

神戸大学工学部 710- 高田 至郎

(株)パスコ 正員 ○川村 雄一朗
神戸大学大学院 学生員 福田 克己

1. はじめに

都市地域での電力・ガス・水道・通信等のライフラインシステムでは広範囲に地中管路が張り巡らされており、兵庫県南部地震のような大地震が発生し、被害が同時多発した場合にすみやかに被害箇所を把握することは非常に重要である。被害箇所の把握の遅れは2次災害の発生を促し、それはすなわち復旧作業の遅れへとつながる。このことから被害の早期把握は非常に重要であることがわかる。

本研究では福井ら¹⁾によって提案されている手法を用い、都市部や周辺地域に分散して設置されている観測機器の兵庫県南部地震での実測値を用いて任意地点における地表面最大加速度の推定を行う。そして得られた地表面最大加速度をもとにGISを用いて町丁目別の地表面最大加速度分布図を作成し、震度分布等と比較、検討を行う。さらに地震が発生し、地震動が基盤面に到達後、地表面までの間の地盤条件で地震動がどのように増幅されるかという増幅特性について非線形有限要素法による解析を行い、検討を加える。

2. 形状補間法の概要

本研究で扱う形状補間法では観測地点が同一の地盤に位置する場合には地表面での補間が可能であるが、異なる地盤では工夫が必要である。そこで図-2.1のように観測値を表層地盤から基盤にいったん戻し、基盤において補間した加速度を表層地盤の増幅率を用いることによって観測点とは異なる基盤に位置する任意地点における表層での最大加速度を求める。その際の推定には式(2.1)を用いる。地盤種別については道路橋示方書での区分に加え²⁾、液状化の発生した地域では地盤の剛性が低下し加速度が増幅されず、値が小さくなることを考慮してGISでの地質区分が埋立地の地域を岩盤と同じ係数0.8と設定して補間を行う。

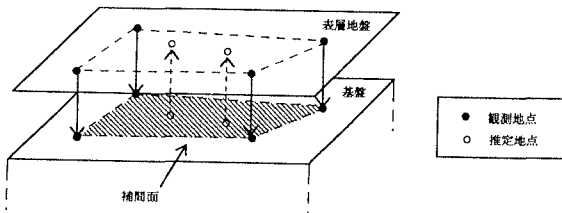


図-2.1 空間的広がり考慮した加速度推定

$$A_{\max} = \sum_{i=1}^m N_i(\xi, \eta) A_i \frac{C_{Gi}}{C_G} \quad \text{式(2.1)}$$

A_{\max} : 地表面最大加速度

m : 要素節点数

C_G : 補正係数 (I種地盤: 0.8, II種地盤: 1.0,
III種地盤: 1.2, 埋立地: 0.8)

C_{Gi} : 節点 i での増幅率

3. 推定結果

図-3.1の推定結果を見ると地震による被害の多かった地域の神戸市、芦屋市、西宮市などでは加速度が600gal以上という大きな値を示している。また、伊丹市や宝塚市付近で加速度の大きい地域が若干あり、先に述べた地域と共にL字型の加速度の強い分布を形成しているのが特徴的である。垂水区では補間加速度のほうが値の大きい分布となっているが、気象庁発表の震度7地域でも同様なL字型の分布が見られ、結果としてはかなり妥当な加速度の値が推定できたのではないかと考える。

図-3.2に補間水平加速度の内訳と地形分類の関係を示す。図より山地、山麓、丘陵、段丘などの古く硬い地形では250~400galという低い値の割合が多いことがわかる。また扇状地1で加速度の低い割合が多く、扇状地5で逆に加速度の高い割合が多くなっており、このことは年代の古い地形ほど硬い地盤であるという一般的な考えに一致する。また天井川と旧河道で加速度の高い値の割合が多く、これらの地形では比較的新しく軟弱な堆積層によって形成されていることがわかる。

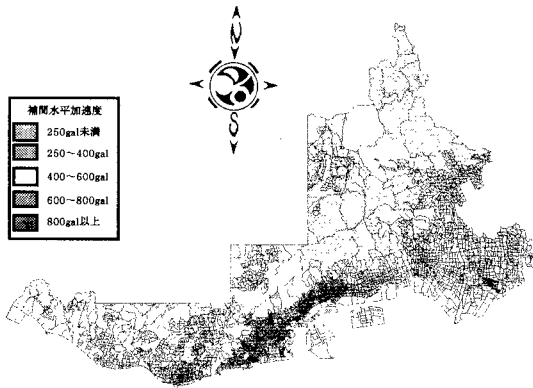


図-3.1 補間水平最大加速度分布

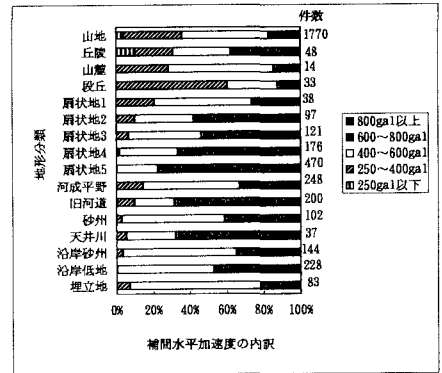


図-3.2 補間水平加速度と地形分類

4. 地盤増幅特性に関する検討

本研究においてはボーリングデータを用いてⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種地盤それぞれ数種類についてモデル化し、非線形有限要素法を用いて地盤増幅特性に関する解析を行う。

解析モデルは13層で構成された135m×35mの成層地盤とし、ボーリングデータをもとに密度、ヤング率、粘着力などの土質定数を決定する。なお、どのボーリングデータがどの地盤種別であるかの区別は道路橋示方書に従い地盤卓越周期を求め、0.2秒以下をⅠ種、0.2以上0.6秒未満をⅡ種、0.6秒以上をⅢ種とする。

図-4.1に本研究の非線形解析で求めた、地盤卓越周期と増幅率(表層の最大加速度と基盤の最大加速度の比)の関係を示す。本図より従来考えられていたⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種の順で地震動が大きく増幅されるという傾向に反する結果となっている。しかし近年、兵庫県南部地震などのように大規模な内陸直下型地震においては反対に岩盤のような硬い地盤ほど加速度が大きく増幅されるという考えもある。したがって地盤増幅率を考える場合その地震動のレベルによってその増幅率が変わることに留意する必要がある。

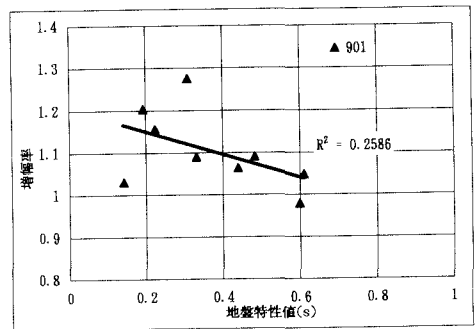


図-4.1 地盤卓越周期と増幅率

5. おわりに

本研究では地震発生後の早期被害把握システムを構築するうえで重要な役割をもつ地震動分布を推定する手法のひとつとして形状補間法について検討を行った。地震動の推定手法として形状補間法を用いることにより、限られた地震動の観測記録から被災地域全体での地震動分布図を作成し、またそれをGISに入力することにより各丁目ごとの最大加速度を明確にした。結果として得られた地震動分布は気象庁の発表した震度7地域を内包する分布を示し、また各丁目地域の地形・地質特性と十分に関連性がみられた。

今後の課題として形状補間法ではモニタリングネットワークの作成の仕方によって推定加速度の値が変化したり、観測記録の得られない場合に外挿補間となり著しく精度が低下することが考えられるため、可変性を持つ複数のネットワークを構築していくべきである。そのためにも観測機器の充実が望まれる。

【参考文献】

- 1) 高田・高谷・小川・福井：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推定，構造工学論文集，PP. 250-256，1993.3
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，日本道路協会，PP. 34-36，PP. 122-134，1990.2