

I - 623

震後即時地震動特性予測手法に関する統計解析

——— 実地震動による検証

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

地震発生直後に構造物の被害を予測するためには、構造物被害との相関が高いと考えられる地震動特性を任意地点において簡易に予測することが必要である。震後即時にこれらの地震動特性の評価を行うためには、震央位置やマグニチュードが既知でなければならないような距離減衰式^{1) 2)}よりもとめる方法を用いず、地震時に各観測地点で得られた地震動特性から任意地点の地震動特性を直接予測する必要がある。本研究では、地震動特性として、最大加速度(A_{max})とスペクトル強度(SI値)を考え、予測手法を幾つか提案し、検討する。

2 解析方法

2.1 予測手法

各観測地点で得られた A_{max} 、SI値より任意地点の A_{max} 、SI値を予測する手法として以下の3つの手法を提案する。

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)。

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

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)

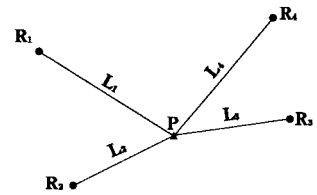


図-1 Method1の概念図

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

る三角形の全ての組み合わせのうち、その内部に予測地点を含むもの(図-3)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_{ci} とする。

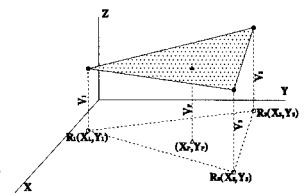


図-2 Method2の概念図

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

Method3: 観測地点を含むかなり大きな地域を等間隔メッシュで区切り、をメッシュの交点を震央位置と仮定して式-3を用いて回帰を行い、A, Bを求める。メッシュの交点全てで回帰を行い、実測値との差の平方和の最も小さいものの点を震央位置として予測したものを予測値とする。

$$V_P = A \times (d+30)^B \quad \text{----- (式-3)}$$

d : 震央距離

A, B : 定数

2.2 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³⁾。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_1 は $N_T=2$ 、 P_2 は三角形の内部に含まれていないゆえに N_T

$=0$ 、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_T 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。

P_1 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。

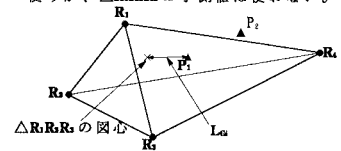


図-3 観測点の抽出について

2.3 解析に用いる記録

検証には、過去に生じた地震の内、一つの地震で地盤上の加速度記録が4以上得られた36地震を用いる。なお、 $A_{\max}$ およびSI値は強震記録の水平2成分を合成して最大となるものを使う。

2.4 解析方法

1地震について記録の取れた観測地点のうち、1点の $A_{\max}$ 、SI値をその他のすべての観測地点の値から予測し、実測値との比較を行う。

予測の評価としては、式-4に述べる $\text{Log}U$ の値について行う。

$$\text{Log}U = \text{Log}\{(\text{実測値})/(\text{予測値})\} \text{----- (式-4)}$$

3 解析結果

予測手法毎の $\text{Log}U$ の平均値、標準偏差を表-1に、 N_T と $\text{Log}U$ との関係を図-4に示す。

表-1 予測手法ごとの $\text{Log}U$ の平均値及び標準偏差

	Method1		Method2		Method3	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
$A_{\max}$	-0.0912 (-0.0537)	0.3155 (0.2632)	----- (0.0000)	----- (0.2724)	-0.0105 (-0.0036)	0.6471 (0.2844)
SI値	-0.0804 (-0.0577)	0.2890 (0.2571)	----- (-0.0033)	----- (0.2477)	0.0018 (-0.0012)	0.5693 (0.3089)

()内は $N_T \neq 0$ の時の $\text{Log}U$ の平均値または標準偏差

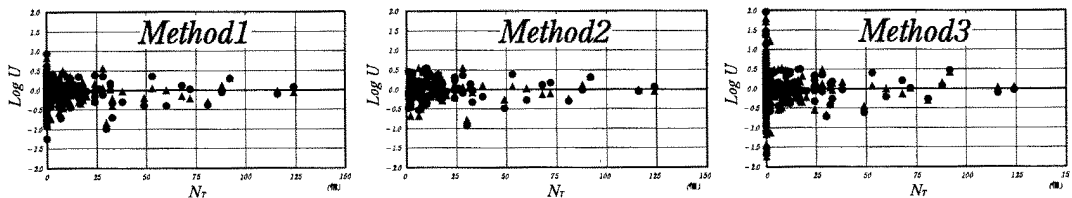


図-4 各予測手法の N_T と $\text{Log}U$ との関係

4 結果の考察

各予測手法の $\text{Log}U$ の平均値はほとんどが負の値になっている。これは、平均的には実測値よりも予測値の方が大きめに出ることを示しており、これらの予測手法は平均的に見れば安全側の値を取ることがわかる。標準偏差はMethod1が N_T に関わり無く小さい値を取っている。Method2については $N_T \neq 0$ の場合にしか予測することはできないが、 $\text{Log}U$ の平均値が0に近く、かつ標準偏差も小さい値を取っている。

5 あとがき

強震観測記録より任意の予測地点の $A_{\max}$ 、SI値を求める手法について、3つの手法を比較・検討した。その結果として、 $N_T=0$ の時にはMethod1が、 $N_T \neq 0$ の時にはMethod2が有効な予測手法であることがわかった。Method3については1地震において記録の取れた観測地点の個数が多く、かつ N_T が大きいものについては精度良く予測することができると思われるが、そのような記録が多くはなく実際にもそのように高い密度で強震観測地点のある地域も多くないため、実用的ではない。

今後はこれらの手法を組み合わせ、さらに精度の高い手法の検討を行いたい。

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

³⁾ 田淵義弘、二宮嘉朗、萩原良二：震後即時地震動予測評価手法についての研究：第22会土木学会関東支部技術研究発表会