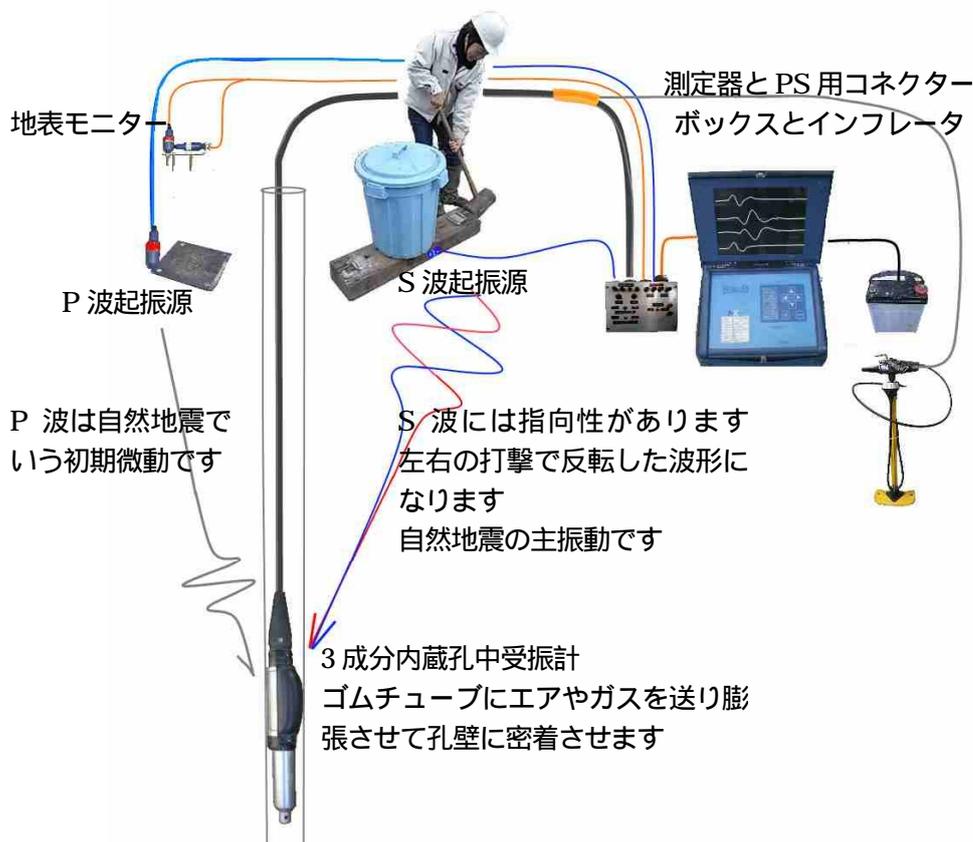


図解_PS 検層（ダウンホール法）

ボーリング孔を用いて地層のP波（疎密波）とS波（せん断波）の速度を測ります。

ボーリング孔に孔中受振計を既定の深度に設置します（土質では1m毎、岩盤では2m毎が標準です）。深度毎に地表面にて＜P波は鉛直打撃、S波は水平方向に振源板の左右を打撃＞起振します（1深度につき最低3回。S/Nが悪い時は打撃を複数回繰り返します）。

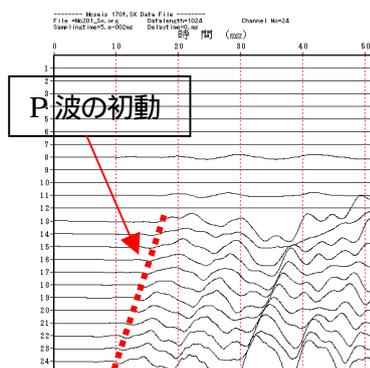


孔中受振計、地表モニター受振計をPS検層用コネクターボックス（スイッチング回路）を介して測定器に接続します（入力を分岐させることで測定器のモニター上で波形確認が行えます）。

なおPS起振のトリガー切り替えもPS検層用コネクターボックス上で行います。

孔中受振計には水平方向にX、Y、鉛直方向にZの3成分が内蔵されています。

なおP波には水圧を感知する高感度なハイドロフォンという受振計もあります。モニターのものは1mピッチ12成分で同時に11m分の波形が収録可能です。



ハイドロフォンを用いた波形ファイル例

前半の8chはP波地表モニター、11chはS波左打撃地表モニター
13~24chがハイドロフォンによる孔中受振波形（若いチャンネルが深度”+”方向となる）

PS 検層で大きなファクターを有するのが振源の設定です。よい波形はよい振源からしか生じません
 特に S 波は左右（孔口に向かって）の波の反転が明瞭でなければ現場で判断がつかません。
 モニーでは S 波振源板の位置、固定、密着こそがその重点と考えています。
 最大限の荷重（水槽、車、ユニック車のアウトリガー、ボーリングマシン架台へのジャッキアップなど様々）
 と複数のスパイク打設による振源等を用いています。なお現在はスパイクと荷重の併用が主です。

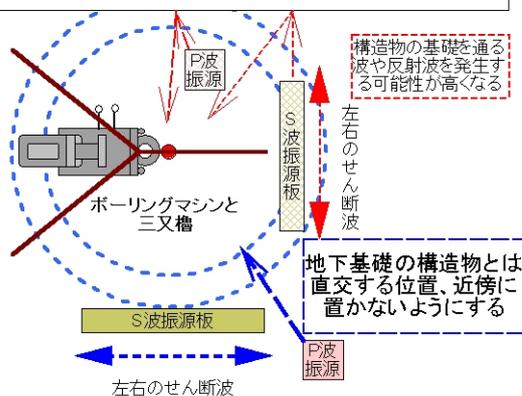
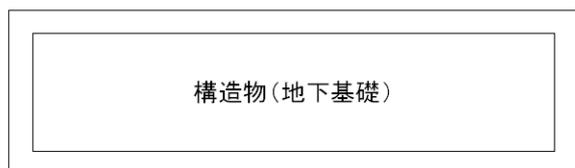


車載荷重 (深度 100mまで可) ポリタン荷重 (深度 20mまで、人も載る) ジャッキ荷重 (板とジャッキ間に免振ゴム)

P 波振源は鉛直方向に打撃を加えます。
 S/N が悪い時は振源のエネルギーを大きくするために起振機、火薬類を使用することもあります。

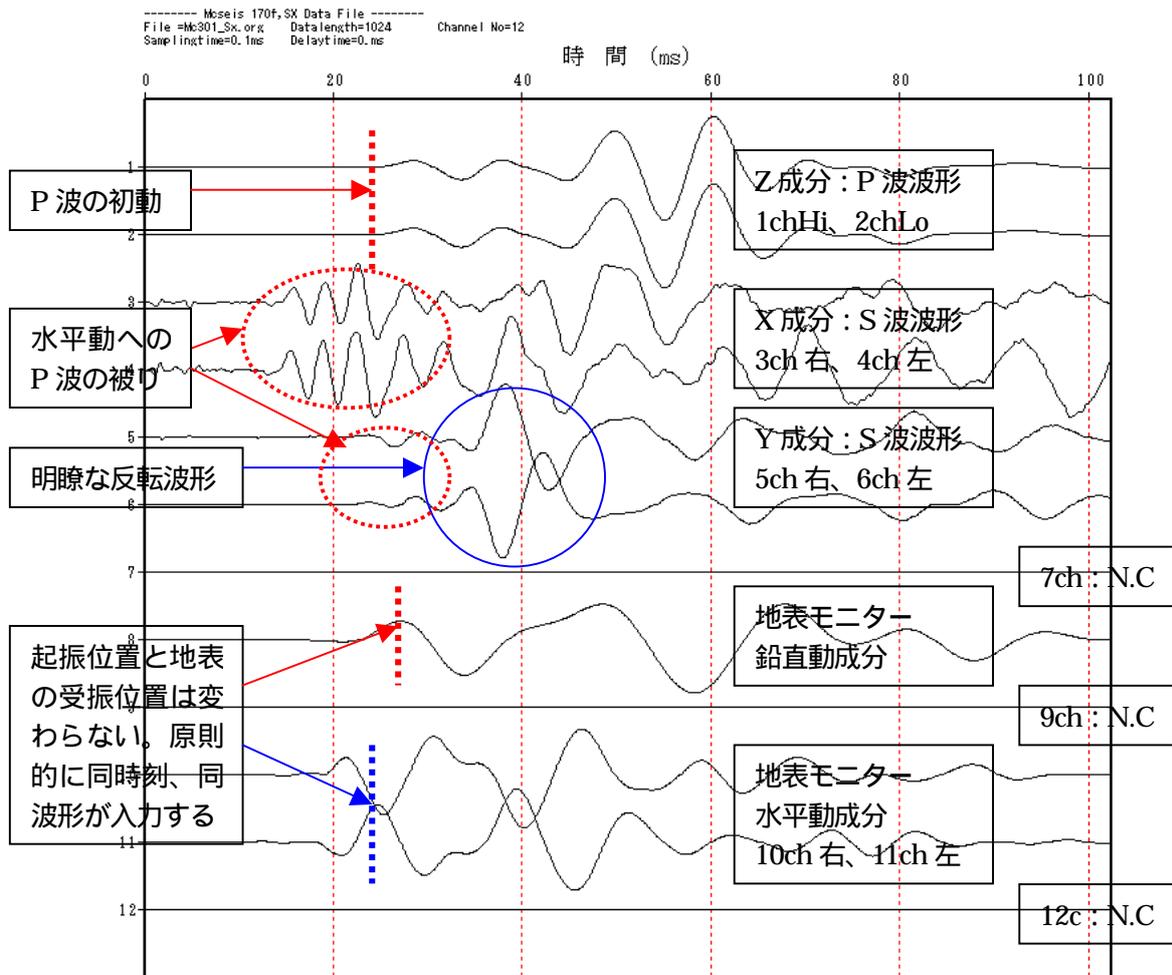


カケヤ打撃 (ほとんどの現場) ドロップヒッター (100v 電源が必要) 低振動破碎薬 (場所は限定、高コスト)



振源の設置場所

振源位置は離れすぎると到達する弾性波が直接波ではなく屈折波となることがある
 深度 20m程度であれば 2m以内、深度 100m までの孔でも 5m以内に設置する
 S 波振源板は孔を中心とする円の接線に置く
 地形、近傍の建屋、地下構造物、埋設物、地質の走向にも配慮する



1 深度=1 ファイルの収録波形例 (Ch 毎の最大振幅に合わせた波形)

注：P波とS波の収録サンプリングはデータ収録時、P：100 μ sec、S：200 μ secに変更しています。
 記録長は1024ワードです。計測する最深部の初動波形が真ん中に来るように設定します。
P波速度はおおよそS波速度の1.5~4倍程度なのでサンプリングを変えると波形確認が容易です。
 上掲の波形ではノーマライズ処理を行っているため1、2チャンネルのデータは同一波形。

収録データは以下の処理を行い解析を行います。

深度毎に波形を整列させます。

P波波形はZ成分を S波波形はXまたはY成分を選択、または合成処理を行います。

地表モニターで起振時間のずれを補正します。

P波の初動を読み取ります。

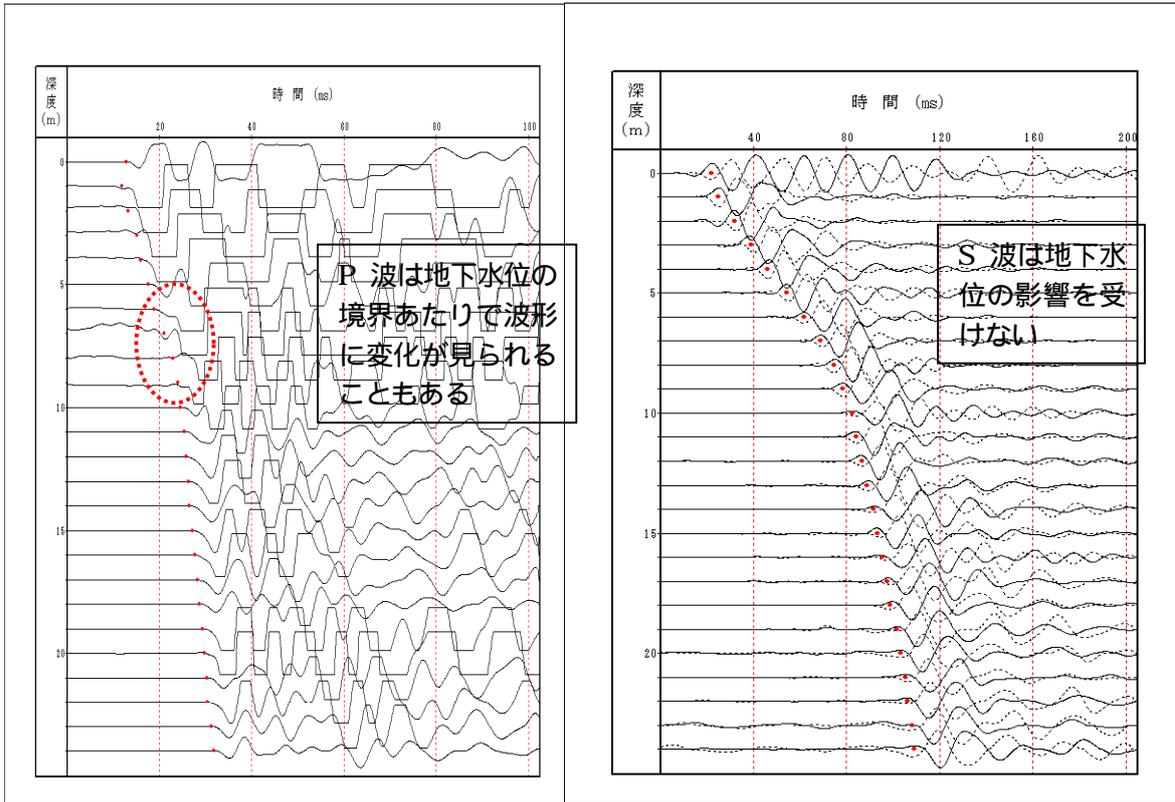
S波は左右反転の波形を確認しながら初動、または同様な位相を読み取ります。

深度毎、読み取り時間を振源位置と受振深度との斜距離を元に時間補正します。

折れ点間の各時間の分散から最小二乗法を用いて、傾き = 速度を決定します。

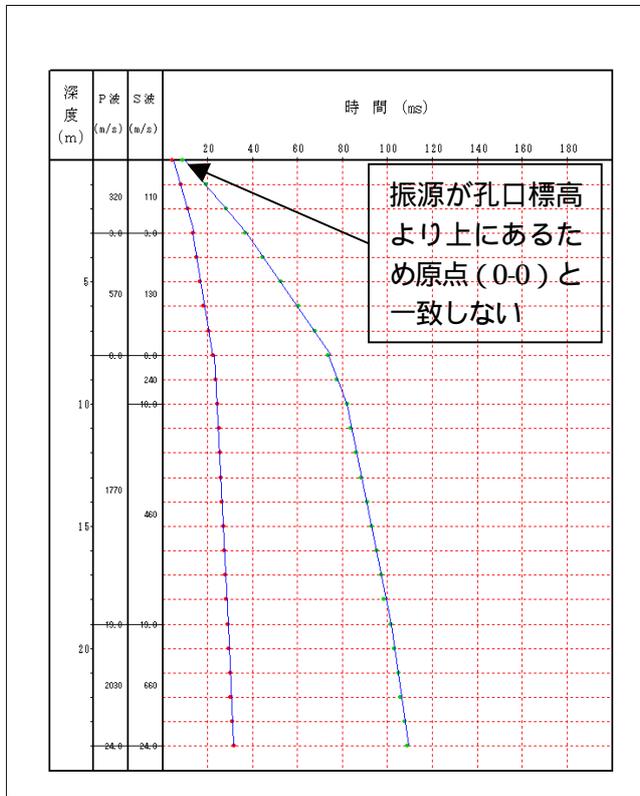
ボーリング孔の地質柱状図、N値との相関を勘案して速度層の境界を決定します。

ボーリングコアの室内試験や密度検層から地質の密度値を得て、動弾性定数を算出します。



PS 検層の波形記録 (左:P、右:S)

縦に深度軸、横に時間軸のグラフを作成します。傾きが速度、折れ点が速度層境界となります。1mピッチであれば速度層の境界は0.5m単位で解析が可能です。



PS 検層速度走時図

S波にはN値と良い相関があります。ただし礫層のN値には注意が必要です。多くは地質の境界で地盤速度の変化がみられます。

P波は地下水以深で水の速度(1.48km/sec)以上の速度が測定されます(孔内水ではなく飽和した層)。地下水は、ガスを含む事があり水の速度を切ることもあります。特に河川の流域、埋立地などで有機物を帯する層では顕著です。