

I-521 関東及び周辺地域の水平最大加速度推定式

東電設計（株） 正会員 ○安中 正

東京電力（株） 正会員 海津 信廣、野沢 是幸

1. まえがき 動的解析に基づく耐震設計では入力地震動の最大加速度を設定することが必要であり、そのために各種の最大加速度推定式が提案されている。しかし、推定式の形や回帰の方法は様々である。筆者らは、関東及び周辺地域の地震観測記録を用いて震源深さの影響を明らかにするとともに、震源近傍での制約条件を課して、断層近傍まで適用できる式を提案した¹⁾。その後、1987年12月17日千葉県東方沖地震（ $M=6.7$ ）など最大加速度が比較的大きなデータが蓄積されてきている。それらのデータを活用して推定式の形や回帰方法に関する基本的な問題を再検討し、前報¹⁾で提案した式の形を一部変更して新たに推定式を決定した。

2. データ及び地点特性を考慮する必要性 震源深さが100km未満の地震に対して震央距離が500km以内で得られた記録の地表またはそれに準ずる場所での水平2成分の最大加速度の平均値をデータとして用いた。前報¹⁾と違い基盤波形には変換していない。データの分布を図-1に示す。千葉県東方沖地震の場合には断層面までの最短距離を与える点に対する距離を用いている。記録が得られている地点の条件は様々である。各観測点毎に観測値と推定式による計算値の比の対数の平均（観測点補正值）を求め、推定式による補正值の違いを検討した。

その例を図-2に示す。この例は式の形に違いがあるためばらつきが比較的大きい方であるが、全体的にみると補正值の傾向はほぼ一致している。補正值の分布範囲は広く、地点特性を考慮する必要がある。

3. 幾何減衰項と非弾性減衰項（ Q による減衰）の組合せ方 理論的な面からみると幾何減衰項を仮定して、非弾性減衰項（ Q 値）をデータから決定することになるが、経験式であるという立場にたてばパラメータが少なくデータをよりよく説明できる方がよいと考えられる。距離の項を D として、最大加速度 A の対数に対して $\log A \propto C_1 \cdot \log D$ の形で表現される場合（タイプI）と $\log A \propto C_2 \cdot D \cdot \log D$ の形で表現される場合（タイプII）の2つを比較した結果を表-1に示す。2段階と1段階の2つの回帰方法を用い、観測点補正項を考慮した¹⁾。距離 D が Δ の場合以外はすべてタイプIの方の残差2乗和が小さくな

っており、パラメータが1つの場合にはタイプIの方がデータとの適合度が高い傾向がある。

4. 距離項における震源深さの項とマグニチュードの項 前報¹⁾では震源深さは震源距離の形（ $\sqrt{\Delta^2 + H^2}$ ）で距離項の中に含まれている。この形は横軸を震央距離に取った場合、最大加速度がどの程度の距離までほぼ一定であるかを定めるものであり、

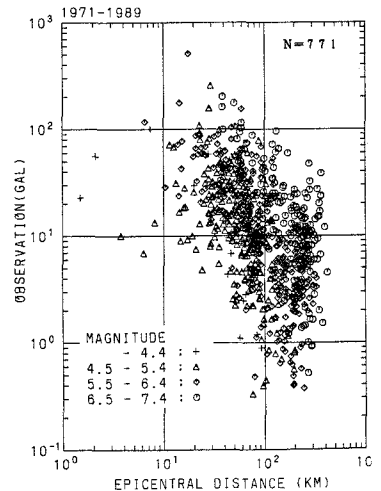


図-1 データの分布

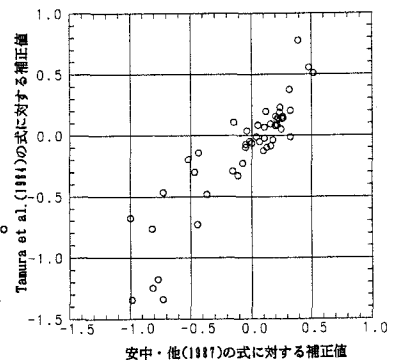


図-2 観測点補正值の関係

表-1 幾何減衰項と非弾性減衰項の組合せ方による残差2乗和の比較

距離Dの形	タイプI	タイプII	タイプI	タイプII
回帰方法	2段階	2段階	1段階	1段階
Δ	92.093	29.390	52.858	50.783
$\Delta+30$	27.531	27.956	46.980	51.177
R	24.208	27.408	44.414	50.981
$\Delta+H$	24.625	26.947	45.344	50.858
$R+0.35 \exp(0.65M)$	24.274	28.284	44.608	53.298

Δ : 震央距離, H : 震源深さ, R : 震源距離, M : マグニチュード

経験式という立場に立てば震源距離を用いなければならない理由はない。そこで、 $\sqrt{\Delta^2 + cH^2}$ の形を仮定し、残差2乗和が最小になる係数 c の値を決定した。図-3に検討例を示す。距離項の形による違いはあまりない。ただし、回帰方法による違いがあり、2段階の回帰では c が0.55で最小になっているが、1段階の回帰では0.3で最小になっている。従って、震源距離の形から期待されるよりも小さい震央距離で減衰曲線が折れ曲がり始める傾向がある。断層近傍の記録が豊富な1979年インベリアルバレー地震（ $M=6.9$ ）のデータ³⁾を用いて各式と比較した結果を図-4に示す。断層面が地表付近まで達しているが最大加速度がほぼ一定の範囲が存在しており、距離の項に定数を加えるか M の指数関数の項（ $C_1 \exp(C_2 M)$ ）を加えればその傾向を表現することができる。既往の研究によると一定の範囲は M が大きいくほど広がる傾向がある³⁾。

5. 新しい推定式の決定 これまでの検討結果を踏まえて、新たに推定式を決定した。回帰方法は前報¹⁾と同じであり、完全な2段階の方法と1段階の方法、両者の中間としてデータ数が10個以上の地震のみを第1段階の回帰で未知数として考慮する2段階の方法の3つを用いた。観測点補正値はすべての観測点で考慮し、距離項における震源深さの項の係数 c は残差2乗和が最小になるものを用いた。距離項におけるマグニチュードの項の係数は「断層面上の最大加速度は M に依らず一定である」という条件と1979年インベリアルバレー地震及び入倉の方法を用いて計算した断層近傍の最大加速度分布¹⁾にみられる折れ曲がりの位置を満足するように繰り返し計算により決定した。定数項は全地点の観測点補正値の平均値が前報¹⁾の式に対するものと一致するように決定し、平均的にみてS波速度が400m/s程度の基盤に適用できる式とした。新たに決定した推定式を表-2に示す。断層近傍では式Aが最も大きく、式Cが最も小さく、式Bが両者の中間に位置している。平均的な式としては式Bを提案する。式Bに対する観測点補正値と地表面下最上部のS波速度との関係を図-5に示す。両者の間には明瞭な相関がある。

参考文献 1) 安中・他(1987)第19回地震工学研究発表会 2) Tamura et al.(1984)Bull. ERS 3) Campbell(1981)B.S.S.A. 4) 安藤・片山(1989)土木学会学術講演会 5) 中村・富田(1984)土木学会学術講演会 6) 表・他(1978)日本建築学会大会など

表-2 新たに作成した水平最大加速度推定式

方法	推定式	重相関係数 残差の標準偏差
式 A 2段階	$\log A = 0.667M + 0.00558H - 2.281 \log D + 1.630$ $D = \sqrt{\Delta^2 + 0.55H^2} + 0.318 \exp(0.673M)$	0.944 0.175 (対数)
式 B 中間	$\log A = 0.614M + 0.00501H - 2.023 \log D + 1.377$ $D = \sqrt{\Delta^2 + 0.45H^2} + 0.220 \exp(0.699M)$	0.928 0.197 (対数)
式 C 1段階	$\log A = 0.584M + 0.00419H - 1.840 \log D + 1.166$ $D = \sqrt{\Delta^2 + 0.3H^2} + 0.150 \exp(0.731M)$	0.901 0.230 (対数)

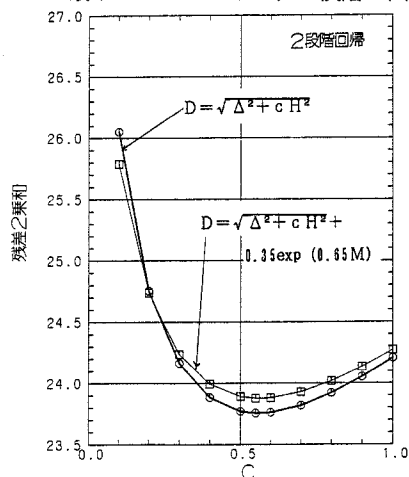


図-3 Cと残差2乗和の関係

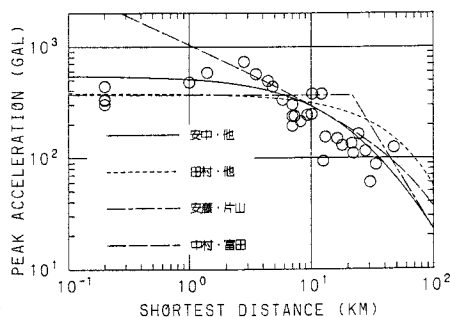


図-4 1979年インベリアルバレー地震（ $M=6.9$ ）の断層近傍のデータと $H=0$ kmとした場合の減衰曲線の比較

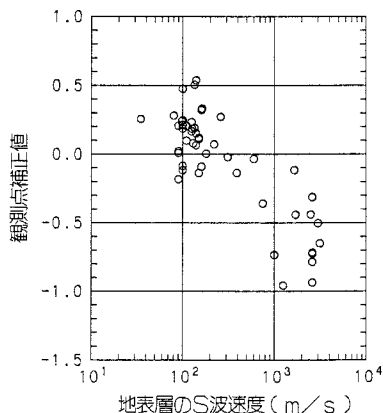


図-5 観測点補正値とS波速度の関係