の速度を次式で算定する。

$$V = X / T$$

ここに、 $V$  : P波またはS波の速度(m/s)

$X$  : 速度層の層厚(m)

$T$  : 速度層上面と下面における走時の差(s)

### 6.3 孔内起振受振方式

孔内起振受振方式の結果の整理は、次による。

#### a) 記録の読み取り及び区間速度の算定

- 1) 深さごとに、2組の受振器からP波またはS波の同じ位相の時間差  $T$ を読み取る。
- 2) 受振器間隔  $X$ を  $T$ で除して、区間速度  $V$  (m/s)を求める。

**注記1** 図6に走時の読み取り方法を示す。

**注記2** 図6の  $T_p$ はP波の走時差、 $T_s$ はS波の走時差を表わす。

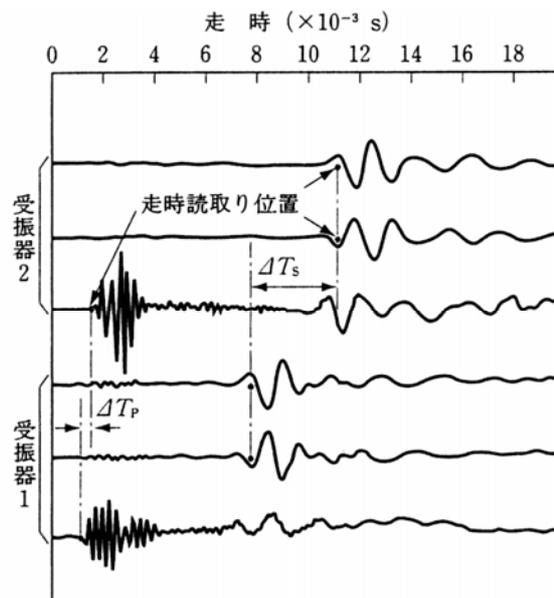


図6 - 走時の読み取り方法 (孔内起振受振方式)

#### b) 区間速度分布図の作成及び速度層境界の決定

縦軸に深さ、横軸に区間速度をとった区間速度分布図を作成して、速度層境界を決定する。

**注記3** 図7に孔内起振受振方式の区間速度分布図の例を示す。

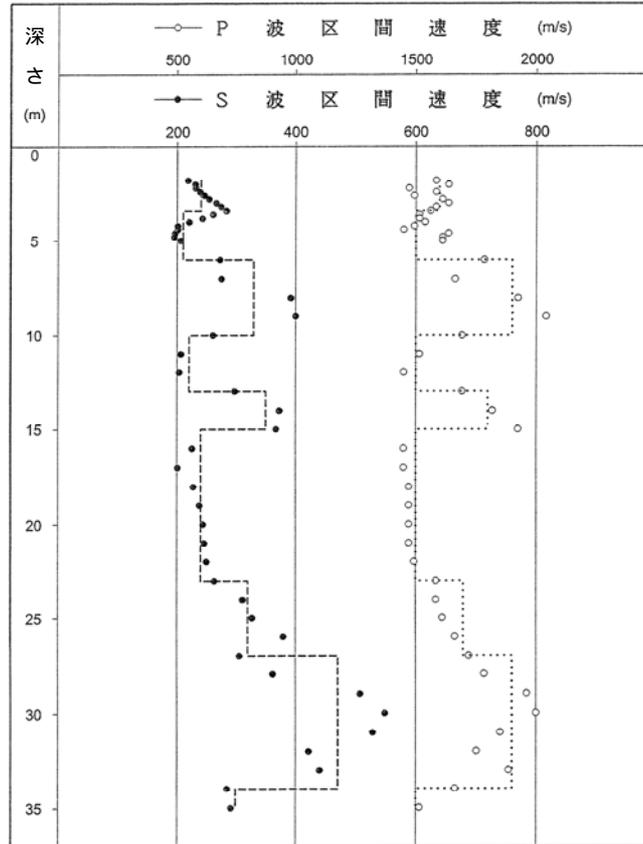


図7 - 孔内起振受振方式の区間速度分布図の例

## 7 報告

検層結果について次の事項を報告する。

- a) 測定地点の地名，番地及び調査位置図
- b) ボーリング孔に関する事項

**注記 1** ボーリング孔の番号，地盤高，ボーリング掘進長，孔径，孔内水位，及び孔壁保護の状況などを報告する。

- c) 測定に関する事項

**注記 2** 測定年月日及び測定深さの範囲などを報告する。

- d) 検層の方法及び検層装置の仕様
- e) 測定波形記録

**注記 3** 測定波形は深さ順に並べて一覧図とする。

- f) 走時曲線図あるいは区間速度分布図

- 1) ダウンホール方式の場合には，決定した速度を記載した走時曲線図。
- 2) 孔内起振受振方式の場合には，区間速度分布図。

- g) P波速度またはS波速度の速度層構成

**注記 4** ボーリング柱状図や他の試験結果がある場合，同一図面上に図示することが望ましい。

- h) この基準と部分的に異なる方法を用いた場合にはその内容
- i) その他特記すべき事項