

神戸大学工学部 フェロー 高田 至郎

神戸大学工学部 正会員 李 騰雁
神戸大学大学院 学生員 ○西川 啓二

1.はじめに：本研究では高田ら¹⁾による形状補間法により、兵庫県南部地震における都市部やその周辺に設置されている観測機器による記録をもとに GIS を介して広域地域の町丁目別地表面最大加速度および最大速度分布の推定をおこない、適用手法に関する精度について評価する。

2.地震動補間手法の概要：形状補間法は、有限要素法などで用いられる手法で、分散して設置されている地震計位置をノードとしてネットワークを形成し、形成された面において地震動(最大加速度および最大速度)を補間する。観測点が一般に同種の地盤に位置しないため、本手法では図1に示すように地表面での観測記録を工学的基盤面に戻し、基盤面において補間した地震動を表層地盤との増幅率を考慮して、式(1),(2)より任意地点における地表面での地震動を推定する。

$$A_{\max} = \sum_{i=1}^m N_i \cdot A_i \frac{C_G}{C_{Gi}} \quad (1)$$

$$V_{\max} = \sum_{i=1}^m N_i \cdot V_i \frac{C_k}{C_{ki}} \quad (2)$$

A_{\max}, V_{\max} : 地表面最大加速度, 地表面最大速度

A_i, V_i : 観測点 i における地表面最大加速度, 地表面最大速度

m : ネットワークの節点数

C_G, C_k : 基盤面から地表までの最大加速度, 最大速度の増幅率

C_{Gi}, C_{ki} : 観測点 i における地表から基盤面までの最大加速度, 最大速度の増幅率

N_i : 各々の形状における形状関数で、ここでは、4 節点形状関数のみを示す。

$$\begin{aligned} N_1 &= 0.25(1-\xi)(1-\eta) & N_2 &= 0.25(1+\xi)(1-\eta) \\ N_3 &= 0.25(1+\xi)(1+\eta) & N_4 &= 0.25(1-\xi)(1+\eta) \end{aligned} \quad (3)$$

なお、速度記録のない観測点については、3.に示す検討結果から地盤卓越周期と A_{\max}/V_{\max} の関係式より推定値を使用した。また、神戸本山観測点における速度記録は、kagawa²⁾による修正値を用いた。

同様の手法を用いて8節点形状補間も可能であり、一般に高次の形状関数による補間が精度がよい¹⁾とされている。本題では、兵庫県南部地震において得られたデータ³⁾を用いて、4節点形状補間法と8節点形状補間法による地震動の推定をおこなった。

3.地盤増幅特性の検討：ボーリングデータからI種、II種、III種の地盤種別に地盤をモデル化して、ポートアイランド波 GL-83m(NS)の最大加速度を100,200,300,400,500galに振幅調整した波形を入力波として、一次元等価線形手法"SHAKE"を用いて解析をおこなった。その結果、各地盤種別に対して、基盤面入力最大加速度と地表面応答最大加速度の関係を指数近似したものを図2に示す。また、先に使用した加速度波形を

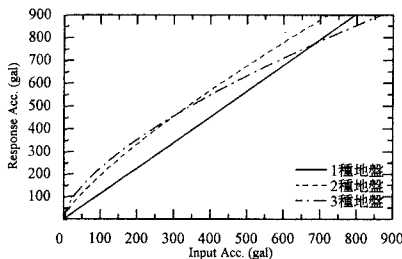


図2 入力最大加速度と地表面応答最大加速度

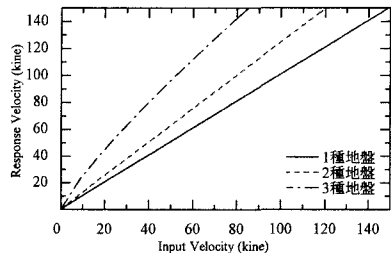


図3 入力最大速度と地表面応答最大速度

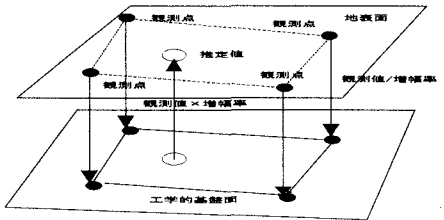


図1 形状補間の概念

速度波形に変換し、同様に基盤面入力最大速度と地表面応答最大速度の関係を指数近似したものを図3に示す。これらの結果より、各地盤種別に対して、式(1),(2)中の増幅率を基盤面入力レベルを考慮して決定した。なお、ここで解析地盤モデルの地盤種別は、道路橋示方書⁴⁾に従った。また本研究において、Ⅲ種地盤のうち液化発生確率が高いと考えられる埋立地盤をⅣ種地盤とし、ポートアイランドおよび東神戸大橋に設置されている鉛直アレー観測記録のうち、最下部と地表面記録の平均から基盤面から地表面までの最大加速度増幅率を0.75、最大速度増幅率を1.23とした。

4.補間結果とその比較：4節点形状補間による地表面最大加速度の結果を図4に示す。紙面の都合上、地表面最大速度、および8節点による形状補間の結果は発表時にゆずる。

図4の推定結果より、地震被害の著しかった神戸市街地において600galを越える地域が多く分布しており、神戸市街地から宝塚方面へと帯状にのびていることがわかる。気象庁震度階の震災の帯と比べてもほぼ同様な結果が見られる。また、地表面最大加速度は、神戸市沿岸部において液化化の影響を受け小さくなる結果となった。

地表面最大速度補間結果は、地表面最大加速度と同様に被害の集中した神戸市街地で大きな値となり分布している。また、地表面最大加速度の低い沿岸部において地表面最大速度が大きな値として分布している。ところで、JR鷹取駅付近で他の地域に比べて地表面最大速度が大きく分布したのは、JR鷹取駅における地表面最大速度記録が127kineと大きいためである。

つぎに、8節点形状補間結果における地表面最大加速度分布は、4節点形状補間より気象庁震度階の震災の帯により近く、精度が良いことがわかった。しかしながら8節点形状補間は、ネットワークの形や節点位置にどの観測点が位置するかによって地震動推定結果が大きく変わる可能性がある。

また、観測機器の振切れなどのためネットワークを再構築して、地表面最大加速度・最大速度の補間をおこなった。この結果から4節点形状補間は、8節点形状補間に比べて簡便にネットワークを構築でき、十分な精度があることが知られた。

5.まとめ：兵庫県南部地震において得られたデータを用いて、形状補間法により4節点および8節点による地震動推定をおこなった。その結果を以下にまとめる。

- ①形状補間法による地表面最大加速度分布は、気象庁震度階の震災の帯に近い分布を示しており十分な精度を有している。
- ②8節点形状補間での推定結果は、4節点形状補間よりやや精度がよいが、8節点ネットワークの形やネットワークを構築する節点にどの観測点が位置するかによって変化する。
- ③観測機器の数が少ない地域や、近傍の観測点における観測記録に大きな差が生じる直下型地震では、4節点形状補間が適している。

今後、地形的効果を考慮した地震動補間や、推定精度向上のため密な観測機器の設置が望まれる。

参考文献:1)高田ら:地震動モニタリングとライフラインのリアルタイム被害想定,構造工学論文集,PP.250-256,1993.3

2)Kagawa,T.,Irikura,K.andYokoi,I.:Restoring clipped records of near field strong ground motion during the 1995 Hyogo-ken Nanbu(Kobe).Japan Earthquake,Journal of Natural Disaster Science,1997(in print)

3)ガス地震対策検討会:ガス地震対策検討会報告書 参考資料,平成8年1月

4)日本道路協会:道路橋示方書・同解説V耐震設計編,1996.12

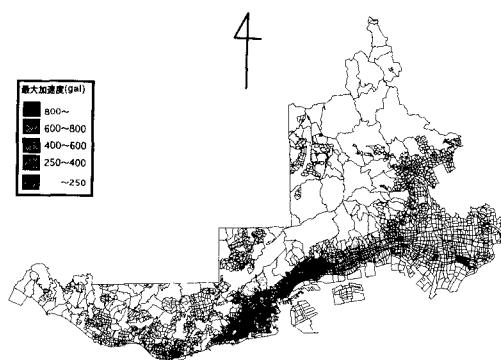


図4 4節点形状補間による地表面最大加速度