

神戸大学 工学部 高田 至郎
清水建設 ㈱ 福井 真二
舞鶴工業高等専門学校 高谷 富也
大阪ガス ㈱ 小川 安雄

1. はじめに

ライフライン事業者では都市部およびその周辺地域に独自の地震観測網を巡らし、観測データの蓄積を通じて自社保有のライフライン構造物の地震時挙動解析や被害予測などに適用している。しかしライフラインネットワークの広がるあらゆる地点に地震観測機器を設置することは経済的に不可能であるため、従来は重要な構造物や施設などを選んで観測機器を設置せざるを得なかった。ところが地震直後における被害状況の把握や復旧戦略の策定などの面から、限られた地点に設置された観測機器からの実測データを用いて供給地域全体における地震動分布を推測する必要がある。そこで本論文では著者らの既設論文^{1), 2)}を受けて提案する推定手法について、実地震データを用いた推定精度の検証を行うとともに、供給地域全体における地震動推定シミュレーションを行った例を示す。本手法により点データであるモニター地震計の観測データが面データに拡張されるため、限られた地震動記録より供給地域全体の地震動分布を推定することが可能である。

2. 推定手法について

本論文で提案する地震動推定手法は、有限要素法や境界要素法に用いられている形状補間関数を用いて行うもので、推定式は次式である。なお、ここでは地形の平面的広がりを考慮して、観測地を一旦基盤に戻し基盤面において補間した加速度値を、表層地盤の増幅率を用いることによって推定地点での加速度値を求めて一次元の加速度値を二次元に拡張している。

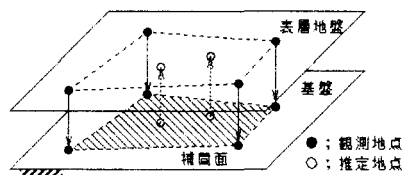


図-1 空間的広がりを考慮した加速度推定

$$A_{\max} = \sum_{i=1}^n N_i(\xi, \eta) A_{\max i} \cdot \frac{C_g}{C_{gi}}$$

ここに、 C_g ：地盤別の補正係数（道路橋示方書⁴⁾に示された値で、Ⅰ種 0.8、Ⅱ種 1.0、Ⅲ種 1.2)

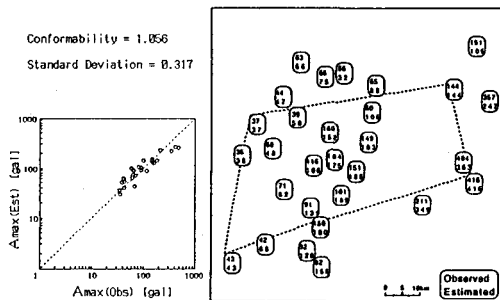
なお、推定手法の詳細については、紙面の都合上、文献1)～3)に譲る。

3. 実地震観測記録を用いた精度の検証

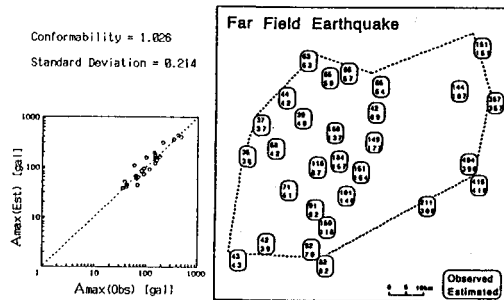
図-2は、千葉県東方沖地震（1987年12月、 $M=6.7$ ）における最大加速度観測データ（gal）をもとに推定した結果を示したもので、(a)、(b)はそれぞれ、4節点および8節点形状関数によるものである。本手法の推定精度を検証するために、観測された加速度と推定した値がどの程度一致するかを観測値と推定値の比、すなわち適合度（conformability） α_i の平均値 $\bar{\alpha}$ およびその標準偏差を用いる。一般に、適合度が1に近く、かつ標準偏差が1に対して小さければばらつきが小さく精度の良い推定であることを意味する。観測された最大加速度値を $A_{\max(Obs)}$ 、推定最大加速度を $A_{\max(Est)}$ とすれば、適合度は次式で表される。

$$\alpha_i = \frac{A_{\max(Obs)}}{A_{\max(Est)}}, \quad \bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n}$$

図-2より、観測地点の座標、地盤種別の読み取り誤差を考慮すれば、かなり良い精度で推定していることが伺われる。また、(a)と(b)との比較から高次の形状関数ほど正確な推定が可能といえる。



(a) 4 節点形状関数



(b) 8 節点形状関数

図-2 実地震データを用いた推定手法の検証

4. 広域地震動推定シミュレーション

図-3は約4000km²内の600万人にガス供給をしているライフライン施設について設計したモニタリング・ネットワークで、図-4は地震計から得られた情報から、本手法によって補間的に求められた地震動分布を示したものである。図-4は、河内大和地震(M=6.4)を例に取り、PCにより実行したものであるが、地震動分布状態を描き出すのに要した時間は60秒以内である。なお、テレメタリングされる既設・設置候補点での観測加速度値は、アテニュエーション式⁵⁾を用いている。

5. まとめ

著者らが提案する、限られた地震観測地点におけるデータから、任意地点、ひいては地域全体における地震動強度を推定する手法の精度の検証において良好な結果を得ることができた。本手法を用いることによって必要最小限の地震観測機器の設置が可能となるが、正確な地震動把握という意味においては、高次の形状関数を用いた推定地域の形状の複数分割を行うためにも、できる限り観測機器を多数設置すべきであることは言うまでもない。しかしながら、最初にも述べたように1つの事業者があらゆる地点に地震観測機器を設置することは経済的にも困難であることから、本手法を適用することはリアルタイムな被害予測およびその後の復旧戦略の策定に極めて有効であるものと考えられる。

【参考文献】

- 1) 高田至郎, 高谷富也: 形状補間関数による地震動の推定について, 土木学会第46回年次学術講演会, 1991.
- 2) Takatani, T., Takada, S., Fuke, T., and Fukui, S.; An estimating method of predicted seismic ground motions and arrangement of remote monitoring seismographs for early detection of earthquake damages, Proc. of 10th WCEE, Vol. IX, pp.5569-5575, July 19 - 24, Madrid, 1992.
- 3) 高田至郎ほか: 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, 土木学会論文集 (投稿中)
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, pp.49-62, 1990.
- 5) 後藤尚男, 亀田弘行, 杉戸真太: 地震動の最大地動予測におけるN値を用いた地盤条件の評価法について, 土木学会論文集 第317号, pp.69-77, 1982.1.

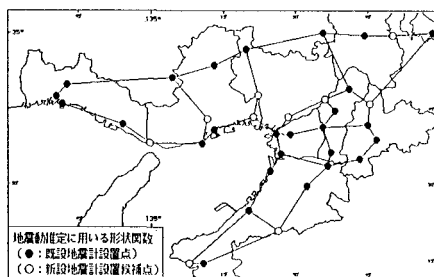


図-3 地震動モニタリングネットワーク

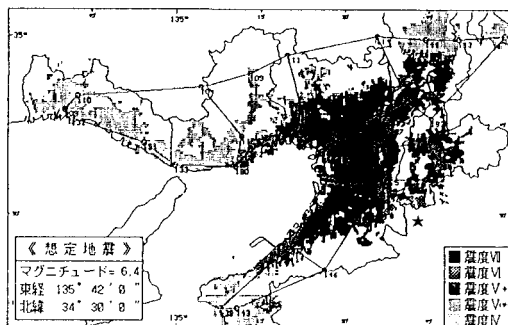


図-4 広域地震動推定シミュレーション