

## 地盤振動特性と地震被害分布との関連性について

八代工業高等専門学校 正員 淵田邦彦 元熊本大学 正員 秋吉 卓  
 熊本大学 正員 松本英敏 元熊本大学大学院 正員 丸野寛之

### 1. はじめに

1995年兵庫県南部地震において、神戸地盤に構造物被害の集中域が発生した。本研究は、神戸地盤の地震応答解析より得られた加速度および地盤ひずみ応答特性と実被害との対応性について検討するものである。解析には著者らが開発した2次元有効応力解析プログラムを用い、主として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を、それぞれ、気象庁震度階(旧震度)分布および上水道管被害率分布と比較する。

### 2. 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、非線形有効応力解析プログラム NUW2 を用いる<sup>1)</sup>。

(1)表層地盤モデル Fig.1<sup>2)</sup>の神戸地域において、A-A'から F-F'までの8断面を解析の対象として表層地盤モデル化する。Fig.2は神戸市中央区三宮付近 A-A'断面の地盤モデルを示している。表層地盤は、左下の洪積砂礫層から上層に向かって洪積粘土層、沖積砂礫層、沖積粘土層、埋立土層・軟弱粘土層と軟化する。

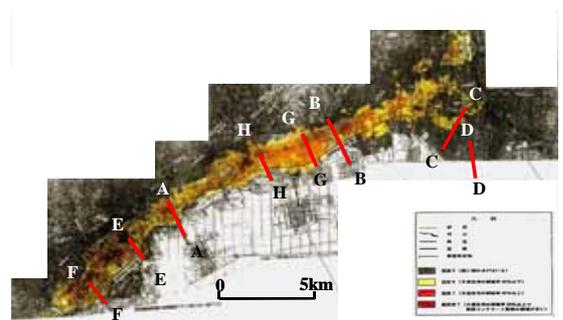


Fig.1 神戸付近地図<sup>2)</sup>

(2)入力地震波 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成分およびUD成分)を用いるが、液状化による伝達特性の変化を見るため、最大加速度  $A_{max}$  を 0.1, 1.0, 5.4 および 10.0 m/s<sup>2</sup> に調整した4種類の地震波を各地盤(断面)モデルの下方の基盤から鉛直上方に入射する。

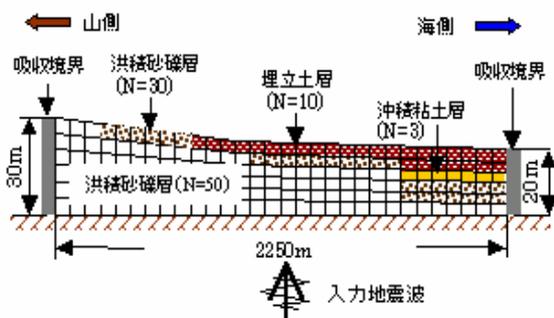


Fig.2 神戸地盤モデル

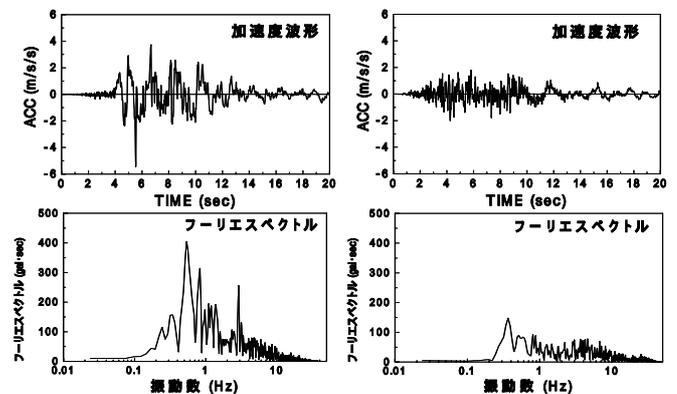


Fig.3 入力地震波

### 3. 解析結果と考察

Fig.4は地表面の最大加速度応答分布(A-A'断面)であり、入力加速度の大きさの違いにより、 $A_{MAX}=0.1, 1.0 \text{ m/s}^2$  の場合は軟弱な埋立土層が存在する海側から岩盤を含む山側にかけて一様な応答が続くのに対して、 $A_{MAX}=5.4, 10.0 \text{ m/s}^2$  の場合は応答のピークが山側に移動し、JR三宮駅付近で応答が顕著に出ている。実際の被害においてもこの付近で震度7に相当する被害が生じ

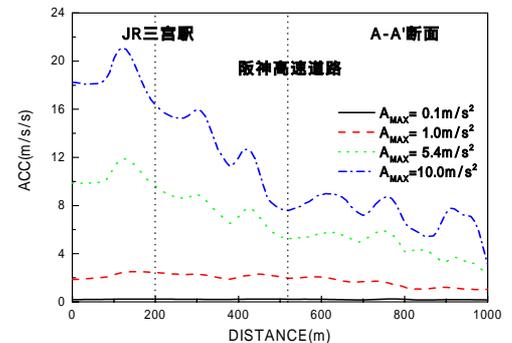


Fig.4 地表面応答加速度

キ - ワ - ド: 不整形地盤, 有効応力解析, 地表面応答分布, 構造物被害

連絡先: 〒866-8501 熊本県八代市平山新町 2627 八代工業高等専門学校 0965-53-1346

ており、妥当な結果だといえる。Fig.4 の結果のような傾向は、軟弱な地盤の続く C-C', D-D'断面を除く残りの 6 断面に共通している。Fig.5 は  $A_{MAX}=5.4m/s^2$  の地震波に対する地盤応答から求めた計測震度を震度階に直し、震災の帯における気象庁の旧震度階との比をとり震度階比として表示したものである。Fig.5 より、震災の帯付近の比較的硬い地盤では気象庁震度階の方が大きく、海側の軟弱な地盤では解析震度階の方が大きくなっているものの、その差は 2 割程度であり両者は概ね対応しているといえる。Fig.5 は A-A'断面の結果であるが、その他の断面を含めた震度階の相対精度を Table.1 に示している。各断面とも解析による震度階は実被害と関連する気象庁震度階とよい一致を示している。両者の相対誤差の原因としては、気象庁震度階が被害をもとにした体感震度であり、計測震度は卓越周期を重視した動的震度であることにあり、ある程度の誤差は許容されよう。

次に Fig.6 は、解析から求められたせん断ひずみを平面コンター化したものであり、Fig.7 は実際の配水管被害分布である<sup>5)</sup>。Fig.6 では、液状化により地盤剛性の低下した海側の地域で、せん断ひずみが大きくなっている。このせん断ひずみと配水管被害率との関係を示したのが Fig.8 である<sup>6)</sup>。この図より、震災の帯を含む上部構造物の被害と配水管の被害が共存したと推測される地域では、せん断ひずみが 0.5%以下の小さい値でも配水管被害が生じている(Fig.8 印)。これに対して、震災の帯以外の地域ではせん断ひずみが 0.5%付近を境に配水管被害率が高くなっており、埋立土層等を含む比較的軟弱な地盤では配水管被害に対する地盤せん断ひずみの影響が大きいことを示唆している。

4. まとめ

本研究では、神戸地盤における加速度及び地盤ひずみの応答解析結果を、気象庁震度階及び配水管被害分布と比較し、地盤応答の局所的な分布や液状化に伴う応答特性が構造物被害分布と概ね対応することを確認した。

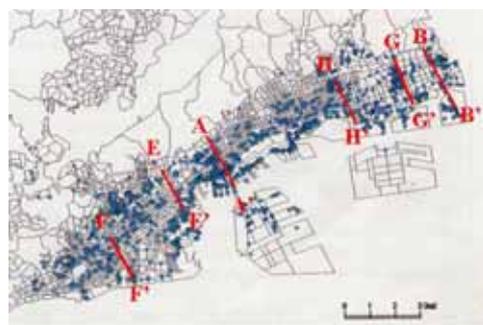


Fig.7 配水管被害率分布<sup>5)</sup>

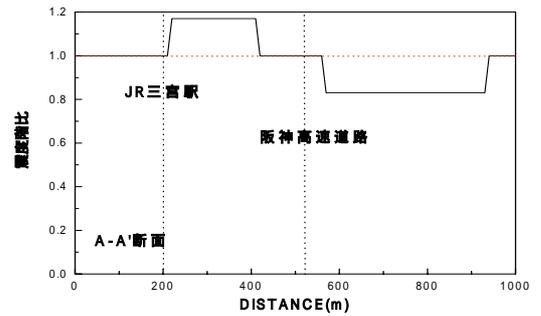


Fig.5 震度階比

Table.1 解析計測震度階の精度

Cross sections	Accuracy(RMS)
A-A'	0.116
B-B'	0.114
C-C'	0.065
D-D'	0.023
E-E'	0.114
F-F'	0.146
G-G'	0.063
H-H'	0.115

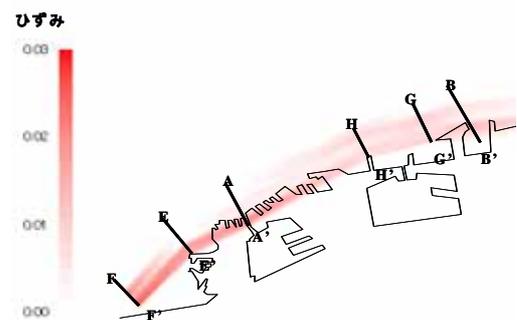


Fig.6 最大せん断ひずみ

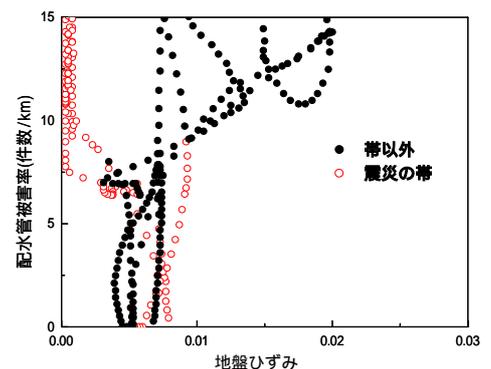


Fig.8 地盤ひずみと配水管被害率

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)神戸市 財団法人 建設工学研究所：阪神・淡路大震災と神戸の地盤 p.75 平成 11 年 3 月 6)神戸市水道局 神戸市水道一般平面図 平成 12 年 4 月