

## 液状化に伴う地盤動特性の非定常性について

熊本大学 正会員 秋吉 卓 八代高専 正会員 淵田 邦彦  
熊本大学 学生員 田嶋 秀一 熊本大学 学生員 ○棗 治郎

### 1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震では、沿岸埋立地では液状化が広範囲に及び、地盤には大きな永久変形を残し、さらにまた内陸部でも、建物・施設に甚大な被害が出た。液状化を地盤動特性の急変としてとらえると、非液状化地域のように比較的良好な地盤でも、液状化を起こすような埋め立て・軟弱地盤と隣接しているときには、その動特性に変化が現れ、応答にも影響が出ることが考えられる。すなわち、地震動特性のパラメータの一つである地盤の固有周期が液状化とともに変化し、地盤の増幅特性が非定常となる。また、この影響の度合いは、不整形な成層構造とも密接に関係する。そこで、本研究では、単純な成層構造から複雑な成層構造、そしてさらに実地盤構造までの動特性の連成について、モデル地盤の数値解析により、液状化が起こった場合と起こってない場合について比較検討したので一部を報告する。

### 2. 表層地盤の地震応答解析手法の概要

不整形・軟弱な表層地盤モデルの地震応答解析には、当研究室で開発した2相系飽和多孔質媒体についての2次元有限要素法により定式化した非線形有効応力解析プログラム「NUW2」を用いている。<sup>1)</sup> この解析プログラムは、Biotの2相混合体理論を基に、井合らの構成式を組み込んだものを、有限要素法により定式化したもので、液状化にも対応できるものである。また、モデルの作成において、地盤のように無限の広がりを持つ系をある有限の領域で表現するために、前述のプログラムに当研究室で開発した吸収境界条件を付加することによって、仮想境界上で波動エネルギーを吸収させた。<sup>2)</sup>

### 3. 表層地盤のモデル化

解析の対象とした表層地盤モデルは、大矢の三宮付近の概略地質断面図<sup>3)</sup>を参考にしてFig.1のような神戸の地盤断面を2次元モデル化したものを作成し(図の右側が海側、左が山側)、両側方の鉛直境界には前述した吸収境界条件を付加している。入力地震波は、1995年兵庫県南部地震(ポートアイランドGL-32m、加速度波形NS成分)とし、最大加速度振幅を0.1m/s<sup>2</sup>、1.0m/s<sup>2</sup>、5.4m/s<sup>2</sup>に調整した3種類の地震波をモデルの下方から鉛直上方に入射させている。

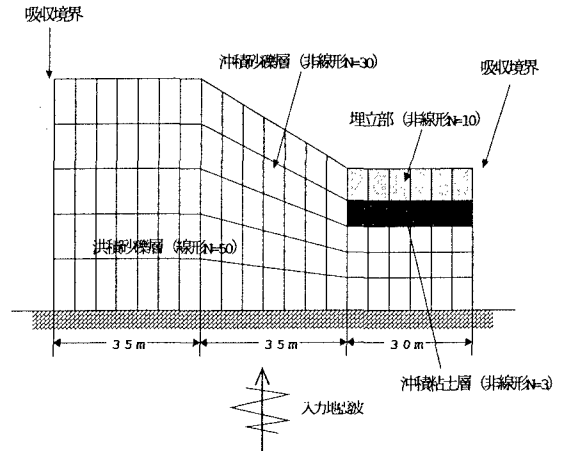


Fig.1 神戸地盤断面の2次元モデル

### 4. 数値計算結果と考察

#### (1)固有周期の算定について

地盤の固有周期 $T_G$ は、 $V_{si} = \sqrt{\frac{G_i}{\rho_i}}$ 、 $T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}$  として、数値解析によって得られた各要素の時刻ごと

のせん断弾性係数 $G$ を用いて、固有周期 $T_G$ の時間的変化を算出している。

#### (2)固有周期及び地表面の水平加速度とひずみ分布に関する考察

Fig.2は、前述の地震波で最大加速度振幅を5.4m/s<sup>2</sup>としたときの、4秒・12秒後・20秒後のそれぞれ地盤の固有周期・地表面の水平応答加速度・地表面から深さ2.5mにおけるせん断ひずみの水平方向分布を

図示したものである。この Fig.2 から、地盤の固有周期は特に海側の軟弱地盤部分において、時間とともに液状化による地盤剛性の低下により、長周期化していることがわかる。特に 12 秒後では顕著な動きをしており、固有周期の増大と同調するように沖積砂礫層で加速度が大きくなっており、せん断ひずみは沖積砂礫層から海側の方向に地盤が軟弱になるに従って増大していることがわかる。また、Fig.3 は同モデルにおける地表面の最大水平応答加速度と地表面から深さ 2.5m における最大せん断ひずみの絶対値をモデルの左側からの距離で示したものであるが、ここでは比較的良好な地盤に大きな加速度が集中する時間帯がある。ひずみについては、Fig2 の時と同様な傾向を示している。

### 5. まとめ

前述の考察の通り、地盤の固有周期の変化とともに特に軟弱地盤付近に応答の変化が起こっていることがわかった。本研究は、液状化に伴う地盤動特性の非定常性について液状化が起こった場合と起こっていない場合について検討した。なお、液状化が起こっていない場合（入力 0.1m/s, 1.0m/s）については、スペースの都合上載せられなかったため、発表時に詳細を述べることにする。

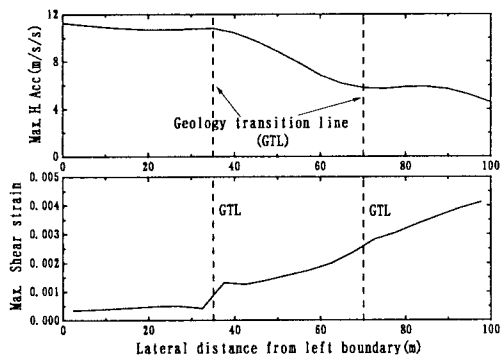


Fig.3 神戸地盤モデルにおける  
地表面応答加速度・せん断ひずみの最大値（入力 5.4m/s<sup>2</sup>）

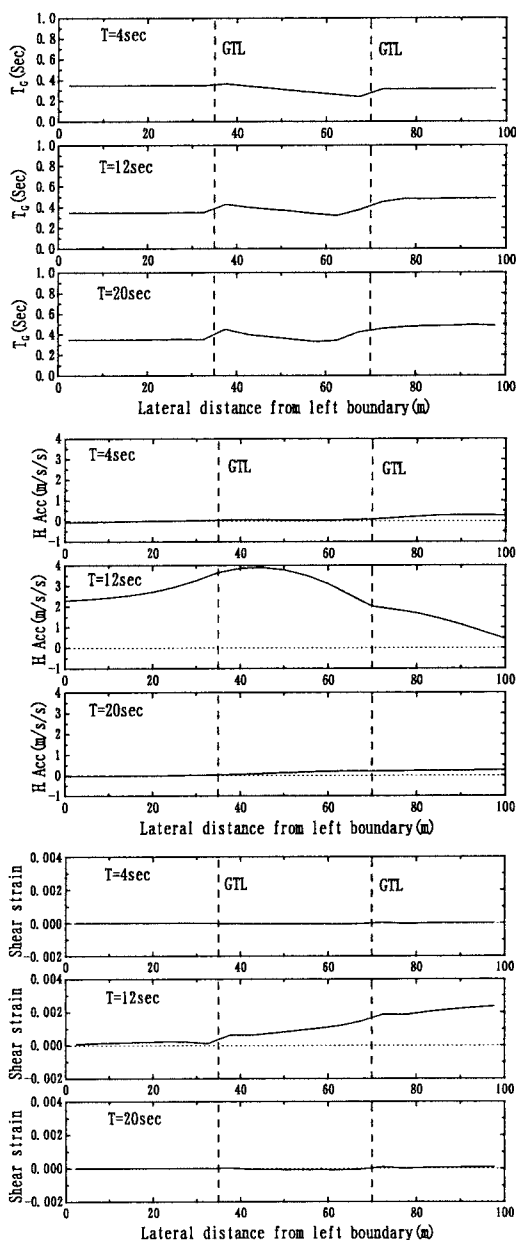


Fig.2 神戸地盤モデルにおける地盤の固有周期・  
地表面応答加速度・せん断ひずみのグラフ（入力 5.4m/s<sup>2</sup>）

### 6. 参考文献

- 1) Akiyoshi, T. Fuchida, K. & Fang, H.L., An absorbing boundary conditions for dynamic analysis of fluid-saturated porous media, Int. J. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.13, No.6, pp.387-397, 1993.
- 2) Akiyoshi, T. Fang, H.L. Fuchida, K. & Matsumoto, H., A Nonlinear seismic response analysis method for saturated soil-structure system with absorbing boundary, Int. J. Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol.20, No.5, pp.307-329, 1996.
- 3) 大矢 暁：兵庫県南部地震について、土と基礎、Vol.44, No.3, Ser.No.458, pp.3-8, 1996.