

地震被害と地盤特性の相関性について

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○丸野 寛之 熊本大学 江崎 潤

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、当研究室開発の応答解析プログラムを用いて、実被害と解析結果との対応性の検討をしようとするものである。解析では、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求めた。それぞれを、気象庁震度階(旧震度)分布および上水道管被害率分布との相対精度をとるとよい対応を示すことが分かった。以下それらに関して考察を行っていく。

2. 地盤の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、非線形有効応力解析プログラム NUW2 を用いる¹⁾。

(1)表層地盤モデル 解析の対象とする表層地盤モデルは、Fig.1²⁾に示し、A-A'からF-F'までの8断面を解析対象としたが、そのうち神戸市中央区三宮付近の A-A'断面を有限要素モデル化したものを Fig.2 に示している。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。

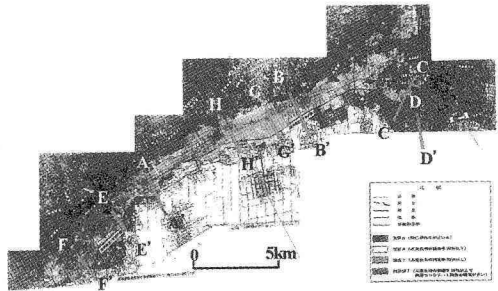


Fig.1 神戸付近地図

(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 10.0m/s² 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させた。

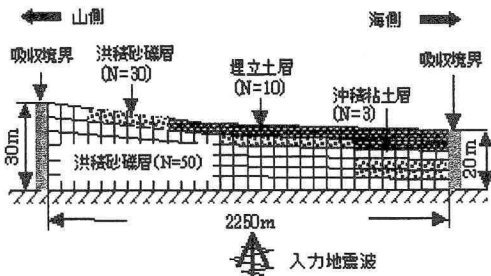


Fig.2 神戸地盤モデル

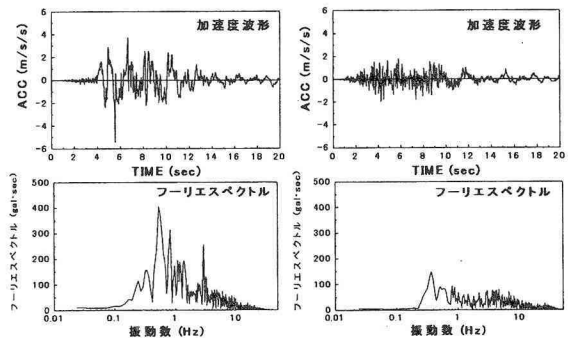


Fig.3 入力地震波

3. 解析結果と考察

最大加速度の大きさの違いにより、地表面の加速度応答値が Fig.4 のような結果となった(A-A'断面)。これを見ても分かる通り、 $A_{MAX}=0.1, 1.0m/s^2$ 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、 $A_{MAX}=5.4, 10.0 m/s^2$ とした場合で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のが分かる。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ており、妥当な結果だといえ

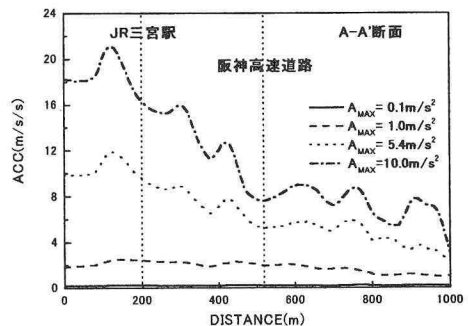


Fig.4 地表面応答加速度

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'断面を除いた残りの6断面に共通している。この加速度応答値から震度を算出し、実被害と比較したものがFig.5である。解析における計測震度の算出は、実際に計測された $A_{MAX}=5.4m/s^2$ の地震波に対する地盤モデルの応答から算出している。

Fig.5は応答解析から求めた地盤の計測震度を震度階に直し、震災の帯によ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。これを見ると、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生じ、一方で海側の軟弱な地盤では解析震度階の方が大きく生じる傾向がある。しかし、その食い違いは2割に満たない程度であり対応は取れているといえる。図に示しているのはA-A'断面の結果のみであるが、その他の断面を含めた震度階の相対精度を求めて表にしたものがTable.1である。表をみると、各断面とも良い一致を示しているのが分かる。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てしまう。

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一化したものであり、Fig.7⁵⁾は、実際の配水管被害分布である。Fig.6では、液状化により地盤剛性の低下した(地盤剛性についての考察は講演に譲る)海側の地域で、せん断ひずみが大きく出ているのが分かる。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.8⁶⁾である。この図を見ると、極端な部分を除けば、おおその傾向がみられる。極端な部分とは、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ある。ここでは、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 ○)。それを裏付けるように、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いる。したがって、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せん断ひずみの影響は大きいといえる。具体的な値については講演時に譲る。

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

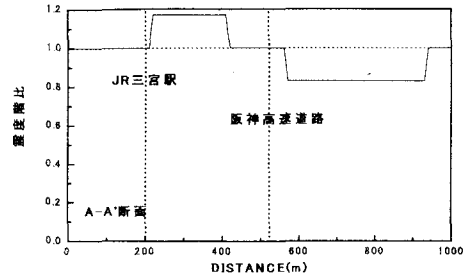


Fig.5 震度階比

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

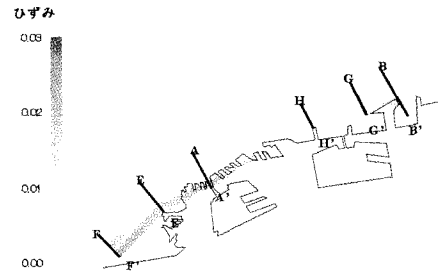


Fig.6 最大せん断ひずみ

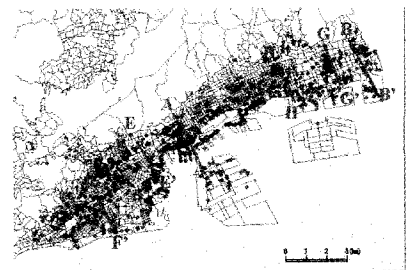


Fig.7 配水管被害率分布⁵⁾

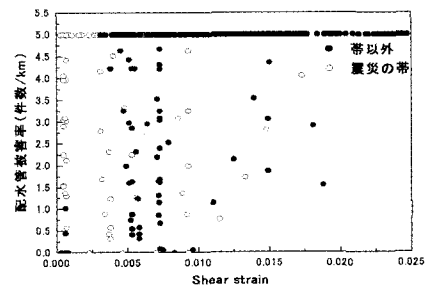


Fig.8 ひずみと配水管被害率