

I-575

距離減衰式で計算される加速度の気象庁震度への換算

西松建設(株)技術研究所 正員 ○戸 松 征 夫
 東京大学生産技術研究所 正員 片 山 恒 雄

1. はじめに

従来から加速度の距離減衰式がいろいろ提案されており、たとえ震央距離・マグニチュードや地盤条件を同じにしても算出される加速度が異なる。いずれの式を用いれば、妥当な加速度を算出できるかを判断することは難しい。一方、気象庁震度は人間生活に密着した地震動の指標として膨大なデータの蓄積があり、距離減衰傾向も求められている。そこで、各種の最大加速度の距離減衰式により計算される加速度を震度に換算するなら、それらの評価を地震危険度などに利用することが期待できる。

2. 気象庁震度と加速度の関係の分析方法

過去の気象庁震度データを回帰分析して、筆者らは観測点の地域および地盤種別を考慮し、震度に関する次の距離減衰式を導いた¹⁾。(Ic:震度, M:地震のマグニチュード, Δ:震央距離)

$$\text{東日本(平均)}: Ic = (-0.23 + 1.107M - 0.037M^2) + (-0.092 + 0.0207M - 0.00125M^2) \cdot \Delta \quad (1)$$

$$\text{西日本(岩盤)}: Ic = (0.48 + 0.990M - 0.039M^2) + (-0.123 + 0.0274M - 0.00164M^2) \cdot \Delta \quad (2)$$

$$\text{// (沖洪積)}: Ic = (-2.16 + 1.799M - 0.096M^2) + (-0.121 + 0.0269M - 0.00160M^2) \cdot \Delta \quad (3)$$

$$\text{// (軟弱)}: Ic = (-2.83 + 1.613M - 0.051M^2) + (-0.068 + 0.0134M - 0.00073M^2) \cdot \Delta \quad (4)$$

これらの式から求められる震度を計算震度と呼び、気象庁に報告される震度を気象庁震度と呼んで区別する。計算震度は計算により求められる震度(実数値)であり、過去の気象庁震度データに関する統計的な平均を表すと考えられる。加速度の距離減衰式はこれらの式と同じようにM, Δや地盤条件をパラメータとして表されることが多い。加速度は気象庁震度と密接な量と考えられるので、既往の距離減衰式と平均的な震度の計算式との対応関係を調べ、これを気象庁震度に換算する。ただし、計算震度と加速度の距離減衰式から単にMあるいはΔを消去しても、他方のパラメータが残る、両者の関係を単純な形に表すことはできない。

そこで、MおよびΔに関して過去の地震発生状態と同じ地震群を与えてシミュレートし、計算震度と加速度との回帰式を求める。分析には1963年～1987年の地震(M)により気象庁震度Ⅲ以上の報告された観測点までの距離Δを基にして、地震データ(MとΔの組)を作り、地盤条件別に分ける。地盤種別ごとの地震データ数は、岩盤で709、洪積地盤で1719、沖積地盤で724、軟弱地盤で109である。観測震度ⅠおよびⅡに対応するデータを省き、観測点を地域分けせず一括して分析する。

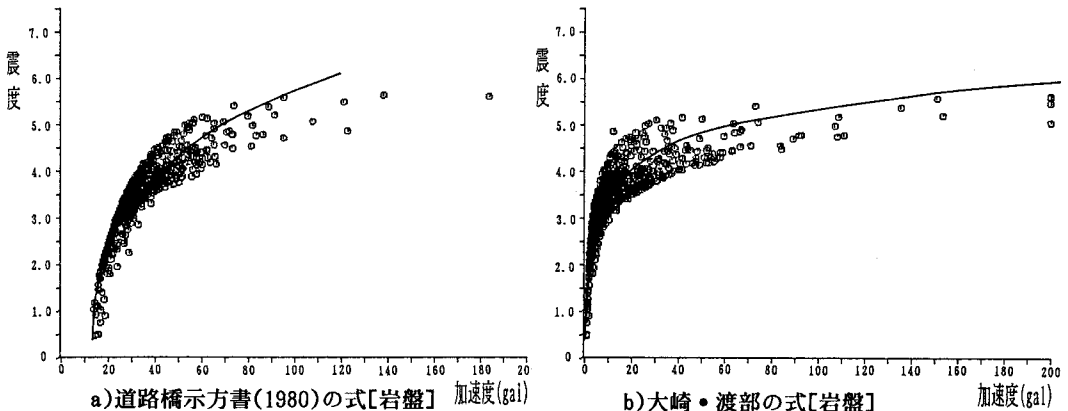


図1 計算震度と加速度の距離減衰式の対応

3. 計算震度と加速度の対応関係

地震データに計算震度および加速度の距離減衰式をあてはめ、両者の回帰線を求めた例を図1(a)(b)に示す。図1(a)は加速度に道路橋示方書(1980)[岩盤]の式を、図1(b)は大崎・渡部[岩盤]の式を用いてある。計算震度の高いデータの数はい少ない。そこで、計算震度5.0以上のデータに重み付けして回帰式を求めている。道路橋示方書(1980)[岩盤]の加速度A(gal)と計算震度Icの関係は次式により表される。

$$\log A = 0.756 + 0.221 I_c \quad (5)$$

図1(b)は図1(a)と比較して、計算震度が小さい範囲で加速度の値およびばらつきは小さいが、計算震度が大きくなると加速度値もそのばらつきも急速に増大する。大崎・渡部の式は相対的に加速度の小さい時でも計算震度が大きくなるのに対し、加速度がほぼ40galより大きいと、計算震度はさほど大きくならない。

表1には、7種15式²⁾に関する加速度の距離減衰式について同様の分析を行い、計算震度3.0~6.0に対応した加速度を示す。計算震度に対応する加速度は距離減衰式により大きく異なり、例えば、計算震度4.0に対応する加速度は5.5galから115galに分布し、その最小と最大の比率は約20倍に達する。逆に、加速度が100galであっても、計算に用いた式ごとにその意味が異なる。道路橋示方書(1980)[岩盤]の式による100galなら計算震度5.6に相当し、建設省土木研究所[岩盤]の式(道路橋示方書(1990)と同じ地震データから導かれた)による100galなら計算震度4.5に相当する。同一提案者が地盤条件により式を区別している場合に、100galに対応する震度は地盤条件によりさほど大きく相違しない。

表1 計算震度に対応する距離減衰式ごとの加速度一覧

No	距離減衰式タイプ	地盤条件	震度に対応する加速度(gal)				100gal 対応 震度
			震度3	震度4	震度5	震度6	
1	道路橋示方書(1980)	岩盤	26.2	43.5	72.3	120.1	5.6
2		洪積地盤	23.5	45.7	89.1	173.8	5.2
3		沖積地盤	27.4	49.4	88.8	159.8	5.2
4		軟弱地盤	20.3	43.3	92.5	197.4	5.1
5	建設省土研(1982)	岩盤	38.8	72.3	134.7	251.0	4.5
6		洪積沖積	33.2	64.1	123.7	238.6	4.7
7		軟弱地盤	28.0	49.9	89.0	158.8	5.2
8	後藤・亀田(1982)	沖積地盤	78.7	114.9	167.6	244.6	3.6
9	金井(1969) T=1.0s	岩盤	1.4	5.5	20.8	78.9	6.2
10	大崎・渡部(1977)	岩盤	6.2	20.7	69.5	233.0	5.3
11	篠・片山ら(1982)	岩盤	15.6	36.5	85.5	200.2	5.2
12		洪積地盤	16.9	33.4	66.0	130.4	5.6
13		沖積地盤	21.4	41.9	82.2	161.0	5.3
14		軟弱地盤	17.2	34.9	70.9	144.0	5.5
15	田村・岡本ら(1979)	岩盤	7.1	27.7	108.8	427.5	4.9
参	河角の式(1943)	区分なし	14.2	45.0	142.3	450.0	4.7
考	翠川らの式(1988)	区分なし	26.9	77.6	223.9	—	4.2

気象庁震度および加速度の観測データから、両者の関係を分析した河角³⁾および翠川⁴⁾による関係を表1の下欄に示す。これらの値を表1の他と比較すると、計算震度3.0や4.0に対応する加速度は他と同じ程度であるものの、計算震度5.0あるいは6.0ではほとんどの値より大きい。この原因は、今回用いた図1における回帰線が高震度の部分でデータを十分に表現できず、大きな加速度にならないためとみられる。回帰方法を改良して高震度での対応関係を求め直すことが、今後の課題として残されている。

4. ま と め

加速度を距離減衰式により求めると、用いる式により(地盤条件が同じでも)計算値は異なるため、いずれの式を用いるべきかを選択することが重要となる。そこで、実測データの豊富な気象庁震度を指標とし、加速度の計算値を気象庁震度に換算して比較した。ここで調査した式は一部に限られているが、任意の距離減衰式を用いて加速度を計算するのみでは、地震動強さを評価するために不十分であろう。加速度を震度に換算して情報を付加すれば共通の指標が得られ、地震動強さの評価を有効にできるのではなかろうか。

<<参考文献>> (1)戸松征夫・片山恒雄：気象庁震度の距離減衰式の地域分けと地盤種別分け，第8回日本地震工学シンポジウム，土質工学会他，73-78，1990 (2)戸松征夫・片山恒雄：地震危険度解析グラフィックシステム<ERISA-G>—システム開発の概要と解析プログラム—，東京大学生産技術研究所報告，Vol.32，No.1，1986 (3)河角広：震度と震度階，地震，第15巻，6-12，1943 (4)翠川三郎，福岡知久：気象庁震度階と地震動強さの物理量との関係，地震，第41巻，223-233，1988