

545 ポートアイランドの強震記録を用いた地盤動的物性の同定解析

熊谷組技術研究所 正会員 鈴木 猛康

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震の際、ポートアイランドで観測された強震記録を用いて、各種の地震応答解析が行われている。これらのほとんどは地下約30mの洪積砂礫層を基盤とし、ここで得られた観測地震波を入力することにより表層の地震応答を解析したものである。本稿では、著しい非線形挙動を示した本強震記録より、さらに深層も含めて実際に生じた地盤の非線形性を推定する目的で、地盤の動的物性に関する同定解析を実施したのでその結果を報告する。

2. 同定解析の手法と結果

ここでは重複反射理論に基づくGL-83.4mに対する地表面の理論伝達関数と、同地点間の観測記録に基づいた実測伝達関数との残差平方和が最小になるような地盤動的物性を、沢田等の改良SLP法¹⁾を若干修正した方法²⁾により適用することにした。本手法では、 Q 値の周波数依存性を、 f を周波数(Hz)、 p を定数としたとき、 $Q = Q_0 \cdot f^p$ の形で与えている。同定解析では、地盤の層厚と密度は固定とし、各層のS波速度、 Q_0 値および p 値を同定パラメータとした。ターゲットとする伝達関数は地表面とGL-83.4mのフーリエスペクトルにウィンドウ幅0.4のParzen Windowで処理したものの比として与え、また、水平NS成分の伝達関数についてはスムーズな形状の伝達関数とならないため解析には適さないと判断し、同定解析は地震動のEW成分のみに対して行った。なお、GL-83.4mのEW成分としては、杉戸等の指摘³⁾に従って半時計周りに22度回転させ角度補正したものをを用い、同定解析を適用する周波数範囲は0.1~7.5 Hzとした。

図-1(a)に地震観測サイトの土質柱状図の概要を、(b)および(c)にはそれぞれ、解析の初期値として与えたPS検層に基づくS波速度構造とその同定結果、および Q_0 値の同定結果を示す。なお p 値は全層で一定とし

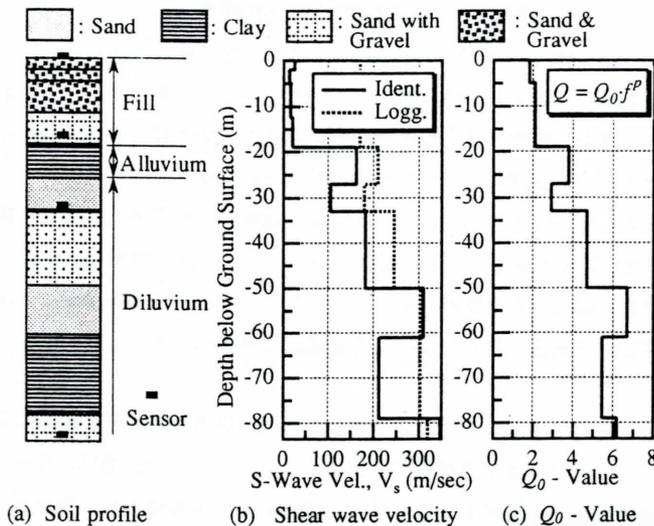


図-1 強震観測地点の土質プロファイルと同定結果

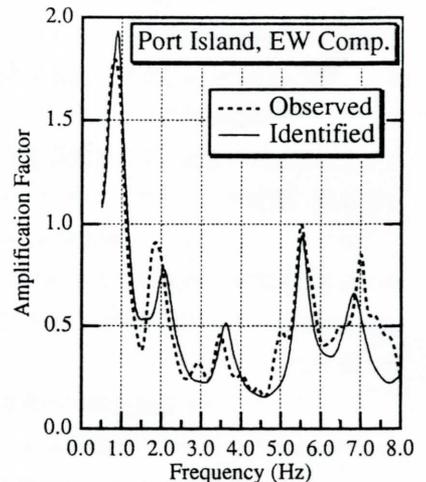


図-2 伝達関数の比較

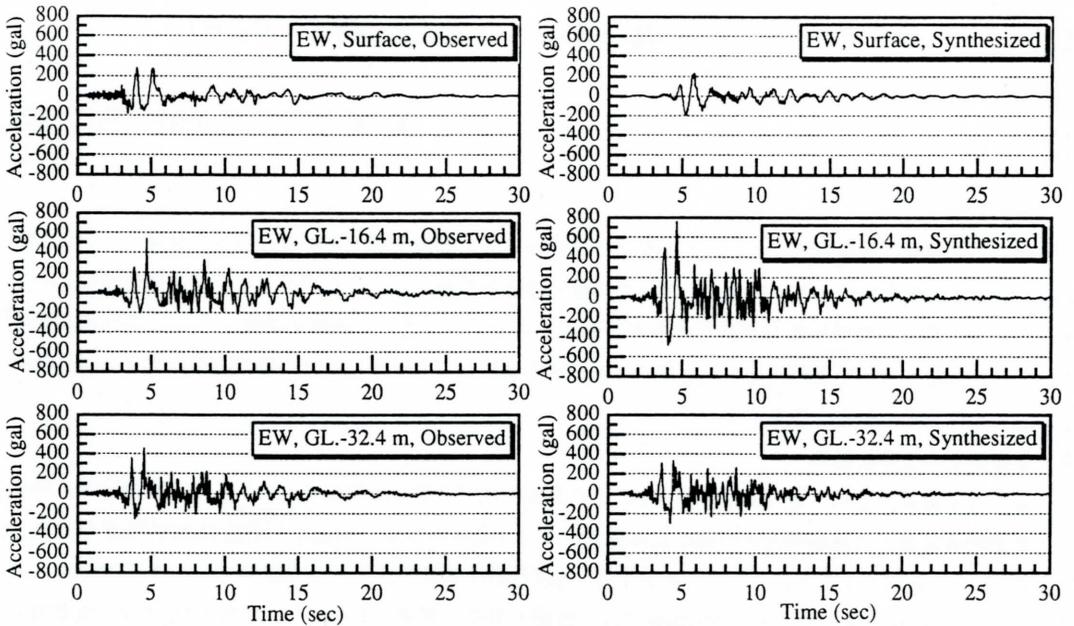


図-3 同定された動的物性を用いた各観測深度の加速度応答のシミュレーションと観測波の比較

としており、初期値が0.8、同定値が0.865である。著しい非線形性が現れない地表面加速度で200gal程度の地震動の場合は、沖積～洪積地盤で同定された p 値は0.3程度である²⁾。しかし地震動入力が大きく、土の非線形性が顕著に現れる場合には、低次の振動モードの減衰が極めて大きくなるため、 p 値は1.0に近づく。

図-1(b)を見ると、地表面付近の埋立土である深さ約20mまでがS波速度で170m/secから20m/sec以下まで大幅に低下しており、これより深い位置では深さ約50～60mの洪積砂層以外は洪積層でもS波速度が20～40%低下している。また図-1(c)の Q 値については、埋立土で Q 値が2前後であるから減衰定数で約25%、それより下方の沖積層で4(減衰定数12%程度)、さらに下の洪積層で3～7(減衰定数7～16%程度)であった。

同定された動的物性値を用いて求められたGL.-83.4mに対する地表面の伝達関数を、観測地震波の伝達関数と比較して図-2に示したが、伝達関数は5次の振動数まで観測値とよく一致しており、同定が高次の振動数まで高い精度で行われたことを示している。また、同定された動的物性値を用いて、周波数依存性を考慮した1次元重複反射理論による地震応答解析で、各観測深度における加速度時刻歴応答波形をシミュレートした結果を、観測波形と比較して図-3に示した。地表ならびにGL.-32.4mでは、加速度の最大値は両者で一致しているが、GL.-16.4mでは解析結果が観測に比べて著しく大きな結果となった。これは、解析位置が層境界であるのに対し、実際には異なるのが原因ではないかと思われる。さらに地表において、解析結果は1秒弱観測波形よりも位相が早い、解析で液状化が考慮されていないことが主因と考えられる⁴⁾。

3. あとがき

ポートアイランドの強震記録は非線形性が極めて激しいためは、同定解析の適用限界を超えているかも知れない。しかし、高次まで観測地震波とほぼ一致するまで伝達関数を厳格にフィットさせた結果は、地表付近における極度の剛性低下と、洪積層の比較的大きな剛性低下ならびに、減衰における周波数依存性を実証しており、今後の表層地盤の地震応答解析手法の改良を行う際、重要な資料を与えるものとする。

参考文献 1) 沢田他：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/I-19, No.446, pp.203-213, 1992.
 2) 鈴木、田中：観測地震波を用いた表層地盤の動的物性の同定，熊谷組技術研究報告，No.53, pp.11-17, 1994. 3) 杉戸他：ポートアイランド鉛直アレ観測点における強震記録の解析 Part-2：地震計設置方向誤差の検討，土木学会・耐震工学委員会地震荷重研究小委員会資料，1995.6. 4) 仙頭、鈴木：ポートアイランドの鉛直アレ観測記録を用いた1次元有効応力解析，土木学会・阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集，pp.165-168, 1996.1.