

地表面衝撃荷重による地層構造の簡易推定法について

熊本大学工学部 学生員 ○田中 博徳
 熊本大学工学部 正 員 秋吉 卓
 熊本大学工学部 正 員 松本 英敏
 熊本大学工学部 橋本 佳明

1. まえがき 地盤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、佐藤式と呼ばれている地表面に起振器で正弦波を与えて表面波(レーレー波)を発生させ、レーレー波の波速が振動数に依存し、かつ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ーで処理することにより、佐藤式と同様な取扱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 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、振動源から十分はなれた点の波動の基本的特徴は、図1の(a)であるといわれている。すなわち、各波のエネルギー密度は振動源から距離とともに減少していき、その変位振幅は、実体波については、 $1/r$ (地表面付近では $1/r^2$; r = 振動源からの距離) に比例し、レーレー波については、 $1/r^{1/2}$ に比例して減少していく。この際の入射エネルギーの分配率は、図1の(b)に示されているように、レーレー波が67%、S波が26%、P波が7%であり、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、鉛直方向振源からある程度はな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、層状地盤では加振振動数に依存したレーレー波の伝播速度 V_R 、すなわち近似的にはS波の伝播速度 V_S が得られるとするのが佐藤式の提案である。

また、レーレー波の鉛直変位分布形は図2のようであるが、エネルギーは深さの1波長 λ 以内に集中し、この間の地盤の平均的性質は $\lambda/2$ のもので代表させられる、という米国での実験結果を採用すると、上述の $V_R \approx V_S$ の分布位置を設定することができる。

3. 実験及び考察 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ーで処理するので、起振器の振動数を変更するかわりに一度の実験で済む利点がある。図3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 P_1 、 P_2 での波形をデータレコーダーに格納し、マイコ

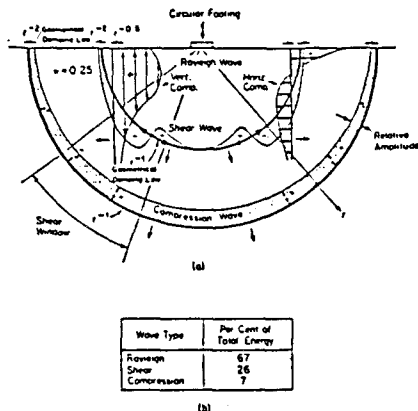


図1

等方均質半無限弾性体上の円形フーチング基礎から発生する波動の変位分布(参考文献1)

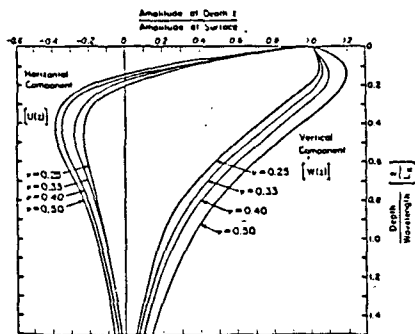


図2

レーレー波に対する深さ方向の振幅比(参考文献1)

ンで処理することにした。

図4の上2つの波形は、それぞれピックアップ P_1 、 P_2 での同時記録である。これらの同時記録の $T = 2.56$ 秒を 0.001 秒間隔のAD変換を行い、 $1/T = 0.4$ Hzごとのマルチフィルターを通して、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 $\Delta t(f)$ 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 は速度 V_s とその深さ D は、

$$V_s \doteq V_R(f) = L / \Delta t(f)$$

$$D \doteq \lambda / 2 = V_R / 2f$$

として定める。ただし、 V_R 、 λ ：レーレー波の伝播速度と波長、 L 、 $\Delta t(f)$ ：ピックアップ間の距離と波形到達時間差、 f ：振動数。

実験は、熊本大学理・工学部構内で行ったが、図5はその平面図の一部で、 B はボーリング調査点、 M は観測点で、衝撃加振点は未使用の観測点位置とした。観測点 M_1 、及び M_2 の N 値分布をそれぞれ断面 $B1-B3$ 、 $B2-B4$ から外挿して推定 V_s 分布と比較した。

熊本地方は、阿蘇火砕流堆積物と砂・れきが互層をなし、極めて複雑な層構造をなしていて、図6（観測点 M_1 の場合）に見るように、挟み層が存在する。図中には5ケースの処理結果をプロットしているが、実線はこれらの平均的な点を結んだものである。 V_s の変化は、傾向的には N 値分布に似ているが、深さ方向のズレはかなり大きい。しかしながら、これらの図に限って V_s の深さ方向の座標を 0.7 倍にすると、両者の分布は相当接近することが予想できる。

一方図7は、観測点 M_2 に関するものであるが、前図と同様にプロットの平均を実線で描くと、 N 値分布とはほぼ相似となり、深さの座標を 0.7 倍すると大体 N 値分布に近づくことがわかる。他の例についても整理中であり、講演時に報告する予定である。

参考文献 1) F.E. Richart 他：Vibration of soils and Foundations, Prentice-Hall.

2) 佐藤長範：起振器による地盤探査システム(Model-810), ビック株式会社。

3) 亀田弘行：土木学会論報, 第235号, 1975.3.



図3 地表面衝撃実験の概要図

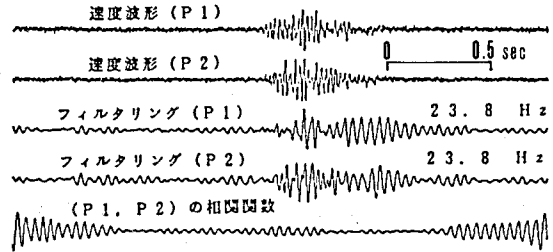


図4 2地点 (P_1 , P_2) の波形, フィルタリング, 相関関数

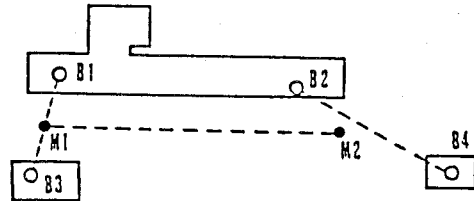


図5 振動観測点 (M) とボーリング調査点 (B) の見取図

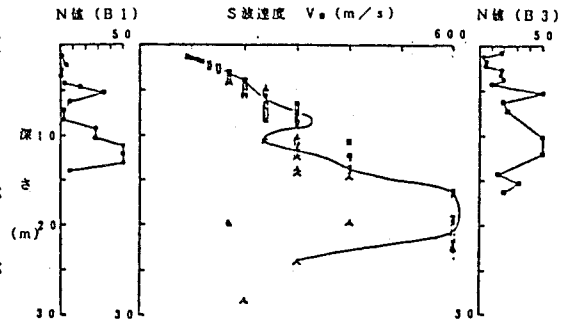


図6 観測点 M_1 における V_s 分布の推定

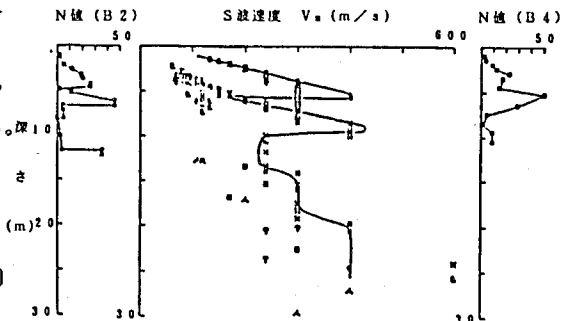


図7 観測点 M_2 における V_s 分布の推定