

中国四国地方に震源を持つ地震の距離減衰に関する検討

中国施設設計 正会員○重村和成

山口大学工学部 正会員 麻生稔彦

リョーセンエンジニアズ 正会員 秋月裕美

1. はじめに

近年、中国地方において鳥取県西部地震、芸予地震と比較的規模が大きい地震が発生している。地震動の特性は、発震機構、伝播特性および地盤の増幅特性により評価される。しかし、これまで中国地方では地震の発生回数が少ないこともあり、この地域における地震動の特性についてあまり知られていない。そこで、本研究では地震動の伝播特性として距離減衰に着目し、中四国地方に震源を持つ地震についての距離減衰式の提案を行う。

2. 使用データ

本研究では防災科学技術研究所によってインターネット上に公開されている、強震ネット（k-net）および基盤強震観測ネット(kik-net)を用いる。これらの観測記録のうち、およそ中国・四国地方に震源を持つ地震について、1997 年以降に観測された

表-1 対象地震リスト

	発生日時	マグニチュード	震源位置		震源深さ(km)	備考		発生日時	マグニチュード	震源位置		震源深さ(km)	備考
			緯度	経度						緯度	経度		
1	Apr. 01 1997. 00 51	4.7	33 38	132 43	48	k-net	15	Oct 10 2000. 21 58	4.6	35 40	133 30	10	kik-net
2	Apr. 03 1997. 06 47	4.9	33 38	132 40	43	k-net	16	Oct 17 2000. 22 17	4.6	35 20	133 40	10	kik-net
3	Jun 25 1997. 18 50	6.1	34 45	131 67	12	k-net	17	Nov 03 2000. 16 33	4.7	35 36	133 29	10	k-net, kik-net
4	Sep 04 1997. 05 12	4.6	35 25	133 38	10	k-net	18	Dec 07 2000. 23 09	4.5	35 40	133 30	10	kik-net
5	Sep 04 1997. 05 16	5.2	35 27	133 38	6	k-net	19	Jan 09 2001. 13 37	4.6	33 59	132 37	50	k-net, kik-net
6	May 23 1998. 04 49	5.3	33 70	131 85	85	k-net	20	Jan 12 2001. 08 00	5.4	35 46	134 49	10	k-net, kik-net
7	Oct 30 1999. 06 25	5.1	34 05	133 51	13	k-net, kik-net	21	Jan 20 2001. 05 20	4.7	35 50	134 48	12	k-net, kik-net
8	Jul 17 2000. 08 00	4.6	35 40	133 40	20	kik-net	22	Jan 20 2001. 05 27	4.5	35 50	134 50	10	kik-net
9	Oct 06 2000. 13 30	7.3	35 27	133 35	11	k-net, kik-net	23	Jan 20 2001. 07 24	4.5	35 49	134 49	11	k-net
10	Oct 06 2000. 14 52	4.5	35 40	133 30	10	kik-net	24	Jan 25 2001. 19 45	4.9	34 00	134 50	50	kik-net
11	Oct 07 2000. 04 59	4.9	35 30	133 40	10	kik-net	25	Mar 24 2001. 15 28	6.4	34 10	132 70	60	k-net, kik-net
12	Oct 07 2000. 12 03	4.5	35 40	133 30	10	kik-net	26	Mar 24 2001. 19 19	4.7	34 00	132 80	50	k-net, kik-net
13	Oct 08 2000. 13 17	5.5	35 14	133 15	8	k-net, kik-net	27	Mar 26 2001. 05 41	5.2	34 10	132 70	50	k-net, kik-net
14	Oct 08 2000. 20 51	5.2	35 37	133 31	9	k-net, kik-net	28	Apr 03 2001. 21 14	4.9	33 80	132 00	70	kik-net

M4.5以上の地震28個を抽出した。これらの地震を表－1に示す。抽出した地震の大半はM5.0未満であり、震源深さは20km以下の比較的浅い地震が多い。これらの地震について震源を中心として半径約300kmの範囲内にある観測点での最大加速度により距離減衰を検討する。この際、kik-netでは地中の観測がなされていることから、地表面のみならず地中における距離減衰も併せて検討する。

3. 中国地方における距離減衰式

距離減衰式は回帰分析によって求めることとし、今回は2段階回帰分析の手法を用いた。回帰分析に用いる距離減衰式のモデル式はこれまでに様々なものが提案されているが、本研究では最大加速度 Y_i を震央距離 X_i を用いて次式で表すこととした¹⁾。

$$\log Y_i = a - b \cdot \log X_i - c \cdot X_i \tag{1}$$

式(1)において a, b, c は未知係数である。抽出した28個の地震について、最小二乗法により(1)式での近似を行った。その結果、観測データに1gal未満の記録が多く含まれている場合には係数 b および c が負の値を示す傾向が見られた。特に地中成分については全体的に1gal未満の観測データが大半を占めており、この傾向が顕著である。そのため係数 b と c が負となった地震については回帰分析のデータとして

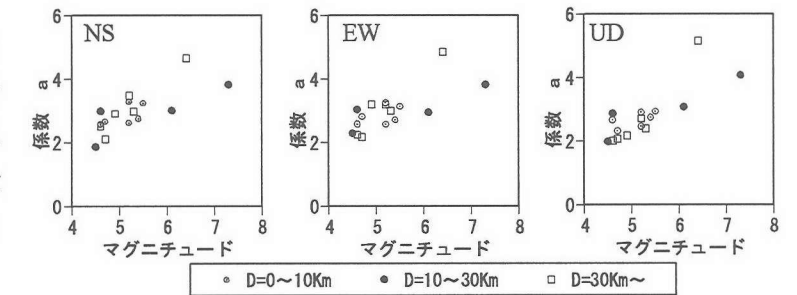


図-1 係数aとマグニチュードの関係（地表）

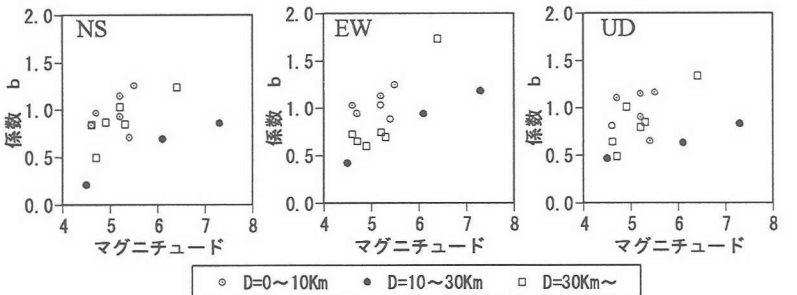


図-2 係数bとマグニチュードの関係（地表）

不適切と考え、これらを除いた地表16個、地中5個の地震について2段階目の回帰分析を行う。また、本研究では回帰分析を行う際に、NS成分、EW成分、UD成分の方向成分別として考慮した場合と、NS成分、EW成分の自乗和の平方根をとった水平成分の2パターンについて検討を行った。ここでは地表における成分別の結果について示す。

それぞれの地震について最小二乗法により得られた a および b をマグニチュードとの関係で図-1および図-2に示す。なお、これらの図では震源深さ D を0~10km未満、10~30km未満および30km以深の3通りに分類して示している。これより係数 a および b は震源深さごとにマグニチュードとほぼ直線の関係にあることが見てとれる。一方、係数 c は既往の研究により地域

特性や周期特性があるものの、0.003前後の値をとる場合が多いことが報告されている。今回の1段階目の近似で得られた c を図-3に示す。今回の検討でも地表成分についてはマグニチュード6以上で0.003前後の値をとっている。しかし、マグニチュードが小さいほどばらつきが大きい。何らかの被害を発生させる地震を対象とする場合には、係数 c として0.003を用いても差し支えないと予想されるが、今回は係数 c

とマグニチュードとの関係を指数関数により近似する。このようにして得られた係数 a, b, c をまとめて表-2に示す。地中成分についても同様の検討を行い、得られた係数は表-3となった。ただし、地中成分については使用できたデータの数が少なかったため、震源深さを0~30kmと31km以上の2通りとした。

この結果を鳥取県西部地震のNS成分に適用した結果を図-4に、芸予地震のNS成分に適用した結果を図-5にそれぞれ示す。また、これらの図には既往の距離減衰式との比較として大崎・渡部の式および福島・田中の式をあわせて示す。これらの図より地表では既往の距離減衰式に比べて、今回示した式が距離減衰特性を良く表している。また地中成分については使用したデータが少ないにも関わらず、おおむね距離減衰の傾向を表現できていると考えられる。

4. まとめ

地震動の伝播特性は地域により異なる。そのため、中四国地方に震源を持つ地震について、この地域に適した距離減衰式を提案した。今後、さらに多くのデータを用いることにより精度の向上を図る必要がある。

参考文献

- 1) 日本建築学会, 地震荷重—その現状と将来の展望

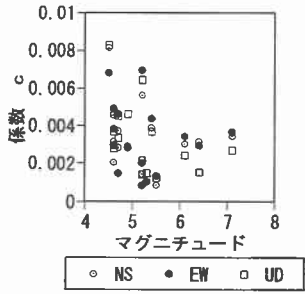


図-3 係数 c (地表)

表-2 提案式係数 (地表)

	震源深さ	NS成分	EW成分	UD成分
係数 a	0~10km	0.530M+0.149	0.347M+1.065	0.406M+0.599
	11~30km	0.501M+0.109	0.396M+0.791	0.583M-0.275
	31~km	1.284M-3.542	1.417M-4.237	1.780M-6.469
係数 b	0~10km	0.373M-0.856	0.147M+0.223	0.258M-0.227
	11~30km	0.235M-0.821	0.129M-0.126	0.275M-0.730
	31~km	0.301M-0.677	0.394M-1.188	0.605M-2.277
係数 c	-	$0.0049 \times \exp(-0.1098M)$	$0.0042 \times \exp(-0.0756M)$	$0.0201 \times \exp(-0.3656M)$

表-3 提案式係数 (地中)

	震源深さ	NS成分	EW成分	UD成分
係数 a	0~30km	0.323M+1.238	0.518M+0.176	0.405M+0.510
	31~km	1.259M-3.203	1.518M-4.397	1.706M-6.184
係数 b	0~30km	1.246	1.302	1.195
	31~km	$0.360 \cdot (\text{Mi}) - 0.535$	$0.503 \cdot (\text{Mi}) - 1.207$	$0.642 \cdot (\text{Mi}) - 2.312$
係数 c	-	$0.0234 \times \exp(-0.4052M)$	$0.0594 \times \exp(-0.5701M)$	$0.0650 \times \exp(-0.5802M)$

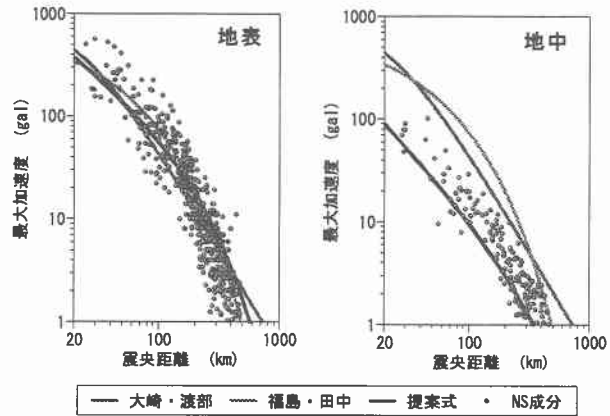


図-4 鳥取県西部地震

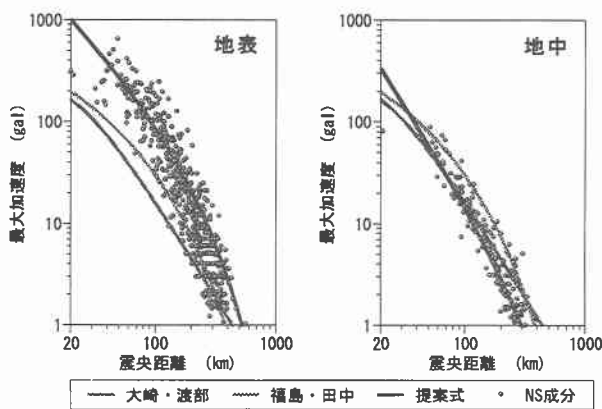


図-5 芸予地震