

(I - 13) 震後即時地震動特性予測手法に関する研究

建設省土木研究所 正会員 田淵義弘

建設省土木研究所 正会員 萩原良二

建設省土木研究所 正会員 二宮嘉朗

1. まえがき

強震観測記録を基に構造物の被害を予測するためには、構造物の被害と相関の高いと考えられる地震動特性（最大加速度、スペクトル強度等）の構造物設置点における値を求める必要がある。これまで、距離減衰式^{1) 2)}によりこれらの値を予測する方法が提案されてきたが、この方法を用いた場合、震央位置とマグニチュードが既知でなければならないため震後即時における地震動特性予測手法としては適当ではない。本研究では震央位置やマグニチュードの値を用いず最大加速度およびスペクトル強度を予測するために、地震時に各観測地点で得られたこれらの値を基に任意地点における予測を行う方法について検討する。

2. 解析方法

2.1 予測手法

観測点のみから最大加速度 (A_{max}) およびスペクトル強度 (SI 値) を予測するために以下に述べる 3 つの予測手法を検証する。

Method1: 観測地点の地震動特性値 V_i を予測地点 P から観測地点 R_i までの距離 L_i により加重平均する (式-1、図-1)。

$$V_P = \frac{\sum \left(V_i \times \frac{1}{L_i} \right)}{\sum \frac{1}{L_i}} \quad \text{----- (式-1)}$$

V_P : 任意地点における予測値 (A_{max} 、SI 値)

L_i : 予測地点 P から観測地点 R_i までの距離

V_i : 観測地点 R_i における値 (A_{max} 、SI 値)

Method2: 観測地点の座標を (X,Y)、その地点の A_{max} または SI 値を Z 座

標とし、観測点三点を通る平面方程式 (式-2) を用いて、任意の予測地点における予測値 (A_{max} , SI 値) を求める (図-2)。この予測値を観測点より構成される三角形すべてについて求め、式-1の方法で加重平均する。ただし、この時の L_i は、観測地点三点で構成される三角形の図心から予測地点までの距離 L_G とする。

$$AX + BY + CZ = 1 \quad \text{----- (式-2)}$$

Method3: 観測地点三点で構成される三角形の内側に予測地点を含むもの

みについて Method2 と同じ予測手法を使う (図-3)。

2.2 解析に用いるデータ

多くの観測点を有し、異なる位置に震源がある場合を検討するために本解析では適当な点に観測地点、予測地点、震央地点を設定し、距離減衰式^{1) 2)}を用いてその観測地点における最大加速度およびスペクトル強度を設定する。その後、前述の 3 つの手法により予測地点におけるそれらの値を算出するものとする。この時、距離減衰式には統計的なばらつきがある (ばらつきの原因は、観測地点の地盤の増幅特性の違いなどである) ことを考慮するため、ばらつきが正規分布であるとして、確率的に観測地点の A_{max} 、SI 値を設定した。

2.3 N_T について

ここで予測地点の位置に関する指標として N_T を定義する。これは、観測点でつくられるすべての三角形のうち、その内部に予測地点を含む三角形の数を示す。つまり、上記の図-3においては P_2 は三角形の内部に含まれていないゆえに $N_T=0$ 、 P_1 は $N_T=2$ と言うことになる。ここで観測点の数が、(3,4,5,6,7,8...) と増加する

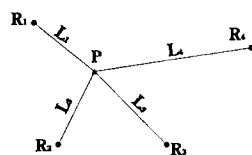


図-1 Method1 の概念図

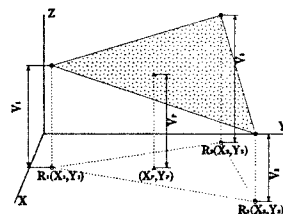


図-2 Method2 の概念図

P を予測する場合、 $\triangle R_1 R_2 R_3$ の予測値は使うが、 $\triangle R_1 R_2 R_4$ の予測値は使わない。

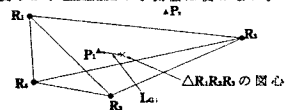


図-3 予測地点と対象観測地点の関係 (Method3)

とそれらの観測点でつくられる三角形の数は(1,4,10,20,35,56…)と飛躍的に増加する。 N_r が大きいと予測地点は多くの観測地点に囲まれていることになり、高い精度が期待できるといえる。

2.4 解析の方法

前述のように、ばらつきを考慮した距離減衰式により観測地点の A_{max} 、SI 値を設定する。ばらつきを考慮しない距離減衰式により予測地点におけるそれらの値も設定し、先に挙げた3つの予測手法により得られた予測値を式-3を用いて比較する。一つの予測位置ですべての観測値を確率的に100回設定し、それぞれの予測値を求め、この100回分の $\log U$ の標準偏差を求める。この標準偏差を求める作業を予測位置を変えて150回行った。

$$U = (\text{実測値}) / (\text{予測値}) \text{----- 式-3}$$

前述のように式-3における実測値は距離減衰式により設定した値である。

3. 解析結果

以下に上述の方法により解析した結果を示す。ただしここでは地震動特性の値として A_{max} の結果のみを示す。横軸に予測地点の N_r 、縦軸に2.4に示した標準偏差を示す。図-4、図-5はそれぞれ震央地点と予測地点の距離が遠い場合(100km)と、近い場合(0km)について示したものである。

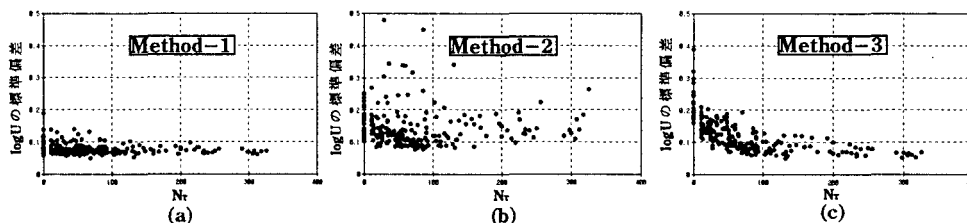


図-4 震央地点と予測地点の距離100kmにおける N_r と標準偏差との相関図

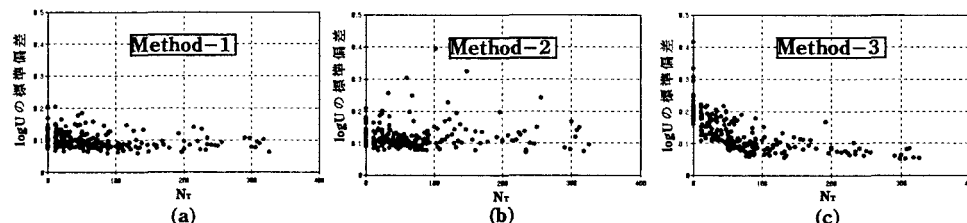


図-5 震央地点と予測地点の距離0kmにおける N_r と標準偏差との相関図

図-4、図-5より、Method1については N_r の大小に関わりなく標準偏差は小さく、かつ標準偏差の値のばらつきが3手法中最も小さい。(c)からMethod3は N_r が大きくなるにつれて標準偏差は小さくなり、またそのばらつきも小さくなることがわかる。 N_r が大きいと3手法の中で最も標準偏差は小さい。また(b)によるとMethod2は一般に3手法中、標準偏差のばらつきが最も大きい。

図-4と図-5を比較すると、Method1は震央位置が遠い(100km)程標準偏差のばらつきは小さく、その値も小さいが、Method2は逆の傾向を示している。

4. あとがき

強震観測記録より任意の地点の最大加速度、スペクトル強度を求める手法について、3つの手法を比較・検討した。その結果、観測点と予測地点の距離に着目したMethod1が一般に最も精度良く算出できることがわかった。しかしながら震央位置などによってその精度は変化しており、今後、種々の場合についてその精度を検証し、より適切な予測手法を提案していきたい。

¹⁾ 川島一彦、相沢興、高橋和之：最大地震動及び地震応答スペクトルの距離減衰式、土木研究所報告第166号、昭和60年9月

²⁾ 二宮 嘉朗、大塚久哲：道路橋の即時震害予測手法に関する研究、第9回地震工学シンポジウム 平成6年12月