

Ⅲ - A99

ポートアイランドで記録された兵庫県南部地震・アレー観測結果の検討

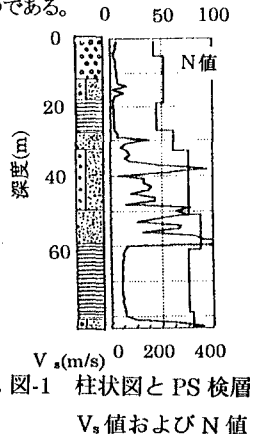
大阪市役所 正 高橋 雄一郎  
 (株)日産技術コンサルタント 正 山村 真由子  
 大阪市立大学工学部 正 望月 秋利

1. まえがき

兵庫県南部地震が発生し、阪神地区では多大の被害を被った。本研究は、阪神・淡路大震災調査研究委員会の活動の一環として、神戸ポートアイランド(P. I)で観測されたアレー観測記録に対し、一次元応答解析を行ってその再現性を検討し、材料定数の設定および解析手法の妥当性を検討したものである。同種の研究は吉田<sup>1)</sup>、佐藤ら<sup>2)</sup>、他によってもすでに報告されているが、筆者らがPS検層結果を用い、標準的な剛性率、減衰定数を用いて解析したところ、計測波は再現できず、幾つかの工夫が必要であった。本論文はこの点を中心にまとめたものである。

2. N値を用いた  $V_s$  の推定と解析方法

神戸P. Iでは、GL-0、16.5、32.5、83.5m深度に地震計を設置し、今回の地震のアレー観測に成功している。ここでは記録されたNS方向の波を対象として検討した。図-1は観測地点の柱状図とタウン・ホール法によるPS検層結果である。表-1は、今回解析を行った5ケースの解析条件を示す。図-2は入力した粘土、砂・礫に対する特性曲線(①、②:  $G/G_0$ 、 $h \sim \gamma$  関係)を示したものである。ケース1は、計測されたPS検層結果に基づいて地層区分を行い、またPS検層結果をそのまま解析に用いたもので、ケース2は、さらに地層区分と  $V_s$  値の推定をN値に基づいて行ったものである。ケース3~5は浅層部分に対して液状化の傾向を考慮して  $G/G_0$ 、 $h \sim \gamma$  関係を改良したものである。N値による  $V_s$  値の推定および地層区分をケース2~5で採用したのは、タウン・ホール法によるPS検層が計測区間の平均  $V_s$  値を測定するもので、図-1 柱状図とPS検層必ずしも個々の層の特性値が表現されていないと考えたものである。もともとN値による  $V_s$  値およびN値の推定式はすでいくつか提案されている。しかしP. I地区および神戸湾岸地区の資料(計5地点)で検討したところ、適合性は良くない。そこで、材料を礫・砂、粘土層に分けて整理し、式(1)で表した。用いた「係数Bを変えて近似線を求める手法」は、現地のように個々の層のN値に対する  $V_s$  値の資料が少なくても、比較的近似線の任意性を防ぎ、かつ全体のN値に対する整合性を得ることができる。解析手法は重複反射理論による1次元複素応答解析プログラム(SHAKE)を用いた。水位は地表面に仮定し、解析深さはGL-0~83.5mである。ケース3~5で考慮した浅層部分(10~20m)の液状化傾向については、3.2に示す。



$$V_s = B \times N^{0.01} \times H^{0.025}; B = A \times N^f \quad (1)$$

|          | 砂礫   | 砂    | 粘土   |
|----------|------|------|------|
| A        | 60.6 | 62.1 | 92.8 |
| $\delta$ | 0.44 | 0.43 | 0.42 |

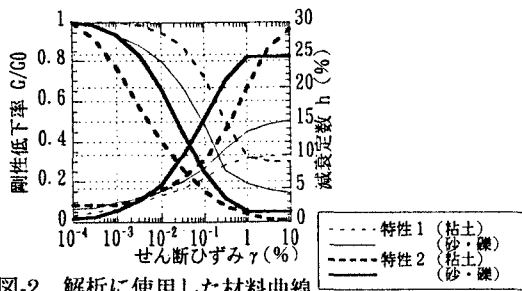


図-2 解析に使用した材料曲線

表-1 解析条件

| CASE | 地層区分     | $G/G_0$ 、 $h \sim \gamma$       | $V_s$ 値 |
|------|----------|---------------------------------|---------|
| 1    | PS 検層準拠  | 特性曲線①                           | PS 検層   |
| 2    | PS 検層+N値 | 〃                               | N値による推定 |
| 3    | 〃        | $\geq -10m$ : ②<br>$-10m >$ : ① | 〃       |
| 4    | 〃        | $\geq -15m$ : ②<br>$-15m >$ : ① | 〃       |
| 5    | 〃        | $\geq -20m$ : ②<br>$-20m >$ : ① | 〃       |

キーワード) 兵庫県南部地震 一次元応答解析 アレー観測記録 N値を用いた  $V_s$  値の推定式 液状化

〒558 大阪市住吉区 3-3-138 TEL 06-605-2726 FAX 06-605-2726

3. 解析結果

3.1 ケース1、2: 図-3は最大加速度と最大フーリエ振幅を深度に対して実測値と計測値を比較したものである。ケース1の場合、最大加速度については、地表部を除くと計測値はかなりよく対応している。しかし最大フーリエ振幅には差があり、得た波の特性が異なることを示している。ケース2では両方法ともかなり実測値に近づぐが、地表面では差が大きい。

3.2 浅層の液状化: 図-4は、各深度での記録波を2秒間隔に分割し、各時間毎のパワー(パワー・スペクトルの面積)を縦軸にとり、その時間的変化を比較した。図中の実線は、GL-83.5mの結果で、これを入力基準パワーとする。-32.5mの結果は、ほぼそれと変わらないが、-16.5mの結果は、5秒以降で波が増幅したことを、また地表の結果は減衰したことを示している。この結果は吉田<sup>1)</sup>が、6秒以降に対して、液状化の可能性を指摘したことに対応する。この点を考慮して、ケース3~5では浅層部分のG/G<sub>0</sub>、h~γ関係が、標準のものよりも前者は小さく、後者は大きくなるように、実測値の上限と下限をそれぞれ選んだ。

3.3 ケース3~5: 図-5は最大加速度と最大フーリエ振幅を比較したものである。GL-0、16.5mの結果はいずれも実測値に近づぐ。フーリエ振幅はいずれの結果も改良されているが、中でもケース5の結果が最も実測値に近い。図-6はケース5による波形と実測値を、図-7はフーリエ・スペクトルを重ねあわせたものである。地表の解析加速度波形には、高周波成分が表現されていない。しかしフーリエ・スペクトルは地表も含めて、実測波形の特性をよく表現している。

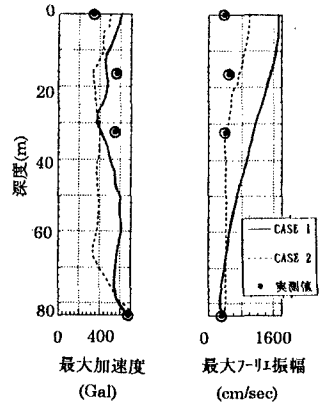


図-3 深度~最大加速度、最大フーリエ振幅関係(CASE1,2)

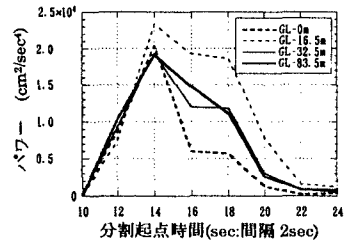


図-4 分割パワーの時間推移

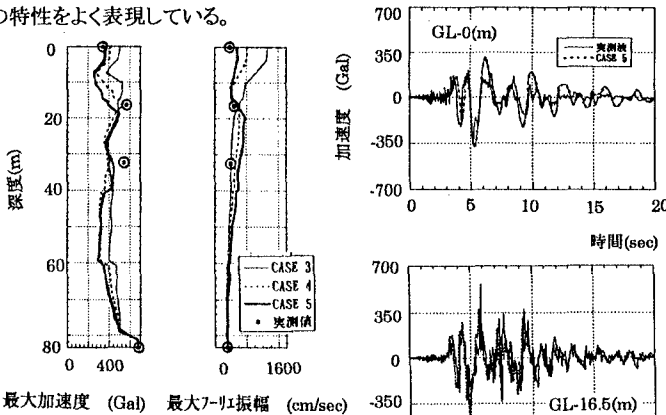


図-5 深度~最大加速度、最大フーリエ振幅関係(CASE3,4,5)

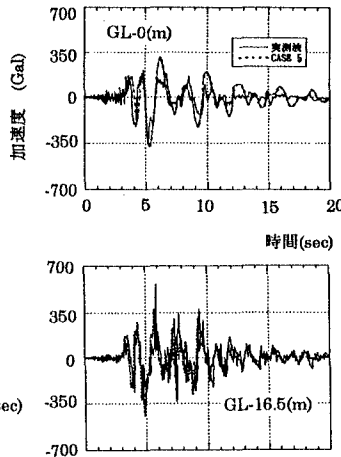


図-6 実測波とCASE5の加速度波形比較

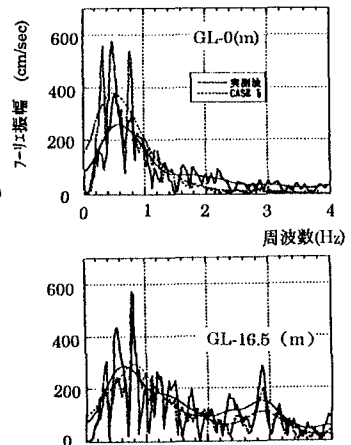


図-7 実測波とCASE5のフーリエ・スペクトル比較

4. まとめ

一次元複素応答解析結果に対しては、批判的な意見も多い。確かにPS検層結果をそのまま用いた場合、フーリエ振幅には差が大きく、構造物の応答性を評価する場合は問題となる。しかしケース2~5の様に、地盤の特殊性(地層構成と液状化)に対して適切に対処すれば、結果も改善され、実用上十分な手法となり得るものと考えている。

謝辞/参考文献

アレー観測記録は神戸市が記録したものを関西地震観測協議会を通じて入手した。ここに記して感謝の意を表します。/1)吉田 望:1995年兵庫県南部地震におけるポートアイランドの地震応答解析,土と基礎,Vol.43, No.10, pp49~54, 2)K.Sato, etc:NONLINEAR SEISMIC RESPONSE AND SOIL PROPERTY DURING STRONG MOTION, ppSOILS AND FOUNDATIONS, JANUARY, 1996, pp41~52