

I-431

地表面衝撃による地層構造の簡易推定法について

熊本大学大学院

学生員○田中博徳

熊本大学工学部

正 員 秋吉 卓

八代工業高等専門学校

正 員 洲田邦彦

1. まえがき 地層浅部の地層構造を調べるには、ボーリング調査、サウンディング調査、P・S検層などが有効であるが、非破壊で調べるには、実体波(S波)の屈折・反射現象を利用する弾性波探査法が用いられている。また最近では、地表面に起振機で正弦波を与えて表面波(レーレー波)を発生させ、レーレー波の波速の分散性およびS波の波速に近い性質を利用して、地層構造(S波分布)を決定する弾性波探査法(佐藤式)が提案され、実用化されている。本研究では、波動発生に1回の衝撃荷重を用い、2点で観測した波形をマルチフィルタ処理することにより、佐藤式と同様な取扱いができるかどうかを試みたもので、その途中経過を報告するものである。

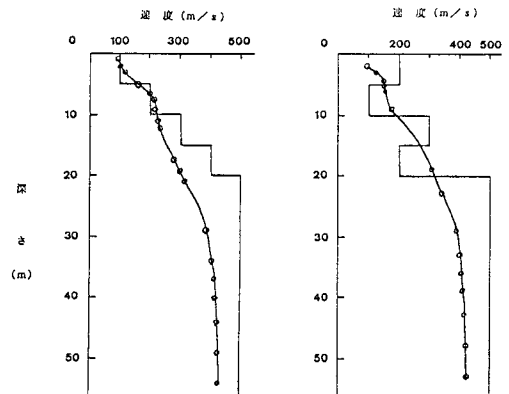
2. 解析手法の概要 Richartら¹⁾によると、半無限弾性体の表面上のフーチング基礎から地盤内に入射したエネルギー波は、P波・S波・レーレー波の組み合わせとなって伝播するが、振動源から十分離れた点の波動のエネルギーは、レーレー波が67%、S波が26%、P波が7%を分担し、全エネルギーの2/3がレーレー波によって伝達され、それだけレーレー波は実体波に比べて距離減衰が小さい。したがって、鉛直振動源からある程度離れた点で鉛直振動を測定したものは、ほとんどレーレー波を測定したことになり、これより層状地盤のレーレー波速度 V_R 、すなわち近似的にはS波速度 V_s が求められる。さらに野外実験の結果より、レーレー波の鉛直変位のエネルギー分布は1波長 λ の深さ以内に集中し、 V_s は平均的には深さ $D \approx \lambda/2$ の特性としようとした。この、発振・計測・解析のシステムを実用化したものが、佐藤式²⁾と呼ばれている。

そこで、Haskel³⁾の方法によって、5層地盤について、(a) V_s が深さとともに単調に増加するケースと、(b) 軟弱な挟み層を有するケースについて、レーレー波の1次モードの位相速度 V_R を求め、 $V_R \approx V_s$ としてこれを深さ $D = \lambda/4$ の位置にプロットしたものが、図1中の曲線である。この V_s (V_R) - D ($\lambda/4$)関係の曲線は分散曲線と同じ意味であり、これを最初に与えた V_s の分布(図中の階段状分布)と対比してみると、どちらのケースも平均的な分布を示していることが分るが、(b)のような軟弱な挟み層の変化にまでは追従できないようである。

3. 実験結果および考察 本研究では、フーチングの衝撃荷重による波動をマルチフィルタ⁴⁾で処理するので、起振機の振動数を変更する手間がはぶけ、一度の実験で済む利点がある。

図2は、衝撃荷重実験の概要を示すもので、左端のコンクリート・テストピースを落下させて衝撃波動を発生させ、ピックアップP1, P2での波形をデータレコーダに格納し、マイコンで処理した。

図3の上2つの波形は、それぞれピックアップP1, P2での同時記録である。これらの同時記録の $T = 2.56$ 秒間を0.001秒間隔のAD変換を行い、 $1/T = 0.4\text{Hz}$ ごとのマルチフィルタを通して、単一振動数での非定常波形を作るが、その一例が同図3、4段目の波形である。さらに両波形の到達時間差 Δt を5段目の相関関数の第1ピーク時刻より求めることにした。以上より、S波速度 V_s とその深さ D との関係を次式のように設定した。

(a) V_s 単調増加のケース

(b) 挟み層を有するケース

図1 仮定 V_s と推定 V_s との対比

$$V_s \approx V_R = L / \Delta t, \quad D = \lambda / 2 = V_R / 2f \quad (f: \text{振動数})$$

ただし、 V_R 、 λ ：レーレー波の伝播速度と波長、 L 、 Δt ：ピックアップ間の距離と波形到達時間差。

実験は、熊本大学理・工学部構内で行ったが、ここでは図4、5の2例を掲げている。両図左端の見取図中のB1～B4はボーリング資料が存在する点であり、計測地点に近いボーリング資料を推定S波速度分布の左右に並べて示している。これらの図より、推定S波速度の分布は、近傍のN値分布と比較的対応しているが、特に軟弱な挟み層がある場合もその特徴をよく示している。これらは、理論上で明確さを欠くが、実用性という点から評価すべきものであろう。その他の結果については講演時に述べる予定である。

参考文献 1) F.E. Richart他：Vibration of soils and foundation, Prentice-Hall. 2) 佐藤長範：起振機による地盤探査システム (Model-810)、ピーック株式会社。 3) 佐藤泰生：弾性波動論、岩波書店。 4) 亀田弘行：土木学会論文報告集、第235号、1975。

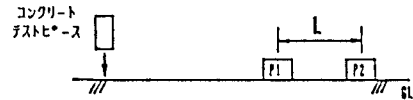


図2 地表面衝撃実験の概要図

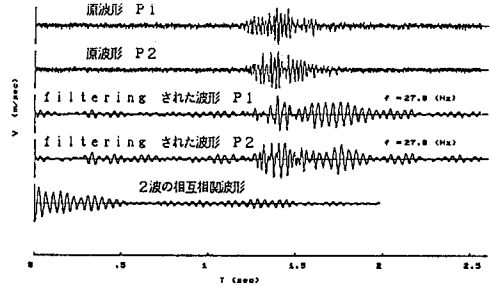


図3 2地点(P1, P2)の波形, フィルタリング, 相関関数

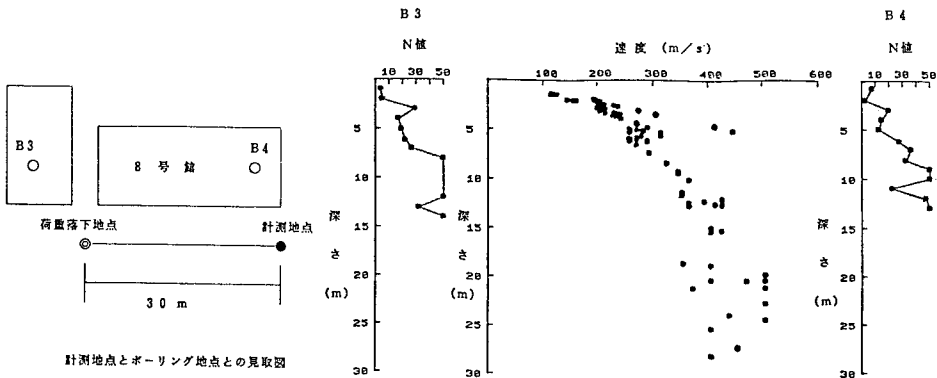


図4 推定S波速度分布(V_s)とN値分布との比較

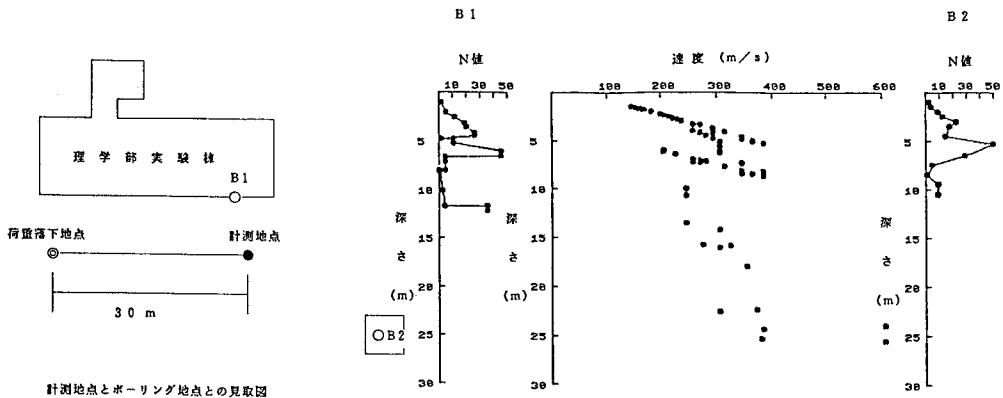


図5 推定S波速度分布(V_s)とN値分布との比較