

地盤振動特性と地震被害分布との対応性について

熊本大学工学部 正会員 松本 英敏 熊本大学工学部 正会員 秋吉 卓  
 八代高専 正会員 湊田 邦彦 (株)パスコ 正会員 中嶋 直紀

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震において、神戸地盤に構造物被害が集中的に発生している。そこで本研究では同地域の地盤のモデル化を行い、応答解析することによって地盤応答と構造物被害との対応性について検討するものである。

解析では2次元有効応力解析プログラム<sup>1)</sup>を用いて、Fig.1に示す8断面の表層地盤について地震応答解析を行なった。主として今回は、地表面付近の加速度応答（計測震度）および地盤ひずみの分布より、それらの集中域を図式的に比較して両者の相関についてその妥当性を検討していく。

2. 解析手法の概要

表層地盤モデルは、阪神・淡路大震災報告書<sup>2)</sup>を参考にして不整形・軟弱な表層地盤のモデル化を行い、2次元有効応力解析プログラム「NUW2」<sup>1)</sup>を用いて地震応答解析を行った。神戸付近の平面図<sup>3)</sup>を（Fig.1）において、断面

A-A'からF-F'までの8断面を解析対象として、それぞれを土-水2相系の有効応力有限要素モデルで定式化したものの一例をFig.2に示す。地盤はN値>50となる深さに剛基盤面を設定し（おおよそ30~40m深さ）側方には吸収境界を導入して波動の出入を保障している<sup>4)</sup>。入力は、地盤モデルの水平基盤面から鉛直に同一波を同位相で行ったが、特に液状化による地盤の非線形伝達特性の変化を見るため、入力地震波として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・UD成分）の記録波形を用いて、その最大加速度振幅Amaxを4種類（0.1,1.0,5.4および10m/s<sup>2</sup>）に変化させている。

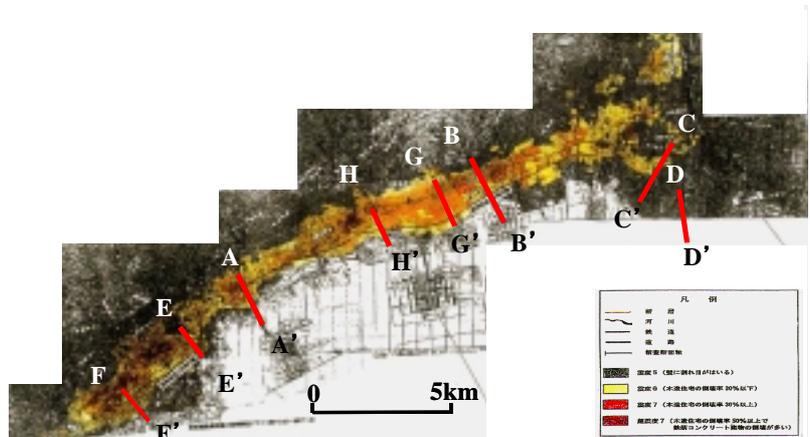


Fig.1 神戸付近地図<sup>3)</sup>

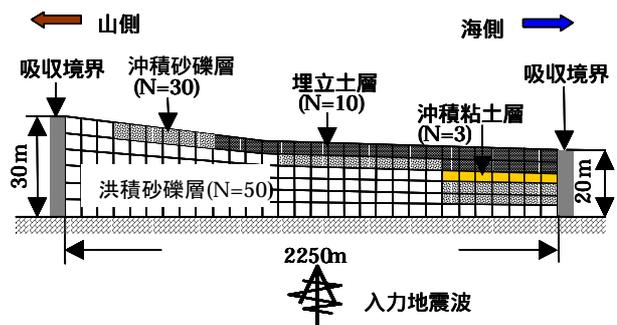


Fig.2 モデル地盤 (A-A'断面)

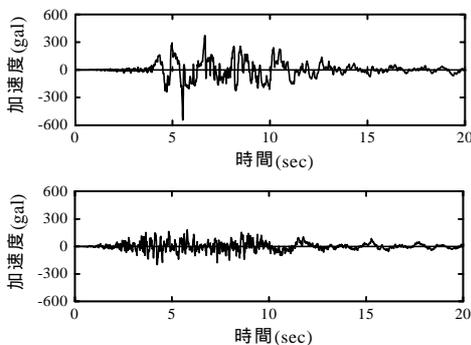


Fig.3 入力地震波

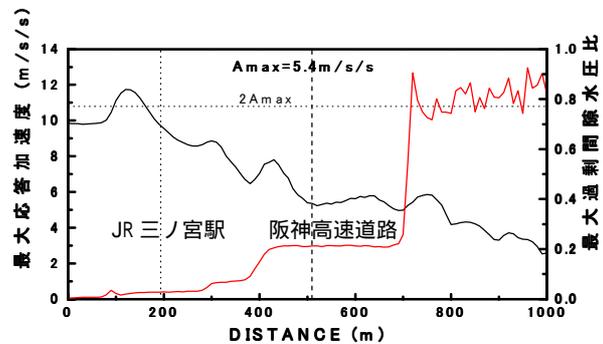


Fig.4 最大応答加速度と最大過剰間隙水圧 (A-A'断面)

キーワード：震災の帯，水道管被害，震度，液状化，有効応力解析，地盤ひずみ  
 連絡先：〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1 Tel 096-342-3570 Fax 096-342-3507

3. 解析結果と考察

Fig.4 は入力地震波 ( $A_{max}=5.4m/s^2$ ) に対して、A-A' 断面の地表面付近での応答加速度および過剰間隙水圧の解析結果を示している。入力強度が大きいため応答加速度のピークは山側の硬い地盤を含む地域に発生しており、JR 三ノ宮駅付近で顕在化していくことが分かった。一方、海側の軟弱地盤では液状化が発生しており、応答が小さくなっている。同様に残りの8断面についても解析を行い、地表面の応答加速度を求め、コンター表示したのが Fig.5 である。全体的にみて沿岸部埋立地域に向かって急激に加速度が低下しており、山側では非常に大きな応答加速度を示している。そこで、2成分同時入力による応答加速度を用いて計測震度に換算し、両者の対応性を調べるためこれを Fig.1 の気象庁発表の旧震度階分布と比較して、両者の比(Fig.4/Fig.1)を取り平滑化すると、Fig.6 のような結果が得られた。震災の帯に近いところから山側にかけての硬い地盤では、応答の計測震度のほうが若干大きめに出る傾向にあるが、大まかには両者の食い違いは2割程度内といえよう。また、同様にして解析で得られた地盤ひずみと配水管路被害率分布地図<sup>5)</sup>とを比較すると、Table1 のように比較的良好な相関を示すことが分かった。

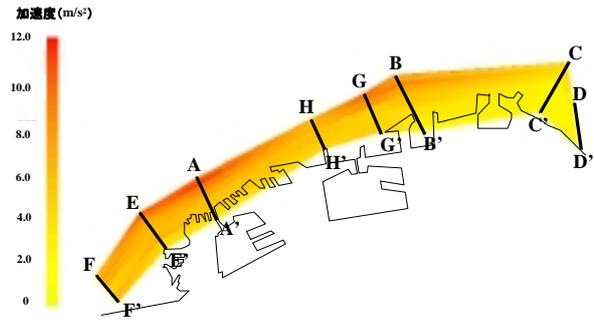


Fig.5 応答加速度分布

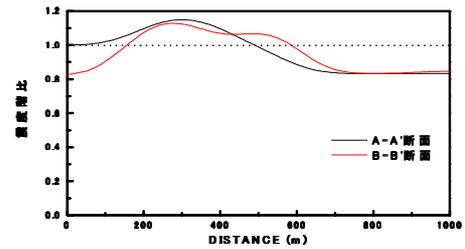


Fig.6 気象庁震度階と応答解析計測震度階との比較

4. まとめ

本研究は、地表面近辺の地震エネルギーの集中が起こる現象を、地層エッジ部での加速度波の集中だけでなく液状化現象をも考慮した総合的な現象として神戸地盤を解析し、かつ実被害例との対応で結果を検証した。得られた結果を要約すると次のようになる。

- (1) 洪積砂礫層に沖積砂礫層が載ったエッジ部では、減衰しない波の重複により地表面に加速度の集中が生じやすい。
- (2) 沿岸部に行くにつれて地盤の非線形化が著しくなり、それだけ加速度応答は低下していく。このことが(1)の加速度分布のピークを顕在化することになる。
- (3) 解析による計測震度と地盤ひずみの分布は、震災の帯や配水管被害率分布などの実被害分布と良く対応している。

5. 参考文献

- 1) 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.
- 2) (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。
- 3) (社)土木学会 関西支部：大震災に学ぶ-阪神・淡路大震災調査研究委員会報告書-第2巻、pp.5-6、平成10年6月。
- 4) 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.
- 5) 松本文浩：「GISによる地震時配水管路被害危険度予測および地域水供給機能特性に関する研究」、神戸大学 平成8年度卒業論文、平成9年2月。

Table 1 配水管被害率と最大せん断ひずみの相関

| 断面   | 相関係数  |
|------|-------|
| A-A' | 0.820 |
| B-B' | 0.697 |
| C-C' | —     |
| D-D' | —     |
| E-E' | 0.787 |
| F-F' | 0.842 |
| G-G' | 0.935 |
| H-H' | 0.722 |