

実習「地震をみよう」

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-07-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 土屋, 光永 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00025449

実習「地震をみよう」

土屋 光 永*

1. はじめに

「地震」は、現在の高校地学の中では、地球物理分野の大きな教材の一つであり、現実に行われている地震の学習は、震度階級、マグニチュード、地震動の性質、地震発生のしくみ、地震活動の分布および震災と予知などが中心になっている。しかし、「地震」という分野は興味を持たせ易い分野ではあるのだが、どうしても話だけで終わってしまいがちな所があり、もう少し科学的に理解してほしいという気持ちをいつも持つところである。特に、地震波のP波、S波、表面波など、さまざまな波を十分理解させることは困難であった。

本文は、上記の困難を解消するため、私立芝高校（東京）の菊池康浩氏を講師に、静岡県高等学校理科教育研究会西部支部地学部会と共催で行った実習「地震をみよう」（'88. 2. 21）の報告である。

2. 実習の目的

この実習では、地震計とシンクロスコープを用いて地震波を目で見えるように工夫し、P波、S波を波形の違いにより理解させようとするものである。実習はいくつかのステップに分かれている。室内実験では、実験室の教卓上で打撃によって地震波を発生させ、振動源の打撃方向によりS波の波形が反転することからP波とS波を区別する。屋外実験では、グラウンドで同様の実験を行い、P波、S波を地震動として認識させる。さらに、振動源と地震計の距離を大きく取り、P波、S波の到着時間の違いから、それぞれの速度を計算することも行う。また、地震計の位置を変える（振動源の位置を変える）ことにより走時曲線を書き、地表面下の構造にまで眼を向けようとするものである。

3. 実習に必要な機材

この実習では、特別な実験機材を使わず、手軽に実験を行うことも一つの特徴になっている。

(1) 振動源部分

教卓での実験：実験台を使用するため、台の一方の短辺に

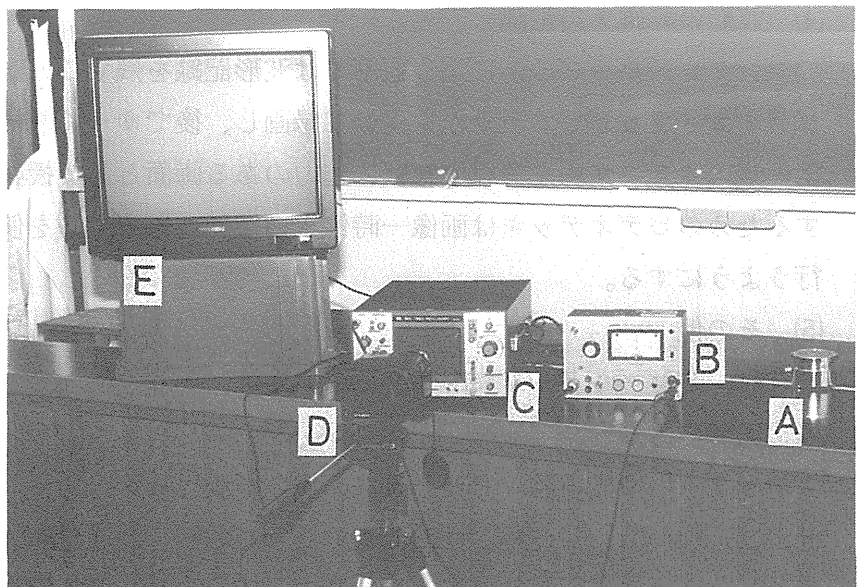


写真1 実験に使用する機材

A：振動センサー B：振動計 C：シンクロスコープ
D：ビデオカメラ E：ビデオモニター

* 県立磐田北高等学校

2 × 3 × 7 cm 程度の木片を2本の釘で打ちつける（木片のまわりにゴムまたはガムテープを厚くしたものを貼りつけておく）。打撃には、音叉たたき棒などを使用する。実験台は頑丈で重いものがよい。

グラウンドでの実験：長さ約1 m、10 cm 角程度の木材の杭を地表から打ち込んでおく。打撃には、かけや（木製の槌）を使用。

(2) 振動センサー（地震計）

伝わってきた振動の測定には、公害振動計（リオン社・VM 12-A 型）を用いる。これは、市役所、町村役場から借用した。この振動計は、X、Y、Zの3成分方向のセンサーを備え、検出した振動を電気信号に変換し、振動計本体で増幅している。また、切り換えスイッチによって検出したい方向のセンサーを選び、測定レンジで増幅率を決められるようになっている。測定の際は、ファンクションスイッチを振動加速度にして使用する。

屋外の実験においてP波、S波の速度を測定したり、走時曲線を書くためのデータを取る際に、振動源の打撃時刻を記録するショットマーク記録用の検出器が必要になる。これには、百円玉程度の大きさのセラミックマイクロホンと、かけやの打撃面の反対側に粘土をクッション材としてガムテープなどで固定しておく。

(3) 波形観察部

振動計からの出力波形の観察にはシンクロスコープを使用する。シンクロスコープは1チャンネルのものでもよいが、地震波の伝搬速度を測定するためには、ショットマークと地震波形の両方を記録するために2チャンネルのものが使用できると便利である。ペンレコーダーが使用可能な場合には波形の観察を記録紙上で行うことができ、測定記録として保存できるため、借用できる場合は使用するとよい。

(4) 波形の録画・再生部

シンクロスコープのみによる観察では波形記録を残すことができないため、波形観察時の画面をビデオカメラとビデオデッキを用いて録画し、後でゆっくり観察できるようにする。その際に、大型のビデオモニターを使用すれば、迫力のある画面として授業の効果をあげることもできる。再生するためのビデオデッキは画像一時停止の機能のあるものを使用し、静止画像として観察、解析を行うようにする。

(5) その他

巻尺、ビニールテープなどが必要である。

4. 実習の方法

ステップ1（室内実験でP波とS波の違いを調べる）

P波、S波がそれぞれ縦波、横波であることを説明した後、振動の様子を肉眼で観察する実験である。前述したように、振動計はX・Y・Zの三成分のセンサー出力の内、一成分を選択して増幅・出力するようになっているが、生徒の理解の妨げとならないように一成分のみ（たとえばX成分）を使用する。また、実験に入る前にセンサーの極性をチェックする。これは、センサーを直接打つことによって、センサーとそれを固定する実験台または地面がどのように動いたら、シンクロスコープではどの

ように表示されるかを確認することである。つまり最初の力の方向に対応するセンサーの動きが、シンクロスコープではどちら側（上、下）のピークになって出るかということである。

実験は、図1、2に示したように、センサーの振動感知方位と測線を一致させた場合と直交させた場合の両方の設定で行う。図中（A）は縦波であるP波、（B）、（C）は横波であるS波を発生させたことになる。

結果を写真2～7に示した。図1の実験では、

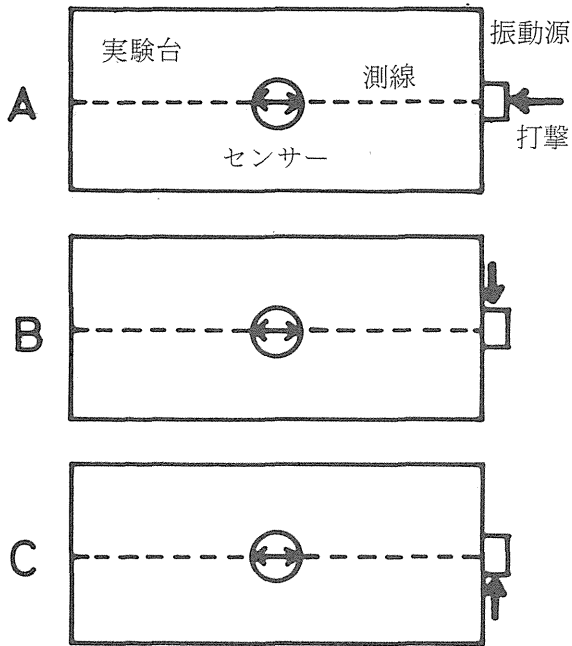


図1 センサーの振動感知方位と測線を一致させた場合

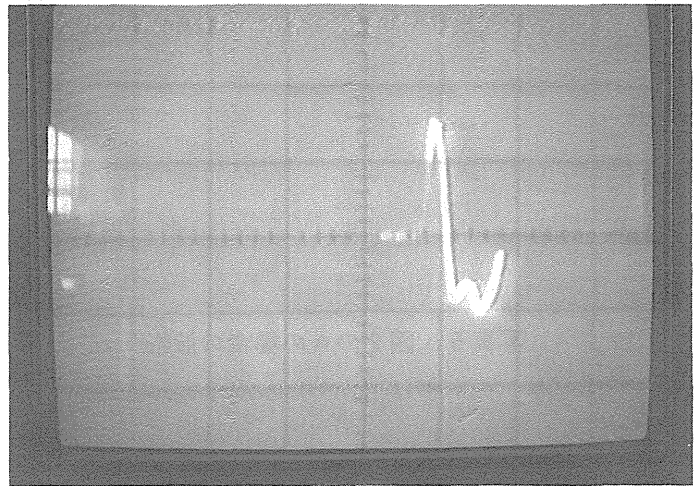


写真2 図1のAの場合の波形

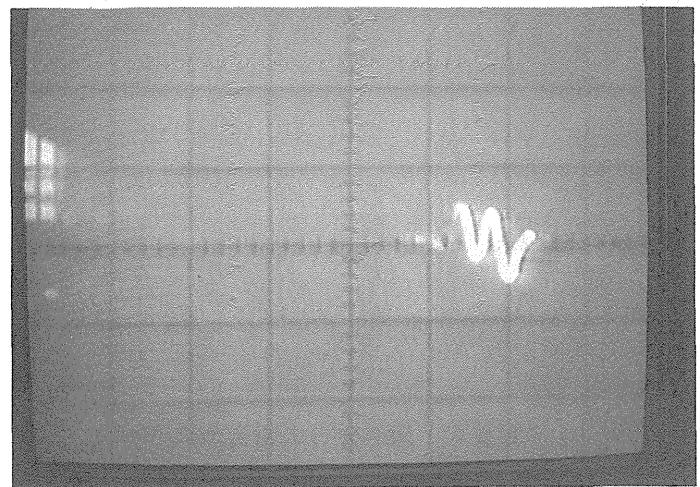


写真3 図1のBの場合の波形

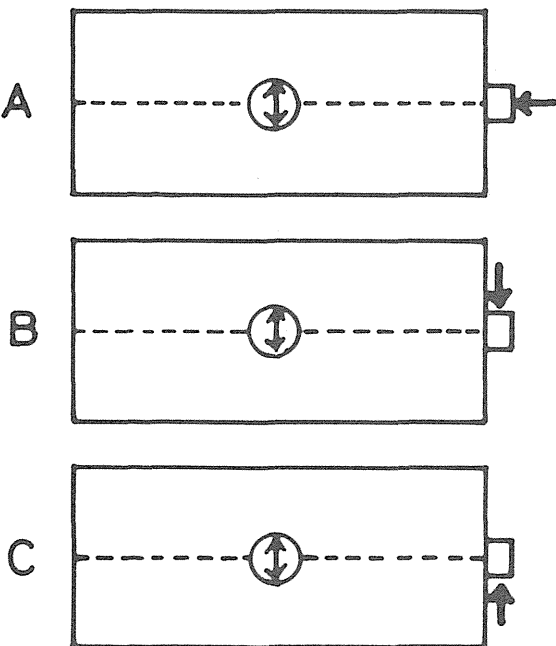


図2 センサーの振動感知方位と測線を直交させた場合

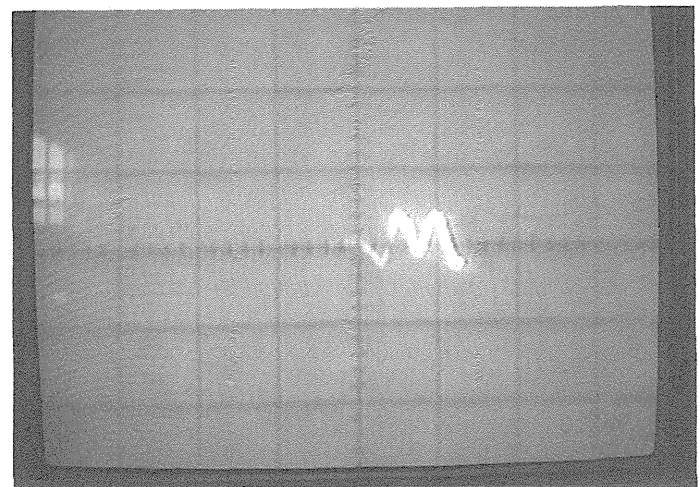


写真4 図1のCの場合の波形

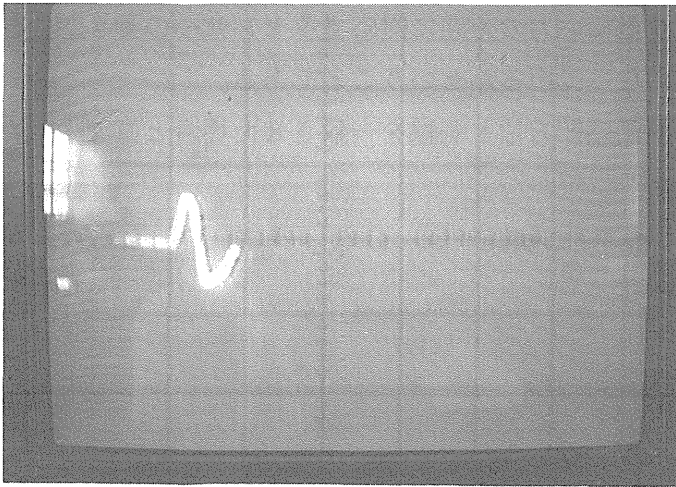


写真5 図2のAの場合の波形

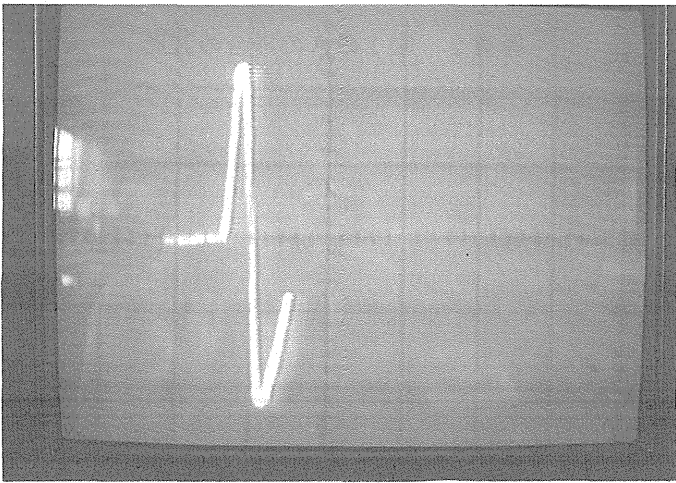


写真6 図2のBの場合の波形

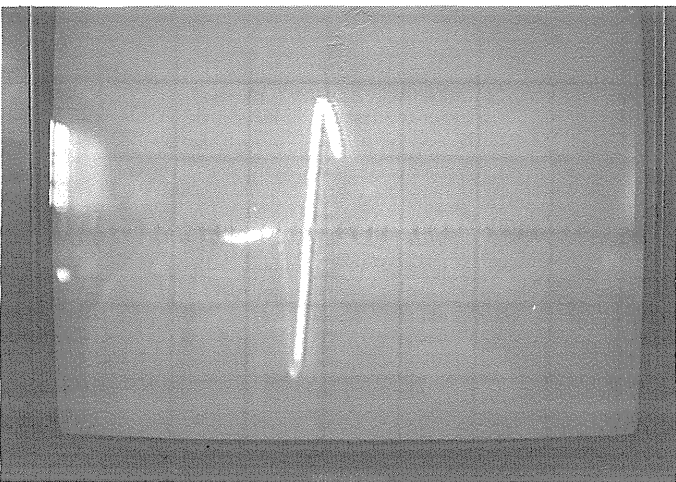


写真7 図2のCの場合の波形

(A)の場合に明瞭な波形が現れ、(B)、(C)、では振幅が非常に小さくなっている。図2の実験では、(A)の場合は振幅が小さく、(B)、(C)の場合に明瞭な波形が現れ、しかも互いに立ち上がり方向が反転した波形となっている。図1、2の(A)の実験から縦波であるP波を、図2の(B)、(C)の実験で見られる波形の反転という性質から横波としてのS波を見せることができ、波の進行方向に振動するP波、進行方向に直角に振動するS波を確認できることになる。

ステップ2 (野外の地盤上でP波、S波を確認、それぞれの速度を測定する)

ここで行う実験は、ステップ1において室内で行った内容を野外でも行い、実際に地盤の振動としての地震波を測定することによって、地震のイメージに重ねようというものである。従って、実験の手順はステップ1と同様である。振動源として、地面に打った木杭をかけやで打撃し、その振動を記録する。また、P波、S波の速度の計算は、かけやに固定したセラミックマイクロホンによって検出した打撃時刻を示す

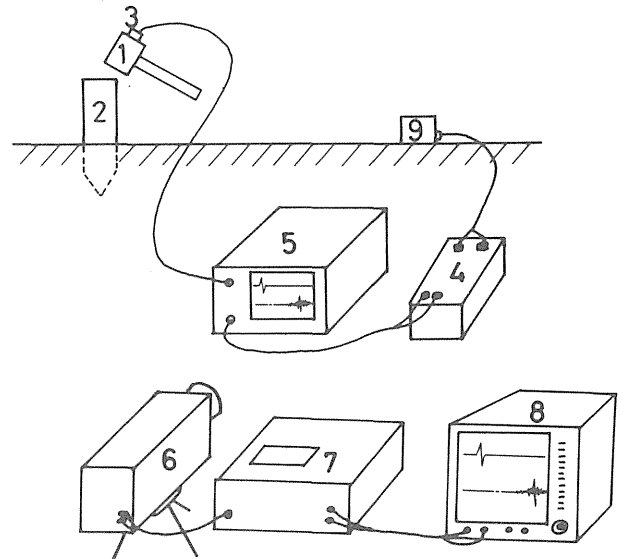


図3 実験装置の配置

図中の機材は、(1)かけや、(2)杭、(3)セラミックマイクロホン、(4)振動計、(5)シンクロスコープ、(6)ビデオカメラ、(7)ビデオレコーダ、(8)ビデオモニター、(9)振動センサー

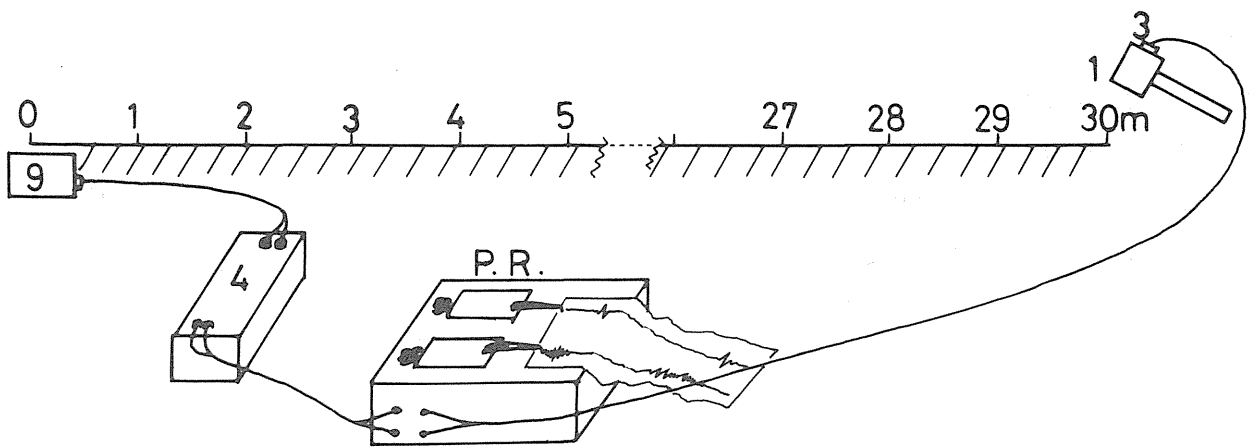


図4 実験装置の配置 (図中の機材番号は、図3のものと同じである。P Rはペンレコーダー)

ショットマークと、P波、S波の初動の到着時刻とのずれから求める。振動源とセンサーとの距離は、実験を行う地盤の性質にもよるが20 m程度離すと良い結果が得られる。実験装置の配置図を図3に示す。

ステップ3 (走時曲線を書く)

ステップ1、ステップ2では、地震波 (P波・S波) がどのような性質の波であるかを室内、野外で観察したが、ここでは次のステップとして、自分達の得た資料をもとに走時曲線を書き、さらには地盤の地下構造にまで眼を向けようというものである。

10~30 mの測線を用意し、一方の端に振動計のセンサーを置き(または、地中に埋め)、もう一方の端においてかけやで地面をたたく。この時、1 mおきにセンサーに近づきながら打撃を行っていく。この場合ペンレコーダーで地震波形を記録できれば良いが、ない場合でもシンクロスコープ画像をビデオカメラで撮影し記録すれば同様の実験ができる。ペンレコーダーを用いた実験装置の配置は図4のとおりである。図5は磐田北高校のグラウンドで測定した記録を、ショットマークの位置で左端を切りそろえて並べたものである。この記録をもとに各測点までの走時を読み取り、走時曲線を描くと図6のようになる。この走時曲線から、地表下の三層構造を読み取ることができる。

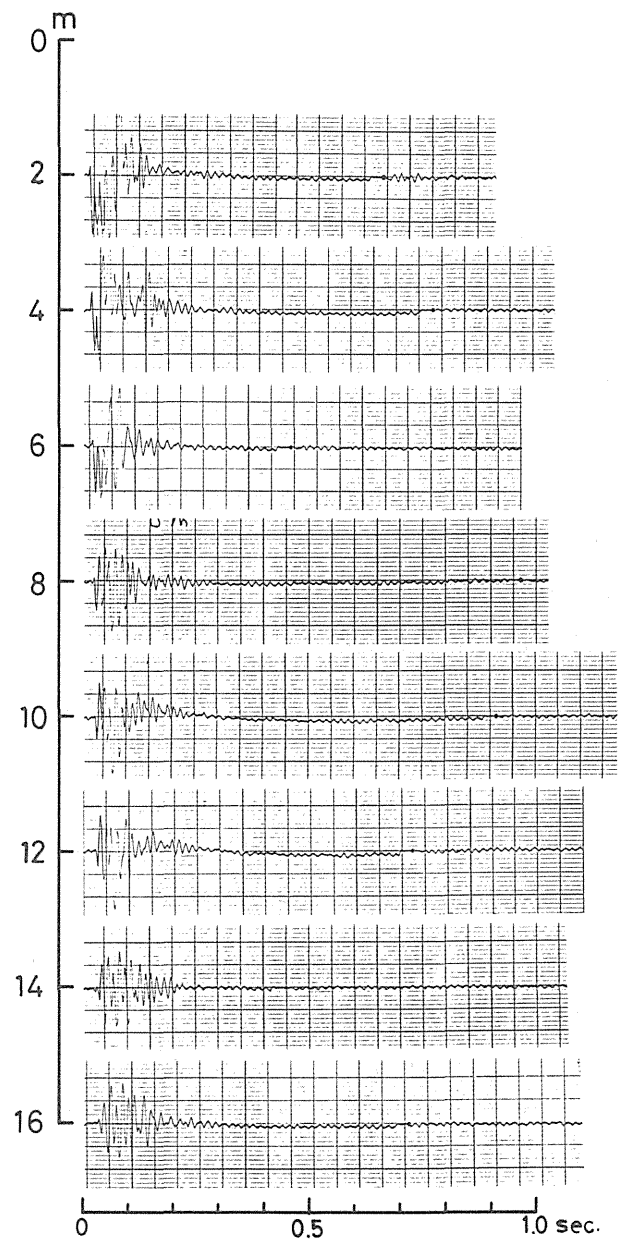


図5 地震波の測定記録
左端をショットマークの位置でそろえてある

これら3層をすべて水平層であると見なした場合、第1層は厚さ約1.5 m、P波速度は約390 m/s、第2層は厚さ約2.9 m、P波速度は約690 m/s、第3層の厚さは不明、P波速度は約1100 m/sと計算される。この模式断面図を図7左側に示す。図7右側は、実際のボーリング柱状図とN値である。

5. おわりに

生徒は、自分達の起こした振動が直接眼で見られることに興味を示す。モニターテレビに映し出された波形を一生懸命に見つめ、どちらに動くかを見ようとする。手軽であるために行っていた、バネを揺すって見せるだけの従来の実験では、これだけの興味を示すことはなかった。

この実習を通して、生徒が地震動に興味を持ち、さらには建物の振動特性の解析や自然地震そのものの探究へと、その興味を発展させていくことを期待したい。

今年度の磐田北高校の授業で本実習を取り上げたので、その時の生徒の感想を記す。

① 中学のときも地震波について勉強して、P波、S波がそれぞれ縦波、横波だということを聞いたけれどよくわからないところがあったが、高校で実験をして実際に地震波を見ることによって揺れ方の違いがわかった。

② S波は横波だから、反対からたたくと地面も反対に動くはずだと言われたが、実際にやってみて本当に反対に動いたので良くわかった。どの場所でもそうなるのか、私の家の近くでも実験してみたい。

③ 理科Iの授業で、地震波の伝わる速さからモホ面が発見されたと教わったが、学校のグラウンドで測ったら、それと同じようなことができたのですごいと思った。地震波の速さが毎秒1 kmもあるのにはおどろいた。

おわりにあたり、遠方よりおいで頂いた講師の菊池康浩氏に感謝する。また、快く公害振動計をお貸しいただいた磐田市市民安全課に感謝する。

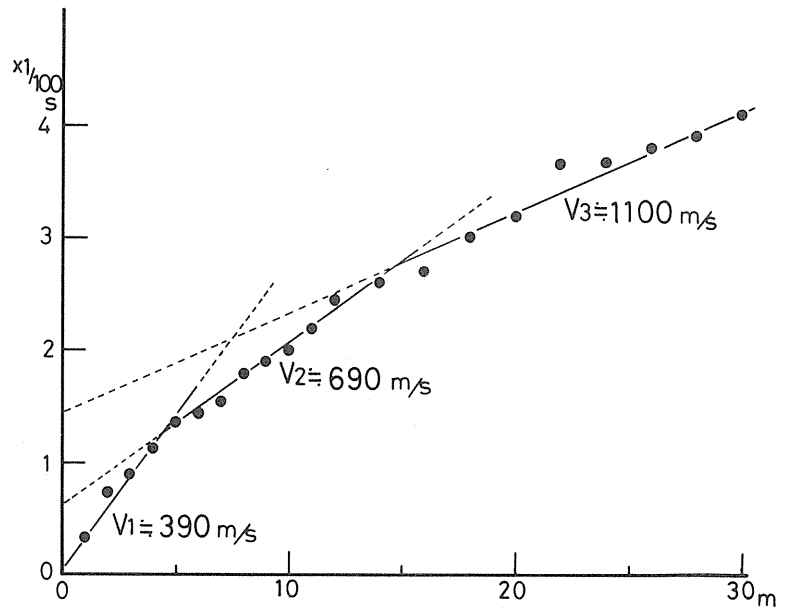


図6 地震波の測定記録から得られた走時曲線

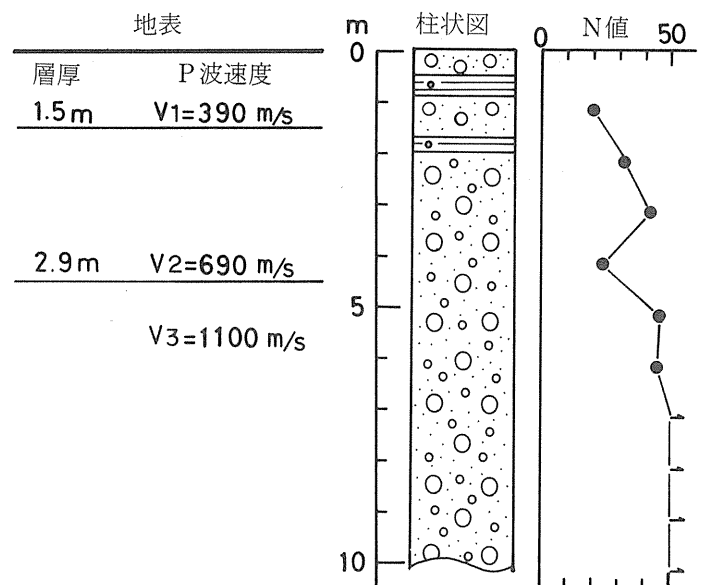


図7 走時曲線から求められた地下構造とボーリング柱状図