

I-716

観測地震波を用いた表層地盤の動的物性の同定例

熊谷組技術研究所 正会員 鈴木 猛康
熊谷組技術研究所 正会員 粕田 金一
熊谷組技術研究所 正会員 田中 港

1. はじめに

重複反射理論に基づく一次元地震応答解析コード"SHAKE"が、実地盤の地震応答を再現するか否かについては、以前から多くの議論がなされている。本論文では、"SHAKE"に関して問題点として挙げられている諸項目のうち、PS検層によるS波速度の妥当性とQ値の周波数依存性について検討する目的で、最近試みられている鉛直地震アレー観測記録を用いた表層地盤の動的物性の同定解析を実施したので、その結果について報告する。

2. 同定解析手法

表層地盤物性の同定解析には、沢田らの提案する改良SLP法¹⁾を用いた。沢田らは、鉛直アレー観測地点の第n層に対する第m層の伝達関数に関して、観測結果と解析モデルの残差平方和を最小にするような評価関数を用い、最適化手法を適用して物性パラメータを同定する手法を示しているが、ここでは地震計の設置されている地表面と基盤（第三紀軟岩）との間の伝達関数に関する評価関数を導き、同定解析を実施する。なお、Q値については、次式の形で周波数依存性を考慮した。

$$Q = Q_0 f^p \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここでfは周波数である。同定パラメータは、S波速度 V_s と Q_0 およびpの3種類とし、密度 ρ および層厚は既知とする。

3. 観測サイトのモデル化と地震波

解析の対象としたのは、熊谷組地震観測システム"KASSEM"のセンターアレー（宮城県柴田町船岡地区）を構成するH12地点である。この地点ではボーリング調査、PS検層等が実施されており、これらの調査結果より、図-1に示すような土質プロファイルが明らかとなっている。地震計は地表（H1）および基盤面近く（H2）に設置されているため、

表層地盤は地表から基盤までをボーリング調査結果を基準にし、1層の層厚が3mを超えない程度に20層に分割してモデル化を行った。

同定解析においてターゲットとする伝達関数を求めるために用いたのは、1987年2月6日に発生した福島県東方沖を震央とするM=6.7の地震であり、この際H1ではNS方向で67gal、EW方向で60galの最大加速度が記録されている。H1およびH2における水平2方向の観測記録のフーリエスペクトルに対してバンド幅0.4のParzen Windowでウィンドウ処理をした上で、H1/H2を求めて各方向別の伝達関数を求め、2方向の伝達関数の平均をターゲットとする伝達関数とした。

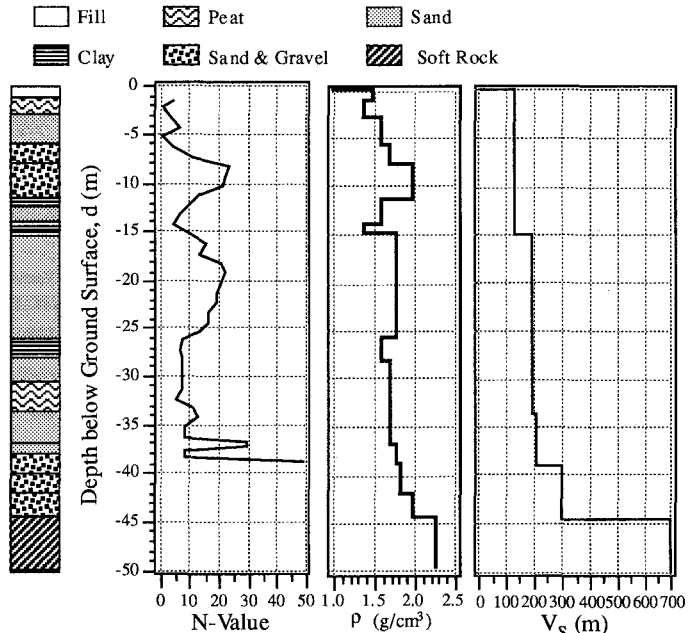


図-1 KASSEMセンターアレーH12地点の土質プロファイル

4. 同定解析とその結果

解析で与えた密度は図-1に示す数値である。 V_s については各層で個別の値を与えるが、 Q_0 については土質種別により粘性土、砂質土、砂礫の3タイプで代表させることにした。ただし、地表付近の砂礫については砂質土に分類した。また p については全層を通じて一定値とした。したがって、同定するパラメータの数は、 $20+3+1=24$ である。

解析の初期値は、 V_s については図-1に示すPS検層の結果を、 Q_0 については粘性土で5、砂質土で10、砂礫で15とした。また p の初期値は前もって実施したパラメトリックスタディー²⁾の結果を参考にし、0.35とした。

図-2に同定解析の結果得られた同定パラメータを用いて求めた表層地盤モデルの伝達関数を、ターゲットとした伝達関数とともに示す。図に示すように、両者は5次のピークまで良く一致しており、同定解析十分な精度で行われたことを示している。

図-3にS波速度構造の同定結果とPS検層結果を比較して示す。GL.-28mまではPS検層の結果は同定結果の平均的な値となっているが、これよりGL.-39mまではPS検層の結果よりもかなり大きなS波速度が同定されていることがわかる。GL.-37~38mでは V_s が400m/secを超えているが、この位置では図-1に示すようにN値が局所的に大きく、同定はこれと一致する結果を与えている。

図-4には同定された Q_0 値の分布を示す。 Q_0 値は、粘性土で4.2、砂質土で14.4および砂礫層で13.5と同定された。砂質土の方が砂礫よりも小さな数値が同定されているが、妥当な数値と言えよう。

同定された p は0.283であった。この数値は武村等³⁾が東松山の沖積地盤で同定した沖積地盤の p (0.32) とほぼ等しく、0.3前後の p を用いることで、沖積地盤の減衰に関する周波数依存性を考慮できることが示された。

5. 結論

鉛直アレー地震観測地点に同定解析を適用し、S波速度および Q 値として妥当な数値を同定することができた。その結果、(1) S波速度構造はPS検層で得られるよりばらつきが大きい、(2) Q 値を $Q_0 f^p$ の形で表した場合、沖積地盤では p として0.3前後の値を用いることにより、実地盤の地震動を再現できることが確認された。

6. 参考文献

- 1) 沢田, 辻原, 平尾, 山本: 地盤のS波速度と Q 値の同定問題におけるSLP法の改良とその適用, 土木学会論文集, Vol.1-19, No.446, pp.205-213, 1992
- 2) 鈴木, 田中: 表層地盤のS波速度構造の同定解析結果に基づいた微動観測データの評価, 第9回日本地震工学シンポジウム論文集, 1994 (投稿中)
- 3) 武村, 池浦, 高橋, 石田, 大島: 堆積地盤における地震波減衰特性と地震動評価, 日本建築学会構造系論文報告集, No.446, pp.1-11, 1993

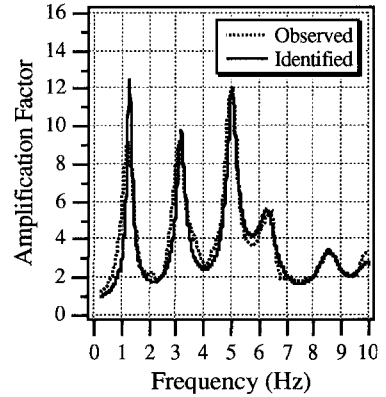


図-2 同定モデルの伝達関数

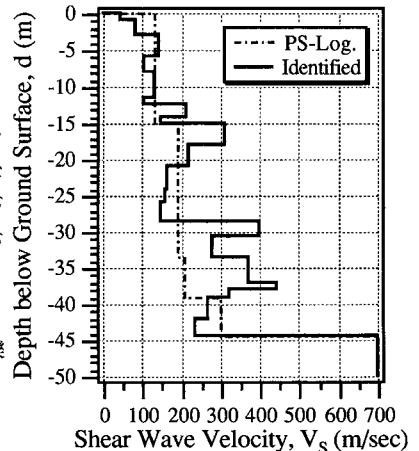


図-3 せん断波速度の同定結果

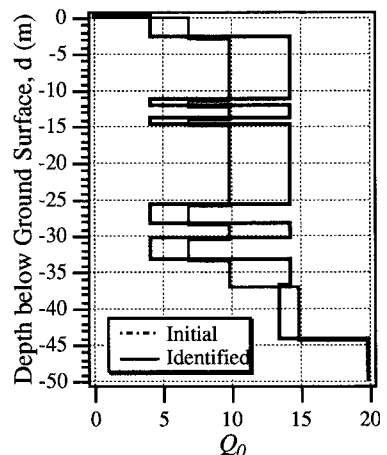


図-4 Q_0 値の同定結果