

液状化が不整形堆積地盤の地表面地震応答に与える影響について

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 齋 治郎 熊本大学 学生員○中島 直紀

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震では、山麓部の“震災の帯”で構造物被害が多く、これに比べて沿岸部や埋立地域では構造物の被害は少なかったが、広範囲にわたる液状化の被害により、地下構造物に多大な被害が生じた。これらの原因としてさまざまな要因が考えられるが、ここでは地盤の不整形な堆積のため地震動が表層地盤内で乱反射することによって、地表面で局所的にエネルギーが集中し、沿岸部の埋立地域では、液状化によって地盤の剛性が急低下し、表層地盤の動特性に影響を与えたという点に着目する。したがって、液状化の発生による動特性の変化が周辺地盤の動特性にも影響を与え、結局地表面の応答が集中する特性にも影響を与える。そこで本研究では神戸の地盤をモデル化し、地盤の不整形性と液状化に重点をおいて地震応答解析を行い、それらの連成について実際の被害状況と比較しながら検討していく。

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相混合対理論を基に、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

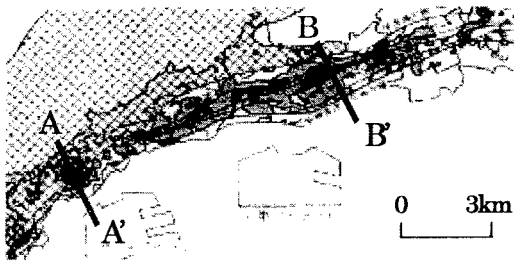


Fig. 1 神戸付近地図<sup>3)</sup>

解析の対象とした表層地盤モデルは、Fig.1A-A'の神戸市中央区三宮付近とB-B'の神戸市東灘区岡本付近の南北地層断面図<sup>4)</sup>を参考にしてFig.2のような地盤断面を二次元モデル化した(ここではスペースの都合上B-B'断面を省略)。水平方向1000mのモデル地盤で、モデル左側を山側、右側を海側とした。モデルの両側方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、Fig.3に示す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10gal、100gal、540gal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。

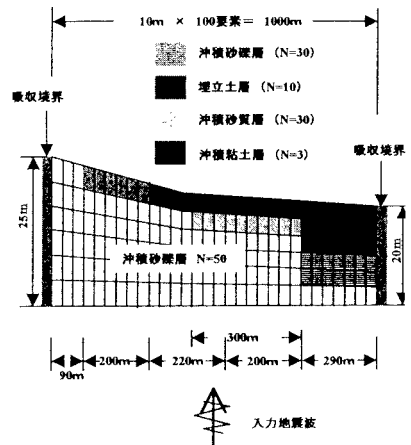


Fig. 2 実地盤モデル (A-A' 断面)

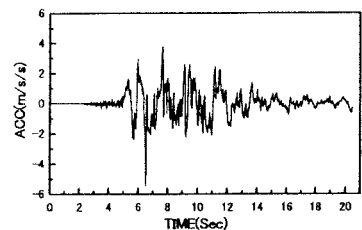


Fig. 3 入力地震波

#### 4. 解析結果と考察

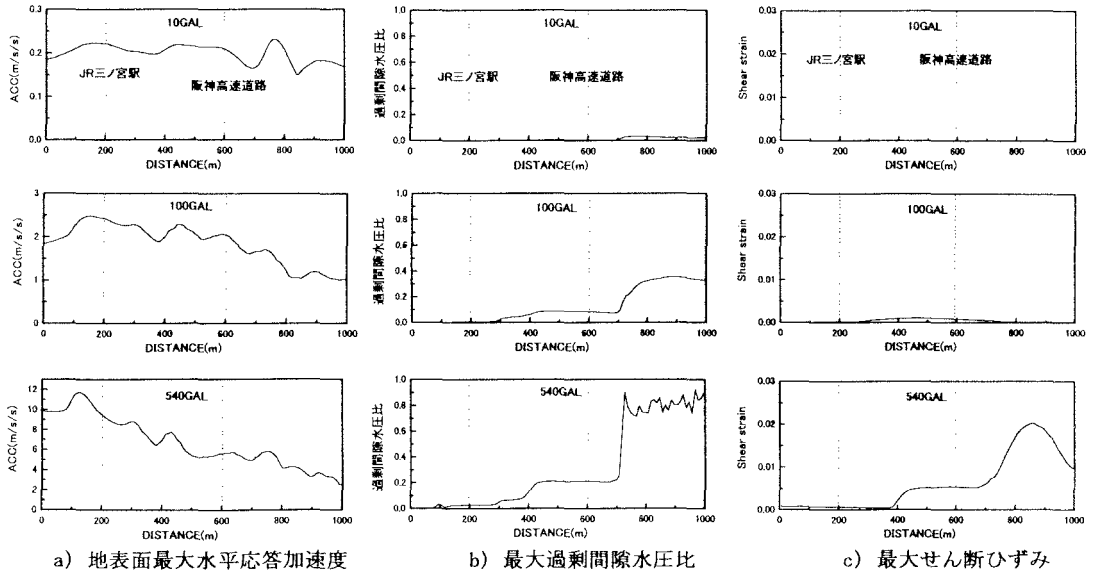


Fig.4 地表面近傍における最大応答値の分布

Fig.4 は前述の地震波の最大加速度振幅を 10gal、100gal、540gal としたときの A-A'断面における地表面の水平加速度応答、過剰間隙水圧比、地表面から深さ 5m におけるせん断ひずみの最大値を示したものである。過剰間隙水圧比、せん断ひずみの最大値を見ると、海側に行くにつれて増加しているが、特に埋立土層や沖積粘土層などの軟弱地盤が堆積している部分では急激に増加していることが分かる。この地域は地下構造物やライフラインに多大な被害が生じたところである。また、地表面の加速度応答の最大値を見ると、入力最大の加速度振幅が 10gal の時のピーク地点が 770m、100gal では 150m、540gal では 120m と過剰間隙水圧比が増加するにつれピーク地点が山側にずれていることが分かる。540gal では、ピーク時の値は  $11.7\text{m/s}^2$  を示し、その周辺でも最大加速度が  $10.0\text{m/s}^2$  を越える地域がある。実際の地震でも JR 三ノ宮駅をまたいだ南北の地域で、震度 7 に相当する被害が生じている。以上のように、解析結果が実際の被害とほぼ対応していることがわかった。

#### 5. まとめ

前述の考察の通り神戸の地盤のように不整形性の強い地盤では、入力強度とともに、海側の液状化が進むにつれ、加速度応答のピーク地点が海側から山側に移動することがわかった。また、局所的に大加速度が集中する場所が存在し、それらの場所は構造物被害が最も顕著に表れた地域とほぼ一致した。埋立土層や沖積粘土層などの軟弱地盤が堆積している部分では液状化が起り、加速度が大きくなり、被害が軽減されたが、地下構造物の被害が生じたということも検証された。なお、B・B'断面については、スペースの都合上載せられなかったので発表時に詳細を述べることにする。

#### 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) 社) 地盤工学会・阪神大震災調査委員会：阪神・淡路大震災調査報告書（解説編）、pp.222-224, 平成 8 年 3 月。
- 4) 田村 重四郎：「阪神・淡路大震災の特徴」土木施工、1995 年 8 月号