

液状化を考慮した応答スペクトル法に関する考察(その2)

正会員	泉 洋輔 ^{*1}
同	貝谷 淳一 ^{*2}
同	三浦 賢治 ^{*3}

限界耐力計算 応答スペクトル法 液状化地盤
等価線形解析 有効応力解析

1. はじめに

筆者らは、前報において限界耐力計算における表層地盤の非線形増幅率の算定に、液状化の影響を組み込んだ応答スペクトル法(以下、RS法)についての考察を行った¹⁾。本報では、このRS法の適用性を検証するために行った次元等価線形解析および次元有効応力解析の比較検討の一例を報告する。

2. 解析方法

解析で対象とした地盤は東京湾北部の地域で、そのSPT-N値、PS検層による初期せん断波速度分布および液状化判定結果($M7.5$, $v_{s,max}=200\text{cm/s}^2$)を図1に示す。工学的基盤位置はGL-21.5mで $V_s=450\text{m/sec}$ である。PS検層結果による地盤の1次固有周期は0.37秒で第2種地盤に分類されるが、GL-2.25~13.0m(層厚10.75m)の範囲の砂質土層のN値が小さいために液状化対象層となっている。地下水位はGL-1.3mである。

RS法による計算結果を検証する目的で行った自由地盤の地震応答解析は、水平地盤反力係数の低減値を用いた次元等価線形解析²⁾(以下、SHAKE)、塩見らが提案している半波区間ごとに地盤剛性および地盤物性値の変化を考慮した次元等価線形解析³⁾(以下、CWELL)、およびFinnらの次元有効応力解析⁴⁾(以下、DESRA)の3種類である。RS法、SHAKEおよびCWELLにおける土の非線形特性は大崎・原モデルを用いている。工学的基盤への入射地震動波形は、解放工学的基盤で規定された告示加速度応答スペクトルにフィッティングさせた模擬地震動波形(位相は八戸NS、一様乱数)2波と中央防災会議で公開されている東京湾北部地震1波の合計3波である。

3. 解析結果

図2にRS法と地震応答解析の最大相対変位、最大せん断歪、およびせん断波速度の深度分布を示す。また、参考として地震応答解析による最大応答加速度、過剰間隙水圧の深度分布も併記する。これらから以下のような傾向が認められる。

- 1) 地表面の最大相対変位は、CWELLが最も大きい応答値を示し約25cmであるがRS法との対応は良好である。SHAKEとDESRAはほぼ同程度で10~15cmである。
- 2) 最大せん断歪はRS法で約2%、SHAKEで約5%、CWELLで約7%、DESRAで約2%となっている。CWELLでは深度5mおよび7m付近でせん断歪が上下層より極端に小さくなっており、これはこの深度での補正N値が大きく液状化に至っていないためと考えられる。
- 3) 最大応答加速度は、3種類の地震応答解析とも地表面では150

~200 cm/s^2 の範囲であるが、液状化が発生する層境界から急激に減少する傾向が見られ、これは一般的に認められているように液状化地盤では地表面の加速度は小さくなることと整合している。

4) CWELLとDESRAの液状化の範囲を見ると、前者では10mから、後者では13mから過剰間隙水圧が有効応力に達して完全液状化となっている。両者の深さの差はDESRAで設定した透水係数の大きさが原因と考えられる。

図3に地表面の加速度応答スペクトル(減衰定数5%)の比較を示す。SHAKEとCWELLでは3波それぞれの加速度ピーク値は異なるものの2~4秒の領域が卓越する傾向は共通に見られ、RS法による評価とほぼ対応した結果を得た。一方、DESRAにおいてはこのような長周期側へピークがシフトする傾向は現れていない。これらの結果から、免震建物の設計を対象とする場合、RS法による入力地震動の評価は、構造計画時において免震層の応答を検討する場合に有効なツールとなるものと考えられる。

4. まとめ

吉見・福武が次元等価線形解析の液状化地盤への適用に関して指摘しているように⁵⁾、最大加速度レベルや最大振幅の把握に着目点を限定すれば、設計で対象とする建物の1次固有周期が概ね3~4秒程度の長周期側に限定される免震建築物の場合においては、RS法による地震荷重の評価は、構造計画時において特に有効であり、免震層の応答評価に関しても有益な情報を得るツールとなるものと考えられる。

謝辞 中央防災会議において公開されている模擬地震動波形を使用させていただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1) 泉他: AIJ大会2007.8, 2) AIJ: 建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計, 2006.2, 3) 塩見他: AIJ構造系論文集, 2005.12, 4) Finn, W.D.L., et al.: J. Geo. Eng., Div., ASCE, No.GT6, 1977.6, 5) 吉見・福武: 地盤液状化の物理と評価・対策技術, 技報堂出版, 2005.10

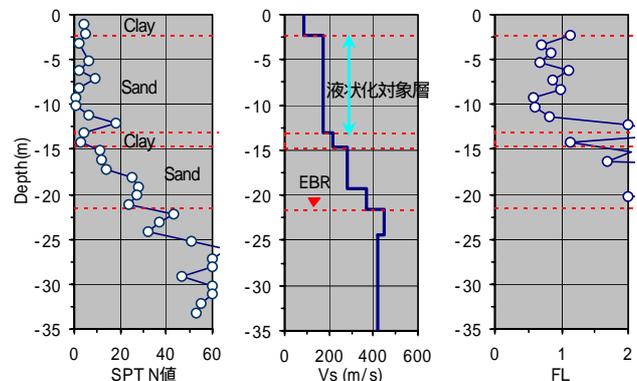


図1 地盤モデル

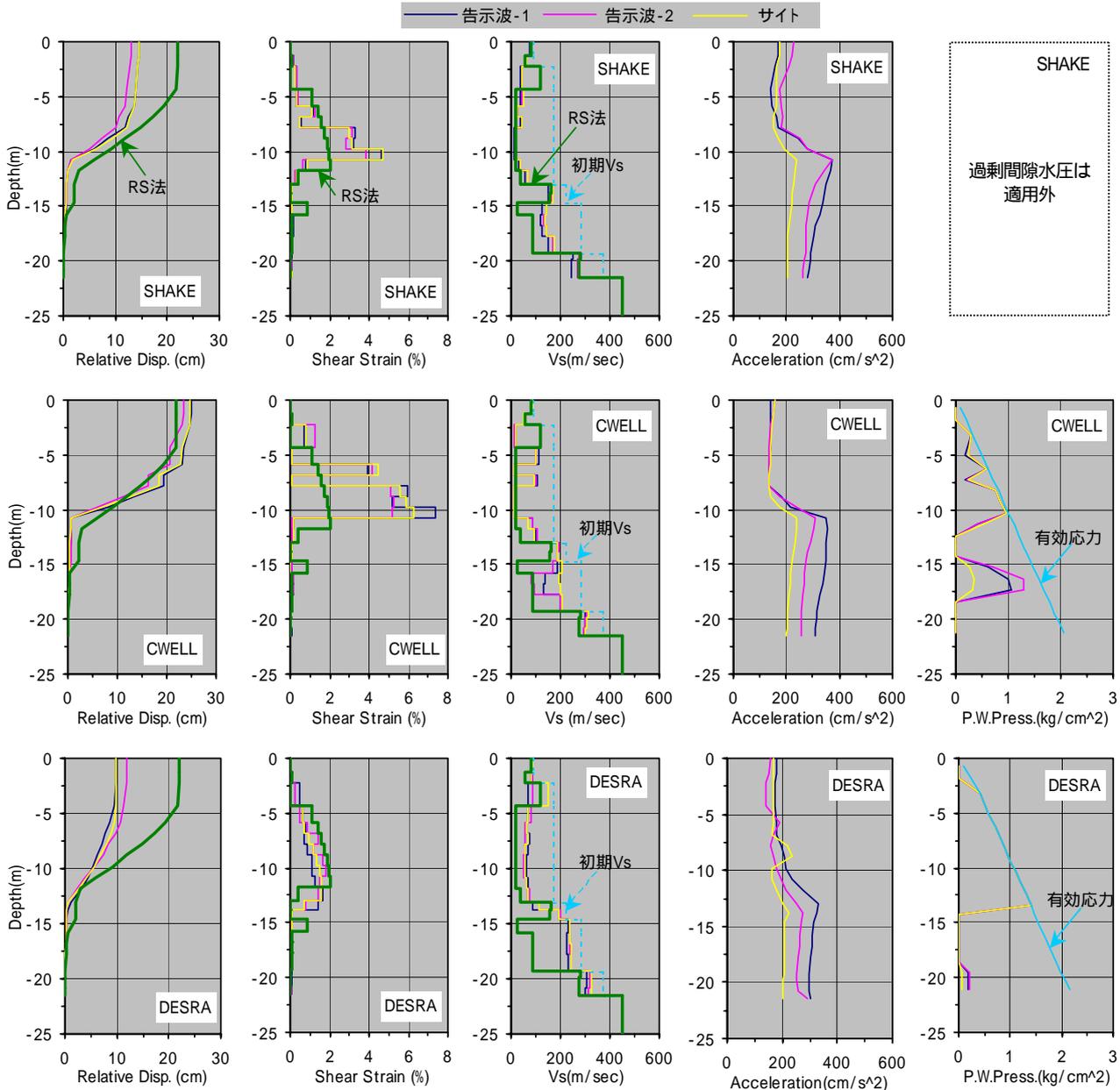


図2 最大応答値および地盤物性値の深度分布の比較

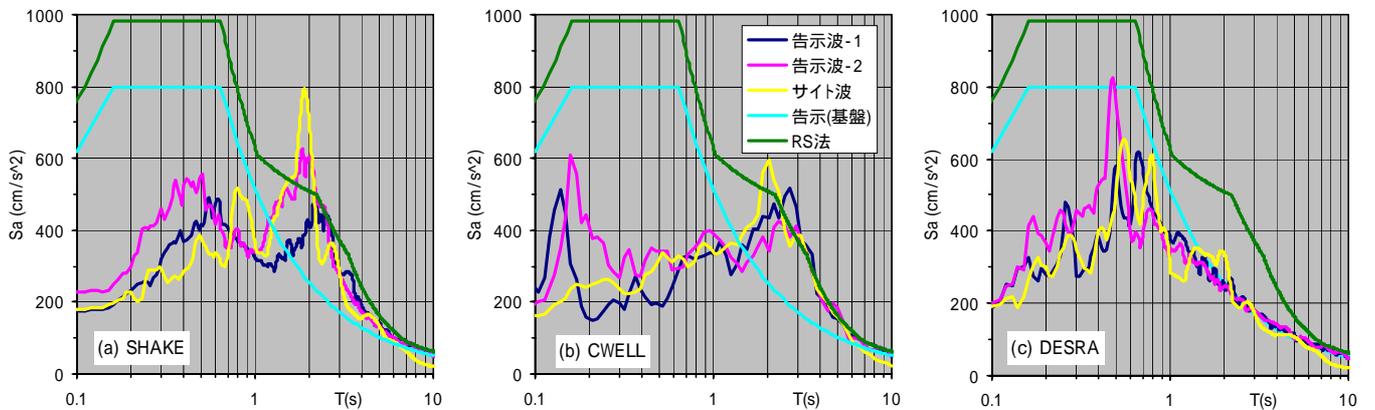


図3 地表面での加速度応答スペクトルの比較(h=0.05)

*1 呉工業高等専門学校 教授・博士(工学)
 *2 (株)能勢建築構造研究所・修士(工学)
 *3 広島大学大学院工学研究科 教授・工博

Prof., Kure College of Technology, Dr. Eng.
 Nose Structural Engineering Inc., M. Eng.
 Prof., Graduate School of Engineering, Hiroshima University, Dr. Eng.