

土 木 研 究 所 資 料

最大地震動および地震応答スペクトルの推定法 ——（その10）速度応答スペクトルの距離減衰式——

平成4年6月

建設省土木研究所
地震防災部 振動研究室

Copyright © (1992) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

最大地震動および地震応答スペクトルの推定法 —— (その10) 速度応答スペクトルの距離減衰式 ——

Estimation of Peak Ground Motions and Earthquake Response Spectra —— (Part 10) Attenuation of Velocity Response Spectra ——

振動研究室 室 長 常田 賢一

主任研究員 田村 敬一

深田 秀実

要 旨 最大地震動および地震応答スペクトルの推定法 —— (その10) 速度応答スペクトルの距離減衰式 ——

公共土木施設を合理的に耐震設計するとともに各種の地震防災上の措置を講じるためには、建設地点等当該着目地点周辺で期待される地震動の強度および特性を正しく予測することが必要とされる。沈埋トンネル、共同溝、各種埋設管路等の地中構造物の耐震設計に用いられる応答変位法では地震動の速度応答スペクトルから設計上の入力となる地盤の変形が算定される。一方、既往の強震観測の結果によれば、地震動の特性は地震の規模、震源からの距離、着目地点周辺の地盤条件等種々の要因により複雑に変化することが明らかにされている。

本資料はこのような観点から我が国の地盤上で観測された 2×197 組の水平成分加速度強震記録の重回帰分析により、減衰定数0.1の速度応答スペクトルを地震のマグニチュードおよび震央距離から推定する実用的な距離減衰式を提案したものである。さらに、これらの結果に基づいて応答変位法で用いられる設計応答速度の推定法についても言及している。

キーワード：速度応答スペクトル、距離減衰式、入力地震動、応答変位法、耐震設計

ま え が き

公共土木施設を合理的に耐震設計するとともに各種の地震防災上の措置を講じるためには、建設地点等当該着目地点周辺で期待される地震動の強度および特性を正しく予測することが必要とされる。また、地震動の特性は、地震の規模、震源からの距離、建設地点周辺の地盤条件等種々の要因により複雑に変化することが現在までの強震観測の結果から明らかにされてきている。このような点を考慮して、これまでに地震動の最大加速度、最大速度、最大変位並びに加速度応答スペクトルを地震のマグニチュードおよび震央距離から推定する距離減衰式を提案してきた。ここで、加速度応答スペクトルは、耐震設計上主として慣性力により支配的な影響を受ける構造物の入力地震動として使用できるが、地中構造物の耐震設計法として用いられている応答変位法では地震動の速度応答スペクトルが地盤の変形、さらには断面力の算定のための入力地震動となるものであり、その合理的な設定が必要とされる。

現行の共同溝等の設計指針類では、標準的な地震活動度に応じた地域ごとの基準速度応答スペクトルが提示されており、地中構造物の設計用入力地震動として適用されているが、ある想定された特定の地震に対するある地点での速度応答スペクトルを算定するためには速度応答スペクトルの距離減衰特性を明らかにする必要がある。

本資料は、このような観点から加速度強震記録に基づいて、速度応答スペクトルの距離減衰特性について検討するとともに実用的な推定式を提案するものである。

平成4年6月

建設省土木研究所地震防災部振動研究室

室 長 常田 賢一

主任研究員 田村 敬一

深田 秀実

目 次

まえがき

1. 概説	1
2. 解析に用いた強震記録	2
3. 速度応答スペクトルの距離減衰の推定法	15
3.1 速度応答スペクトルの距離減衰式	15
3.2 表層地盤の最大応答速度の推定法	16
3.3 加速度応答スペクトルの距離減衰式から推定した速度応答スペクトル	17
4. 結論	27
参考文献	28

付属資料

1. 速度応答スペクトルの距離減衰特性	29
2. 実測値と推定値の比率の分布	41

1. 概 説

沈埋トンネル、共同溝、各種埋設管路等の地中構造物は、周辺の地盤に比較して相対的に質量および剛性が小さいため、地震時にこれらの構造物に作用する力としては地震動加速度に起因する慣性力よりも地盤の変形が構造物に伝えられることによって生ずる力の影響の方が大きいものと考えられる。このような設計理念は、建設省総合技術開発プロジェクトの新耐震設計法の開発の中で「応答変位法」として体系化された^{1),2),3)}。

応答変位法における地盤の変位振幅は、次式により求めることができる¹⁾。

$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} S_v T K_h \cos \frac{\pi z}{2H} \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

ここに、 $U_h(z)$: 地表面からの深さ z [cm] における水平方向の変位振幅 [cm]

S_v : 単位震度当りの応答速度 [cm/s]

T : 表層地盤の基本固有周期 [s]

K_h : 耐震設計上の基盤面における設計水平震度

H : 表層地盤の厚さ [cm]

S_v としては、図1.1に示す応答速度、すなわち速度応答スペクトルが用いられる場合が多い¹⁾。図1.1は、表層地盤を固有周期 T 、減衰定数 h の一自由度系と仮定し、これに岩盤上で得られた強震記録を作用させて求めた速度応答スペクトルを平均化並びに工学的判断を加えて単純化したものである^{4),5),6)}。減衰定数としては0.2が仮定されている。

以上のように応答変位法における設計用入力地震動の設定では速度応答スペクトルの評価が最も基本となる。図1.1に示した速度応答スペクトルは多くの地中構造物の耐震設計において使用されているものの、現在に比較して強震記録の蓄積が少ない時点で提案されたものであり、その後に蓄積された強震記録を考慮した検討の余地も残されている。このような観点から、本資料は我が国の地盤上で観測された 2×197 組の水平成分加速度強震記録を用いて、重回帰分析により速度応答スペクトルの距離減衰式を提案したものである。ここで、速度応答スペクトルを計算するための減衰定数は0.1とした。これは、構造物の耐震設計において目標とすべきような地震時における表層地盤の減衰としては0.1程度が見込まれることによるものである。

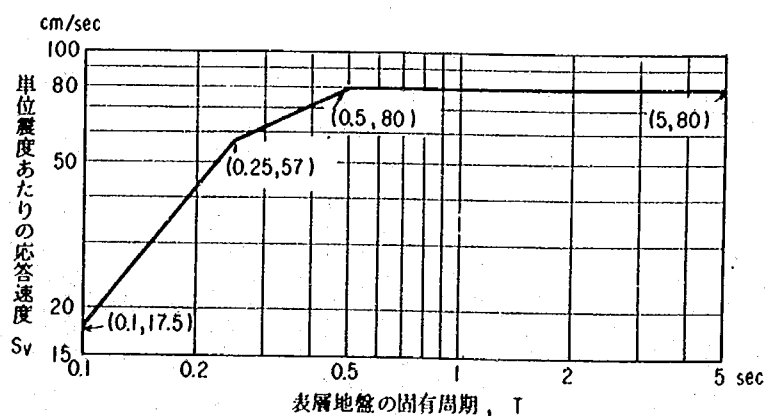


図1.1 単位震度当りの応答速度¹⁾

2. 解析に用いた強震記録

解析対象としたのは表2.1に示すように我が国の67観測地点（いずれも地盤上）において観測された 2×197 組の水平加速度強震記録（水平2成分）である。これらは表2.2に示すように、昭和38年3月27日の越前岬沖地震（ $M=6.9$ ）から昭和55年6月29日の伊豆河奈崎沖地震（ $M=6.7$ ）に至るまでの合計88回の浅発地震（震源深さ60km以浅）に際し、SMAC型強震計（SMAC-B, B₂, Q, D, E₂）により得られたものであり、建設省土木研究所および運輸省港湾技術研究所により数値化された記録である。これらが得られた地震のマグニチュード M および震央距離 Δ をプロットすると図2.1のようになる。これによれば、いわゆる大規模地震による近距離の記録は含まれていない。また197記録中57記録はマグニチュード6.0～6.5の地震により得られたものであり、7.0以上のマグニチュードの地震により得られた記録は40である。また、解析に用いた記録のうち最も大規模な地震は、昭和43年5月16日の十勝沖地震（ $M=7.9$ ）であり、昭和43年4月1日の日向灘沖地震（ $M=7.5$ ）、昭和43年5月16日の十勝沖地震の余震（ $M=7.5$ ）、昭和44年12月6日の北海道東部の地震（ $M=7.8$ ）、昭和47年12月4日の八丈島東方沖の地震（ $M=7.2$ ）、昭和48年6月17日の根室半島沖地震（ $M=7.4$ ）、昭和53年6月12日の宮城県沖地震（ $M=7.4$ ）等が、これに引続く規模の大きい地震である。

解析記録には数値化精度を考慮して、1/3Hzおよび12Hzを、それぞれ、低振動数側および高振動数側の遮断振動数とする計器補正を加えた^{7),8)}。また、地盤種別は道路橋示方書耐震設計編に従い、I種地盤、II種地盤およびIII種地盤の3区分とした⁹⁾。I種地盤、II種地盤、III種地盤ごとの記録数は、それぞれ、46, 107, 44記録である。図2.2は解析記録の震央距離、マグニチュード、震源深さおよび最大加速度の頻度を各地盤ごとに示したものである。なお、解析記録の詳細については、参考文献10)を参照していただきたい。

表2.1(1) 解析に用いた強震記録

№	観測所名	記録名	地震№	地震名	地震発生 年月日時分	M	深さ	震央 距離
1	土研旧千葉支所 (1)	901-GRA-4	630804	千葉県東方沿岸	1963, 08. 04, 20:43	5.1	40	31.2
		901-GRA-33	68057	埼玉県中部	1968, 07. 01, 19:45	6.1	50	72.3
		901-GRA-66	74015	茨城県南西部	1974, 08. 04, 03:16	5.8	50	45.9
2	新天竜川橋	904-GR-1	650420	静岡県近海	1965, 04. 20, 08:42	6.1	20	47.5
		904-GR-4	71002	愛知県沿岸	1971, 01. 05, 06:09	6.1	40	67.7
3	落合橋 (1)	905-GRA-266	70011	松代近傍	1970, 04. 09, 01:44	5.0	0	24.3
4	開北橋	302-GR-1	66025	宮城県東方沖	1966, 06. 24, 06:52	5.1	60	61.9
		302-GR-3	67004	金華山沖	1967, 01. 17, 20:59	6.3	30	70.6
		302-GR-9	68050	岩手県沖	1968, 06. 12, 22:42	7.2	0	190.9
		302-GR-11	68062	宮城県東方沖	1968, 07. 05, 20:28	6.4	50	78.7
		302-GR-22	70026	宮城県沖	1970, 09. 14, 18:45	6.2	40	92.6
		302-GR-34	78002	"	1978, 02. 20, 13:37	6.7	50	84.2
		302-GR-35	78012	"	1978, 06. 12, 17:14	7.4	40	81.4
5	有明海堤防	801-GR-1	66051	有明海	1966, 11. 12, 21:01	5.5	20	12.9
		801-GR-2	68026	日向灘	1968, 04. 01, 09:42	7.5	30	233.7
6	伊達橋	304-GR-6	67004	金華山沖	1967, 01. 17, 20:59	6.3	30	144.5
		304-GR-13	68057	埼玉県中部	1968, 07. 01, 19:45	6.1	50	227.0
		304-GR-14	68062	宮城県東方沖	1968, 07. 05, 20:28	6.4	50	162.6
		304-GR-21	70008	福島県沖	1970, 02. 15, 13:01	5.1	50	99.1
		304-GR-23	70031	秋田県南東部	1970, 10. 16, 14:26	6.2	0	153.3
		304-GR-26	71018	福島県沖	1971, 03. 22, 19:40	5.4	10	147.9
		304-GR-28	71021	宮城県沖	1971, 04. 05, 03:39	6.0	50	157.8
		304-GR-30	71038	福島県沖	1971, 09. 08, 16:25	5.5	40	122.9
		304-GR-32	72019	宮城県沖	1972, 09. 25, 18:27	5.5	50	147.0
		304-GR-33	72029	八丈島東方沖	1972, 12. 04, 19:16	7.2	50	517.2
7	新葛飾橋	101-GR-5	67057	茨城県沖	1967, 11. 19, 21:07	6.0	50	140.6
		101-GR-7	68018	千葉県中部	1968, 03. 07, 11:54	5.1	50	33.8
		101-GR-9	68057	埼玉県中部	1968, 07. 01, 19:45	6.1	50	47.7
		101-GR-24	74015	茨城県南西部	1974, 08. 04, 03:16	5.8	50	28.3
8	鹿島試験所	906-GR-12	71040	千葉県北部	1971, 10. 11, 19:16	5.2	40	9.5
		906-GR-13	72001	千葉県北部	1972, 01. 04, 09:20	5.0	40	11.3
		906-GR-17	73024	銚子近海	1973, 09. 30, 15:18	5.9	50	26.9
		906-GR-18	73025	"	1973, 10. 01, 23:16	5.8	60	33.3
		906-GR-19	74006	千葉県東方沖	1974, 03. 03, 13:50	6.1	60	41.6
		906-GR-22	74022	銚子沖	1974, 11. 16, 08:32	6.1	40	55.9
9	石瀬戸橋	205-GR-2	68012	宮崎県南西部	1968, 02. 21, 10:45	6.1	0	40.6
		205-GR-6	68026	日向灘	1968, 04. 01, 09:42	7.5	30	136.0
		205-GR-8	70021	宮崎県沖	1970, 07. 26, 07:41	6.7	10	84.9
10	平大橋	907-GR-2	68015	福島県沖	1968, 02. 26, 05:00	5.4	50	84.5
		907-GR-31	69023	"	1969, 06. 23, 14:57	5.2	50	72.3
		907-GR-32	69024	"	1969, 07. 23, 22:14	5.5	40	76.9

表2.1(2) 解析に用いた強震記録

No	観測所名	記録名	地震No	地震名	地震発生年月日時分	M	深さ	震央距離
10	平大橋	907-GR-39	70008	福島県沖	1970.02.15, 13:01	5.1	50	59.2
		907-GR-60	71038	〃	1971.09.08, 16:25	5.5	40	59.9
		907-GR-83	74015	茨城県南西部	1974.08.04, 03:16	5.8	50	145.4
		907-GR-94	75015	福島県沖	1975.08.15, 03:09	5.5	50	19.7
		907-GR-106	78002	宮城県沖	1978.02.20, 13:37	6.7	50	219.9
		907-GR-108	78012	〃	1978.06.12, 17:14	7.4	40	164.6
11	紀ノ川大橋	112-GR-8	68022	和歌山近海	1968.03.30, 04:04	5.0	0	5.4
		112-GR-25	73029	和歌山県中部	1973.11.25, 13:25	5.9	60	46.7
		112-GR-26	73030	〃	1973.11.25, 18:19	5.8	60	42.0
12	妙見橋	306-GR-1	68026	日向灘	1968.04.01, 09:42	7.5	30	341.3
		306-GR-7	78008	島根県中部	1978.06.04, 05:04	6.1	0	29.8
13	板島橋	308-GR-2	68026	日向灘	1968.04.01, 09:42	7.5	30	103.3
		308-GR-3	68027	〃	1968.04.01, 16:13	6.3	0	102.8
		308-GR-4	68066	愛媛県西部沿岸	1968.08.06, 01:17	6.6	40	10.0
14	幌満橋	1305-GR-1	68036	東北東方沖	1968.05.16, 09:49	7.9	0	155.1
		1305-GR-3	68038	青森県東方沖	1968.05.16, 19:39	7.5	40	74.0
15	新利根川橋	104-GR-9	68057	埼玉県中部	1968.07.01, 19:45	6.1	50	29.9
		104-GR-23	72027	茨城県南西部	1972.11.06, 20:39	5.1	40	18.1
		104-GR-27	74015	〃	1974.08.04, 03:16	5.8	50	23.6
		104-GR-36	78012	宮城県沖	1978.06.12, 17:14	7.4	40	312.2
16	草加高架橋	106-GR-9	68057	埼玉県中部	1968.07.01, 19:45	6.1	50	38.4
		106-GR-21	72029	八丈島東方沖	1972.12.04, 19:16	7.2	50	312.6
		106-GR-27	74015	茨城県南西部	1974.08.04, 03:16	5.8	50	25.6
17	平井大橋	310-GR-15	68057	埼玉県中部	1968.07.01, 19:45	6.1	50	48.7
		310-GR-18	72029	八丈島東方沖	1972.12.04, 19:16	7.2	50	301.0
		310-GR-26	74015	茨城県南西部	1974.08.04, 03:16	5.8	50	34.0
18	四徳大橋	319-GR-3	68057	埼玉県中部	1968.07.01, 19:45	6.1	50	136.7
		319-GR-4	69032	岐阜県中部	1969.09.09, 14:15	6.6	0	85.5
		319-GR-5	71002	愛知県沿岸	1971.01.05, 06:09	6.1	40	150.5
19	東京湾(富津岬)	501-GR-29	68057	埼玉県中部	1968.07.01, 19:45	6.1	50	82.3
		501-GR-74	72029	八丈島東方沖	1972.12.04, 19:16	7.2	50	262.0
		501-GR-81	74012	伊豆半島南部沿岸近海	1974.05.09, 08:33	6.9	10	123.2
20	西新井橋	902-GR-25	68057	埼玉県中部	1968.07.01, 19:45	6.1	50	41.6
		902-GR-38	74015	茨城県南西部	1974.08.04, 03:16	5.8	50	31.4
21	境川橋	1004-GR-1	68057	埼玉県中部	1968.07.01, 19:45	6.1	50	48.8
22	姥久保橋	1005-GR-1	68057	埼玉県中部	1968.07.01, 19:45	6.1	50	34.1
		1005-GR-2	76004	山梨県東部	1976.06.16, 07:36	5.5	20	40.5
23	羽田海底トンネル	1109-GR-3	68057	埼玉県中部	1968.07.01, 19:45	6.1	50	55.7
24	東京湾(観音崎)	503-GR-17	72029	八丈島東方沖	1972.12.04, 19:16	7.2	50	258.8
		503-GR-19	74012	伊豆半島南部沿岸近海	1974.05.09, 08:33	6.9	10	115.0
		503-GR-21	78001	大島近海	1978.01.14, 12:24	7.0	0	70.3

表2.1(3) 解析に用いた強震記録

№	観測所名	記録名	地震№	地震名	地震発生の年月日時分	M	深さ	震央距離
25	石 鎚 橋	313-GR-2	68070	愛媛県西部沿岸	1968, 08. 06, 13:21	5.3	40	82.4
26	新 八 幡 橋	204-GR-3	69032	岐阜県中部	1969, 09. 09, 14:15	6.6	0	89.1
		204-GR-28	75003	愛知・岐阜県境	1975, 03. 14, 22:56	5.3	50	33.8
27	豊 浜 大 橋	311-GR-5	69032	岐阜県中部	1969, 09. 09, 14:15	6.6	0	145.9
		311-GR-6	71002	愛知県沿岸	1971, 01. 05, 06:09	6.1	40	43.6
28	西横堀高架橋	1201-GR-6	69032	岐阜県中部	1969, 09. 09, 14:15	6.6	0	188.7
29	雄 平 橋	301-GR-7	70031	秋田県南東部	1970, 10. 16, 14:26	6.2	0	23.2
		301-GR-13	78012	宮城県沖	1978, 06. 12, 17:14	7.4	40	188.1
30	米 山 大 橋	102-GR-16	71012	新潟県南西部	1971, 02. 26, 04:27	5.5	0	26.2
31	魚 沼 橋	202-GR-15	71012	新潟県南西部	1971, 02. 26, 04:27	5.5	0	42.2
32	鶴 川 橋	1006-GR-3	71029	山梨県東部	1971, 07. 23, 07:07	5.3	10	15.0
		1006-GR-5	76004	〃	1976, 06. 16, 07:36	5.5	20	16.9
33	利根川河口堰	1401-GR-1	71040	千葉県北部	1971, 10. 11, 19:16	5.2	40	16.0
		1401-GR-4	74006	千葉県東方沖	1974, 03. 03, 13:50	6.1	60	33.3
		1401-GR-5	74014	茨城県沖	1974, 07. 08, 14:45	6.3	40	79.0
		1401-GR-6	74015	茨城県南西部	1974, 08. 04, 03:16	5.8	50	73.9
		1401-GR-8	74022	銚子沖	1974, 11. 16, 08:32	6.1	40	49.9
34	真 崎 大 橋	105-GR-8	74016	岩手県北部沿岸	1974, 09. 04, 18:20	5.6	40	46.2
35	小見川大橋	206-GR-2	74006	千葉県東方沖	1974, 03. 03, 13:50	6.1	60	41.3
		206-GR-3	74014	茨城県沖	1974, 07. 08, 14:45	6.3	40	81.2
		206-GR-4	74015	茨城県南西部	1974, 08. 04, 03:16	5.8	50	64.5
		206-GR-6	74022	銚子沖	1974, 11. 16, 08:32	6.1	40	59.2
		206-GR-8	75002	千葉県北部	1975, 02. 08, 01:41	5.4	60	44.6
36	土研千葉支所(2)	901-GRB-5	75002	千葉県北部	1975, 02. 08, 01:41	5.4	60	20.2
37	東名・富士川橋	1002-GR-5	80008	伊豆半島付近	1980, 06. 29, 16:20	6.7	10	61.3
38	名 古 屋 港	404GR-1-1	630327	越前岬沖	1963, 03. 27, 06:34	6.9	0	127.0
		404GR-1-3	71002	愛知県沿岸	1971, 01. 05, 06:09	6.1	40	77.0
		404GR-1-4	75003	愛知・岐阜県境	1975, 03. 14, 22:56	5.3	50	24.3
39	釧 路 港	102GR-1-2	68036	東北東方沖	1968, 05. 16, 09:49	7.9	0	257.9
		102GR-1-4	680903	根室半島南東方沖	1968, 09. 03, 14:23	5.2	60	110.5
		102GR-1-6	69028	北海道東部	1969, 08. 12, 06:28	7.8	30	265.1
		102GR-1-7	70004	北海道南部地方	1970, 01. 21, 02:33	6.7	50	121.6
		102GR-1-8	71034	襟裳岬沖	1971, 08. 02, 16:25	7.0	60	201.7
		102GR-1-9	720511	釧路沖	1972, 05. 11, 09:45	5.8	60	61.2
		102GR-1-10	73009	根室半島沖	1973, 06. 17, 12:55	7.4	40	127.3
		102GR-1-11	73013	〃	1973, 06. 24, 11:43	7.1	30	192.4
		102GR-1-12	740125	十勝沖	1974, 01. 25, 04:13	6.0	40	127.3
		102GR-1-13	740920	釧路沖	1974, 09. 20, 09:53	5.5	50	66.7
40	小 名 浜 港	208GR-1-1	66009	茨城県東方沖	1966, 04. 03, 13:43	5.8	20	92.5
		208GR-1-2	68057	埼玉県中部	1968, 07. 01, 19:45	6.1	50	170.4
		208GR-1-3	72029	八丈島東方沖	1972, 12. 04, 19:16	7.2	50	416.5

表2.1(4) 解析に用いた強震記録

No	観測所名	記録名	地震No	地震名	地震発生 年月日時分	M	深さ	震 央 距 離
40	小 名 浜 港	208GR-1-5	73014	茨城県沖	1973, 07. 20, 17:13	5.9	40	59.7
41	大 船 渡 港 (1)	206GR-1-1	67004	金 華 山 沖	1967, 01. 17, 20:59	6.3	30	95.7
		206GR-1-3	68062	宮城県東方沖	1968, 07. 05, 20:28	6.4	50	81.9
42	東京港 (品川)	303GR-1-2	68057	埼玉県中部	1968, 07. 01, 19:45	6.1	50	51.0
		303GR-1-5	72027	茨城県南西部	1972, 11. 06, 20:39	5.1	40	56.0
		303GR-1-6	72029	八丈島東方沖	1972, 12. 04, 19:16	7.2	50	293.2
		303GR-1-8	74015	茨城県南西部	1974, 08. 04, 03:16	5.8	50	51.7
		303GR-1-9	75002	千葉県北部	1975, 02. 08, 01:41	5.4	60	44.9
43	鹿 島 港	301GR-1-2	68057	埼玉県中部	1968, 07. 01, 19:45	6.1	50	113.4
		301GR-1-3	69017	鹿 島 灘	1969, 05. 13, 23:19	5.2	50	60.6
		301GR-1-5	71025	茨城県沖	1971, 06. 13, 13:06	5.3	40	42.5
		301GR-1-6	71040	千葉県北部	1971, 10. 11, 19:16	5.2	40	13.0
44	高 知 港	602GR-1-1	68026	日 向 灘	1968, 04. 01, 09:42	7.5	30	167.4
		602GR-1-2	68066	愛媛県西部沿岸	1968, 08. 06, 01:17	6.6	40	112.5
		602GR-1-3	68107	高知県東部	1968, 12. 11, 20:45	5.6	50	49.2
45	細 島 港	702GR-1-1	68026	日 向 灘	1968, 04. 01, 09:42	7.5	30	82.2
		702GR-1-2	68066	愛媛県西部沿岸	1968, 08. 06, 01:17	6.6	40	118.2
		702GR-1-3	69015	日 向 灘	1969, 04. 21, 16:19	6.5	10	51.4
		702GR-1-4	70021	宮崎県沖	1970, 07. 26, 07:41	6.7	10	51.9
		702GR-1-5	70023	"	1970, 07. 26, 16:10	6.1	10	52.4
		702GR-1-6	720622	"	1972, 06. 22, 00:29	5.4	10	72.8
		702GR-1-7	740131	"	1974, 01. 31, 16:04	5.7	20	80.0
		702GR-1-8	740627	"	1974, 06. 27, 13:49	5.3	20	45.8
46	室 蘭 港	105GR-1-2	68038	青森県東方沖	1968, 05. 16, 19:39	7.5	40	184.0
		105GR-1-4	70004	北海道南部地方	1970, 01. 21, 02:33	6.7	50	177.2
		105GR-1-5	71034	襟裳岬沖	1971, 08. 02, 16:25	7.0	60	255.4
		105GR-1-7	73009	根室半島沖	1973, 06. 17, 12:55	7.4	40	412.8
		105GR-1-9	751030	浦 河 沖	1975, 10. 30, 10:41	6.0	60	154.1
47	青 森 港	201GR-1-2	68038	青森県東方沖	1968, 05. 16, 19:39	7.5	40	187.1
		201GR-1-3	68050	岩手県沖	1968, 06. 12, 22:42	7.2	0	254.0
48	八 戸 港	202GR-1-2	68050	"	"	7.2	0	182.7
		202GR-1-4	690621	青森県東方沖	1969, 06. 21, 00:38	5.6	40	73.1
		202GR-1-5	70004	北海道南部地方	1970, 01. 21, 02:33	6.7	50	246.1
		202GR-1-8	74016	岩手県北部沿岸	1974, 09. 04, 18:20	5.6	40	49.8
49	横 浜 港 (2)	305GR-2-1	68057	埼玉県中部	1968, 07. 01, 19:45	6.1	50	62.0
		305GR-2-5	71029	山梨県東部	1971, 07. 23, 07:07	5.3	10	63.7
		305GR-2-7	72029	八丈島東方沖	1972, 12. 04, 19:16	7.2	50	282.7
		305GR-2-9	74015	茨城県南西部	1974, 08. 04, 03:16	5.8	50	66.3
50	神 戸 港	504GR-1-2	69032	岐阜県中部	1969, 09. 09, 14:15	6.6	0	207.5
51	横 浜 港 (1)	305GR-1-3	71029	山梨県東部	1971, 07. 23, 07:07	5.3	10	61.0
		305GR-1-5	74012	伊豆半島 南部沿岸近海	1974, 05. 09, 08:33	6.9	10	124.9

表2.1(5) 解析に用いた強震記録

№	観測所名	記録名	地震№	地震名	地震発生 年月日時分	M	深さ	震 距 離
52	衣 浦 港	403GR-1-1	69032	岐阜県中部	1969, 09. 09, 14:15	6.6	0	97.3
		403GR-1-2	71002	愛知県沿岸沖	1971, 01. 05, 06:09	6.1	40	55.9
		403GR-1-4	75003	愛知・岐阜県境	1975, 03. 14, 22:56	5.3	50	45.1
53	鹿 児 島 港	704GR-1-1	690918	屋久島近海	1969, 09. 18, 03:41	5.9	0	129.4
		704GR-1-2	70021	宮崎県沖	1970, 07. 26, 07:41	6.7	10	149.6
54	大 船 渡 港 (2)	206GR-2-1	70026	宮城県沖	1970, 09. 14, 18:45	6.2	40	64.6
		206GR-2-2	73028	//	1973, 11. 19, 22:02	6.4	50	39.6
		206GR-2-3	78012	//	1978, 06. 12, 17:14	7.4	40	104.5
55	酒 田 港	203GR-2-1	70031	秋田県南東部	1970, 10. 16, 14:26	6.2	0	84.6
		203GR-2-2	72014	山形県中部	1972, 08. 20, 19:09	5.3	20	39.9
56	四 日 市 港	405GR-2-1	71002	愛知県沿岸沖	1971, 01. 05, 06:09	6.1	40	74.3
		405GR-2-2	75003	愛知・岐阜県境	1975, 03. 14, 22:56	5.3	50	42.9
57	千 葉 港	302GR-1-2	73024	銚子近海	1973, 09. 30, 15:18	5.9	50	51.8
		302GR-1-3	75002	千葉県北部	1975, 02. 08, 01:41	5.4	60	23.3
58	田子の浦港	401GR-1-2	74012	伊豆半島 南部沿岸近海	1974, 05. 09, 08:33	6.9	10	63.6
59	久里浜港	306GR-1-2	72029	八丈島東方沖	1972, 12. 04, 19:16	7.2	50	257.6
60	塩 釜 港	207GR-2-1	72019	宮城県沖	1972, 09. 25, 18:27	5.5	50	88.4
		207GR-2-3	73028	//	1973, 11. 19, 22:02	6.4	50	113.7
		207GR-2-4	740505	福島県沖	1974, 05. 05, 23:19	5.5	40	94.6
		207GR-2-5	75005	//	1975, 04. 08, 15:27	5.9	30	102.9
61	苫小牧港	104GR-1-1	73009	根室半島沖	1973, 06. 17, 12:55	7.4	40	357.3
62	鹿 島 港	301GR-2-1	73014	茨城県沖	1973, 07. 20, 17:13	5.9	40	62.4
		301GR-2-2	73024	銚子近海	1973, 09. 30, 15:18	5.9	50	30.8
		301GR-2-3	73025	//	1973, 10. 01, 23:16	5.8	60	35.6
		301GR-2-4	74006	千葉県東方沖	1974, 03. 03, 13:50	6.1	60	43.4
		301GR-2-5	74014	茨城県沖	1974, 07. 08, 14:45	6.3	40	70.9
		301GR-2-6	74022	銚子沖	1974, 11. 16, 08:32	6.1	40	53.6
63	大 分 港	701GR-1-1	75001	熊本県北東	1975, 01. 23, 23:19	6.1	0	60.9
		701GR-1-2	75008	大分県中部	1975, 04. 21, 02:35	6.4	0	37.8
64	沼津変電所	NUMAZU	78001	大島近海	1978, 01. 14, 12:24	7.0	0	53.7
65	熱海変電所	ATAMI	78001	//	//	7.0	0	41.2
66	新岩田変電所	SHINIWATA	78001	//	//	7.0	0	108.5
67	白堀変電所	SHIROBORI	78001	//	//	7.0	0	44.7

表2.2(1) 解析に考慮した地震

№	地震№	地震名	年月日時分	M	深さ	震央距離	記録名	観測所名
1	630327	越前岬沖	1963, 03. 27, 06:34	6.9	0	127.0	404GR-1-1	名古屋港
2	630804	千葉県東方沿岸	1963, 08. 04, 20:43	5.1	40	31.2	901-GR-4	土研千葉支所(1)
3	650420	静岡近海	1965, 04. 20, 08:42	6.1	20	47.5	904-GR-1	新天竜川橋
4	66009	茨城県東方沖	1966, 04. 03, 13:43	5.8	20	92.5	208GR-1-1	小名浜港
5	66025	宮城県東方沖	1966, 06. 24, 06:52	5.1	60	61.9	302-GR-1	開北橋
6	66051	有明海	1966, 11. 12, 21:01	5.5	20	12.9	801-GR-1	有明海堤防
7	67004	金華山沖	1967, 01. 17, 20:59	6.3	30	70.6	302-GR-3	開北橋
						144.5	304-GR-6	伊達橋
						95.7	206GR-1-1	大船渡港(1)
8	67057	茨城県沖	1967, 11. 19, 21:07	6.0	50	140.6	101-GR-5	新葛飾橋
9	68012	宮崎県南西部	1968, 02. 21, 10:45	6.1	0	40.6	205-GR-2	石瀬戸橋
10	68015	福島県沖	1968, 02. 26, 05:00	5.4	50	84.5	907-GR-2	平大橋
11	68018	千葉県中部	1968, 03. 07, 11:54	5.1	50	33.8	101-GR-7	新葛飾橋
12	68022	和歌山近海	1968, 03. 30, 04:04	5.0	0	5.4	112-GR-8	紀ノ川大橋
13	68026	日向灘	1968, 04. 01, 09:42	7.5	30	233.7	801-GR-2	有明海堤防
						136.0	205-GR-6	石瀬戸橋
						341.3	306-GR-1	妙見橋
						103.3	308-GR-2	板島橋
						167.4	602GR-1-1	高知港
14	68027	"	1968, 04. 01, 16:13	6.3	0	82.2	702GR-1-1	細島港
						102.8	308-GR-3	板島橋
15	68036	東北東方沖	1968, 05. 16, 09:49	7.9	0	155.1	1305-GR-1	幌満橋
						257.9	102GR-1-2	釧路港
16	68038	青森県東方沖	1968, 05. 16, 19:39	7.5	40	74.0	1305-GR-3	幌満橋
						184.0	105GR-1-2	室蘭港
						187.1	201GR-1-2	青森港
17	68050	岩手県沖	1968, 06. 12, 22:42	7.2	0	190.9	302-GR-9	開北橋
18	68057	埼玉県中部	1968, 07. 01, 19:45	6.1	50	227.0	304-GR-13	伊達橋
						47.7	101-GR-9	新葛飾橋
						29.9	104-GR-9	新利根川橋
						38.4	106-GR-9	草加高架橋
						48.7	310-GR-15	平井大橋
						72.3	901-GR-33	土研千葉支所(1)
						136.7	319-GR-3	四徳大橋
						82.3	501-GR-29	東京湾(富津岬)
						41.6	902-GR-25	西新井橋
						48.8	1004-GR-1	境川橋
						34.1	1005-GR-1	姥久保橋
						55.7	1109-GR-3	羽田海底トンネル
						170.4	208GR-1-2	小名浜港
						51.0	303GR-1-2	東京湾(品川)

表2.2(2) 解析に考慮した地震

No	地震No	地震名	年月日時分	M	深さ	震央距離	記録名	観測所名
18	68057	埼玉県中部	1968, 07. 01, 19:45	6.1	50	113.4	301GR-1-2	鹿島港
						62.0	305GR-2-1	横浜港(2)
19	68050	岩手県沖	1968, 06. 12, 22:42	7.2	0	254.0	201GR-1-3	青森港
						182.7	202GR-1-2	八戸港
20	68062	宮城県東方沖	1968, 07. 05, 20:28	6.4	50	78.7	302-GR-11	開北橋
						162.6	304-GR-14	伊達橋
						81.9	206GR-1-3	大船渡港(1)
21	68066	愛媛県西部沿岸	1968, 08. 06, 01:17	6.6	40	10.0	308-GR-4	板島港
						118.2	702GR-1-2	細島港
						112.5	602GR-1-2	高知港
22	68070	"	1968, 08. 06, 13:21	5.3	40	82.4	313-GR-2	石鎚橋
23	680903	根室半島南東方沖	1968, 09. 03, 14:23	5.2	60	110.5	102GR-1-4	釧路港
24	68107	高知県東部	1968, 12. 11, 20:45	5.6	50	49.2	602GR-1-3	高知港
25	69015	日向灘	1969, 04. 21, 16:19	6.5	10	51.4	702GR-1-3	細島港
26	69017	鹿島灘	1969, 05. 13, 23:19	5.2	50	60.6	301GR-1-3	鹿島港
27	690621	青森県東方沖	1969, 06. 21, 00:38	5.6	40	73.1	202GR-1-4	八戸港
28	69023	福島県沖	1969, 06. 23, 14:57	5.2	50	72.3	907-GR-31	平大橋
29	69024	"	1969, 07. 23, 22:14	5.5	40	76.9	907-GR-32	"
30	69028	北海道東部	1969, 08. 12, 06:28	7.8	30	265.1	102GR-1-6	釧路港
31	69032	岐阜県中部	1969, 09. 09, 14:15	6.6	0	85.5	319-GR-4	四徳大橋
						89.1	204-GR-3	新八幡橋
						145.9	311-GR-5	豊浜大橋
						188.7	1201-GR-6	西横堀高架橋
						207.5	504GR-1-2	神戸港
						97.3	403GR-1-1	衣浦港
32	690918	屋久島近海	1969, 09. 18, 03:41	5.9	0	129.4	704GR-1-1	鹿兒島港
33	70004	北海道南部地方	1970, 01. 21, 02:33	6.7	50	121.6	102GR-1-7	釧路港
						177.2	105GR-1-4	室蘭港
						246.1	202GR-1-5	八戸港
34	70008	福島県沖	1970, 02. 15, 13:01	5.1	50	99.1	304-GR-21	伊達橋
						59.2	907-GR-39	平大橋
35	70011	松代近傍	1970, 04. 09, 01:44	5.0	0	24.3	905-GRA-266	落合橋(1)
36	70021	宮城県沖	1970, 07. 26, 07:41	6.7	10	51.9	702GR-1-4	細島港
						84.9	205-GR-8	石瀬戸橋
						149.6	704GR-1-2	鹿兒島港
37	70023	"	1970, 07. 26, 16:10	6.1	10	52.4	702GR-1-5	細島港
38	70026	宮城県沖	1970, 09. 14, 18:45	6.2	40	92.6	302-GR-22	開北橋
						64.6	206GR-2-1	大船渡港(2)
39	70031	秋田県南東部	1970, 10. 16, 14:26	6.2	0	163.3	304-GR-23	伊達橋
						23.7	301-GR-7	雄平橋
						84.6	203GR-1-1	酒田港

表2.2(3) 解析に考慮した地震

№	地震 №	地震名	年月日時分	M	深さ	震 源 距 離	記録名	観測所名
40	71002	愛知県沿岸	1971.01.05, 06:09	6.1	40	67.7	904-GR-4	新天竜川橋
						150.5	319-GR-5	四徳大橋
						43.6	311-GR-6	豊浜大橋
						77.0	404GR-1-3	名古屋港
						55.9	403GR-1-2	衣浦港
						74.3	405GR-2-1	四日市港
41	71012	新潟県南西部	1971.02.26, 04:27	5.5	0	26.2	102-GR-16	米山大橋
42	71018	福島県沖	1971.03.22, 19:40	5.4	10	42.2	202-GR-15	魚沼橋
43	71021	宮城県沖	1971.04.05, 03:39	6.0	50	147.9	304-GR-26	伊達橋
44	71025	茨城県沖	1971.06.13, 13:06	5.3	40	157.8	304-GR-28	〃
45	71029	山梨県東部	1971.07.23, 07:07	5.3	10	42.5	301GR-1-5	鹿島港
						15.0	1006-GR-3	鶴川橋
						63.7	305GR-2-5	横浜港 (2)
46	71034	襟裳岬沖	1971.08.02, 16:25	7.0	60	61.0	305GR-1-3	横浜港 (1)
						201.7	102GR-1-8	釧路港
47	71038	福島県沖	1971.09.08, 16:25	5.5	40	255.4	105GR-1-5	室蘭港
						122.8	304-GR-30	伊達橋
48	71040	千葉県北方	1971.10.11, 19:16	5.2	40	59.9	907-GR-60	平大橋
						9.5	906-GR-12	鹿島試験所
						16.0	1401-GR-1	利根川河口堰
49	72001	〃	1972.01.04, 09:20	5.0	40	13.0	301GR-1-6	鹿島港
50	720511	釧路沖	1972.05.11, 09:45	5.8	60	11.3	906-GR-13	鹿島試験所
51	720622	宮城県沖	1972.06.22, 00:59	5.4	10	61.2	102GR-1-9	釧路港
52	72014	山形県中部	1972.08.20, 19:09	5.3	20	72.8	702GR-1-6	細島港
53	72019	宮城県沖	1972.09.25, 18:27	5.5	50	39.9	203GR-1-2	酒田港
						147.0	304-GR-32	伊達橋
54	72027	茨城県南西部	1972.11.06, 20:39	5.1	40	88.4	207GR-2-1	塩釜港
						18.1	104-GR-23	新利根川橋
55	72029	八丈島東方沖	1972.12.04, 19:16	7.2	50	56.0	303GR-1-5	東京湾 (品川)
						517.2	304-GR-33	伊達橋
						312.6	106-GR-21	草加高架橋
						301.0	310-GR-18	平井大橋
						262.0	501-GR-74	東京湾 (富津岬)
						258.8	503-GR-17	東京湾 (観音崎)
						416.5	208GR-1-3	小名浜港
						293.2	303GR-1-6	東京湾 (品川)
						282.7	305GR-2-7	横浜港 (京浜)
56	740505	福島県沖	1974.05.05, 23:19	5.5	40	257.6	306GR-1-2	久里浜港
57	73009	根室半島沖	1973.06.17, 12:55	7.4	40	94.6	207GR-2-4	塩釜港
						412.8	105GR-1-7	室蘭港
						357.3	104GR-1-1	苫小牧港

表2.2(4) 解析に考慮した地震

№	地震 №	地震名	年月日時分	M	深さ	震央距離	記録名	観測所名
57	73009	根室半島沖	1973, 06. 17, 12:55	7.4	40	127.3	102GR-1-10	釧路港
58	73013	"	1973, 06. 24, 11:43	7.1	30	192.4	102GR-1-11	"
59	73014	茨城県沖	1973, 07. 20, 17:13	5.9	40	59.7	208GR-1-5	小名浜港
60	73014	茨城県沖	1973, 07. 20, 17:13	5.9	40	62.4	301GR-2-1	鹿島港
61	73024	釧路近海	1973, 09. 30, 15:18	5.9	50	26.9	906-GR-17	鹿島試験所
						51.8	302GR-1-2	千葉港
						30.8	301GR-2-2	鹿島港
62	73025	"	1973, 10. 01, 23:16	5.8	60	33.3	906-GR-18	鹿島試験所
						35.6	301GR-2-3	鹿島港
63	73028	宮城県沖	1973, 11. 19, 22:02	6.4	50	39.6	206GR-2-2	大船渡港 (2)
						113.7	207GR-2-3	塩釜港
64	73029	和歌山県中部	1973, 11. 25, 13:25	5.9	60	46.7	112-GR-25	紀ノ川大橋
65	73030	"	1973, 11. 25, 18:19	5.8	60	42.0	112-GR-26	"
66	740125	十勝沖	1974, 01. 25, 04:13	6.0	40	127.3	102GR-1-12	釧路港
67	740131	宮城県沖	1974, 01. 31, 16:04	5.7	20	80.0	702GR-1-7	細島港
68	74006	千葉県東方沖	1974, 03. 03, 13:50	6.1	60	41.6	906-GR-19	鹿島試験所
						33.3	1401-GR-4	利根川河口堰
						41.3	206-GR-2	小見川大橋
						43.4	301GR-2-4	鹿島港
69	74012	伊豆半島 南部沿岸近海	1974, 05. 09, 08:33	6.9	10	23.2	501-GR-81	東京湾 (富津岬)
						115.0	503-GR-19	東京湾 (観音崎)
						124.9	305GR-1-5	横浜港 (1)
						63.6	401GR-1-2	田子の浦港
70	740627	宮城県沖	1974, 06. 27, 13:49	5.3	20	45.8	702GR-1-8	細島港
71	74014	茨城県沖	1974, 07. 08, 14:45	6.3	40	79.0	1401-GR-5	利根川河口堰
						81.2	206-GR-3	小見川大橋
						70.9	301GR-2-5	鹿島港
72	74015	茨城県南西部	1974, 08. 04, 03:16	5.8	50	45.9	901-GRA-66	土研千葉支所(1)
						28.3	101-GR-24	新葛飾橋
						145.4	907-GR-83	平大橋
						23.6	104-GR-27	新利根川橋
						25.6	106-GR-27	草加高架橋
						34.0	310-GR-26	平井大橋
						73.9	1401-GR-6	利根川河口堰
						64.5	206-GR-4	小見川大橋
						51.7	303GR-1-8	東京湾 (品川)
						31.4	902-GR-38	西新井橋
						66.3	305GR-2-9	横浜港 (2)
73	74016	岩手県北部沿岸	1974, 09. 04, 18:20	5.6	40	46.2	105-GR-8	真崎大橋
						49.8	202GR-1-8	八戸港
74	740920	釧路沖	1974, 09. 20, 09:53	5.5	50	66.7	102GR-1-13	釧路港

表2.2(5) 解析に考慮した地震

№	地震№	地震名	年月日時分	M	深さ	震央距離	記録名	観測所名
75	74022	銚子沖	1974, 11. 16, 08:32	6.1	40	55.9	906-GR-22	鹿島試験所
						49.9	1401-GR-8	利根川河口堰
						59.2	206-GR-6	小見川大橋
						53.6	301GR-2-6	鹿島港
76	75001	熊本県北東	1975, 01. 23, 23:19	6.1	0	60.9	701GR-1-1	大分港
77	75002	千葉県北部	1975, 02. 08, 01:41	5.4	60	44.6	206-GR-8	小見川大橋
						20.2	901-GRB-5	土研千葉支所(2)
						44.9	303GR-1-9	東京港(品川)
						23.3	302GR-1-3	千葉港
78	75003	愛知・岐阜県境	1975, 03. 14, 22:56	5.3	50	33.8	204-GR-28	新八幡橋
						45.1	403GR-1-4	衣浦港
						42.9	405GR-2-2	四日市港
						24.3	404GR-1-4	名古屋港
79	75005	福島県沖	1975, 04. 08, 15:17	5.9	30	102.9	207GR-2-5	塩釜港
80	75008	大分県中部	1975, 04. 21, 02:35	6.4	0	37.8	701GR-1-2	大分港
81	75015	福島県沖	1975, 08. 15, 03:09	5.5	50	19.7	907-GR-94	平大橋
82	751030	浦河沖	1975, 10. 30, 10:41	6.0	60	154.1	105GR-1-9	室蘭港
83	76004	山梨県東部	1976, 06. 16, 07:36	5.5	20	40.5	1005-GR-2	姥久保橋
						16.9	1006-GR-5	鶴川橋
84	78001	大島近海	1978, 01. 14, 12:24	7.0	0	70.3	503-GR-21	東京湾(観音崎)
						53.7	NUMAZU	沼津変電所
						41.2	ATAMI	熱海変電所
						108.5	SHINIWATA	新岩田変電所
85	78002	宮城県沖	1978, 02. 20, 13:37	6.7	50	44.7	SHIROBORI	白堀変電所
						84.2	302-GR-34	開北橋
86	78008	島根県中部	1978, 06. 04, 05:04	6.1	0	219.9	907-GR-106	平大橋
						29.8	306-GR-7	妙見橋
87	78012	宮城県沖	1978, 06. 12, 17:14	7.4	40	81.4	302-GR-35	開北橋
						164.6	907-GR-108	平大橋
						312.2	104-GR-36	新利根川橋
						188.1	301-GR-13	雄平橋
88	80008	伊豆半島付近	1980, 06. 29, 16:20	6.7	10	104.5	206GR-2-3	大船渡港(2)
						61.3	1002-GR-5	東名・富士川橋

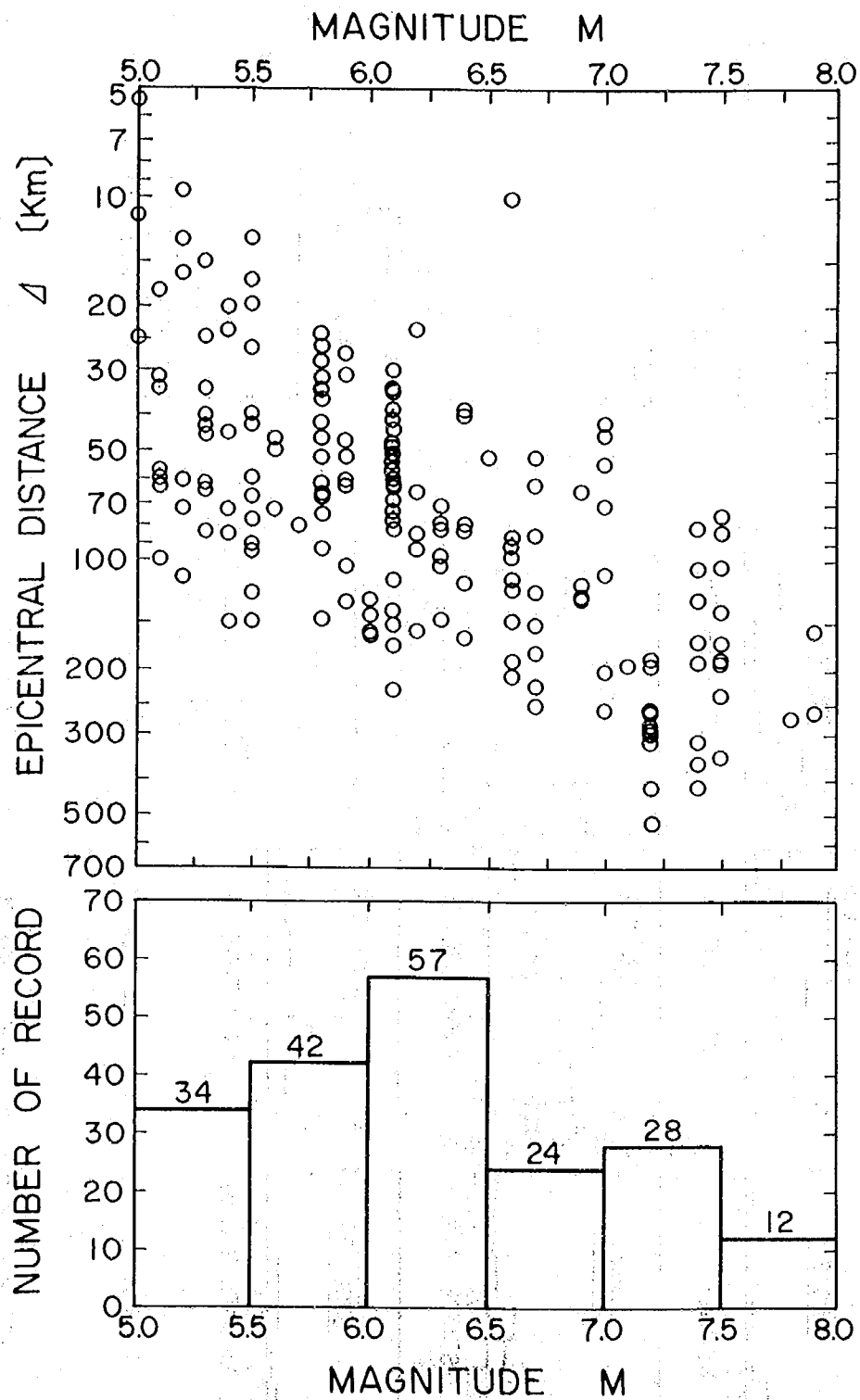


図2.1 解析対象記録のマグニチュードおよび震央距離別分類

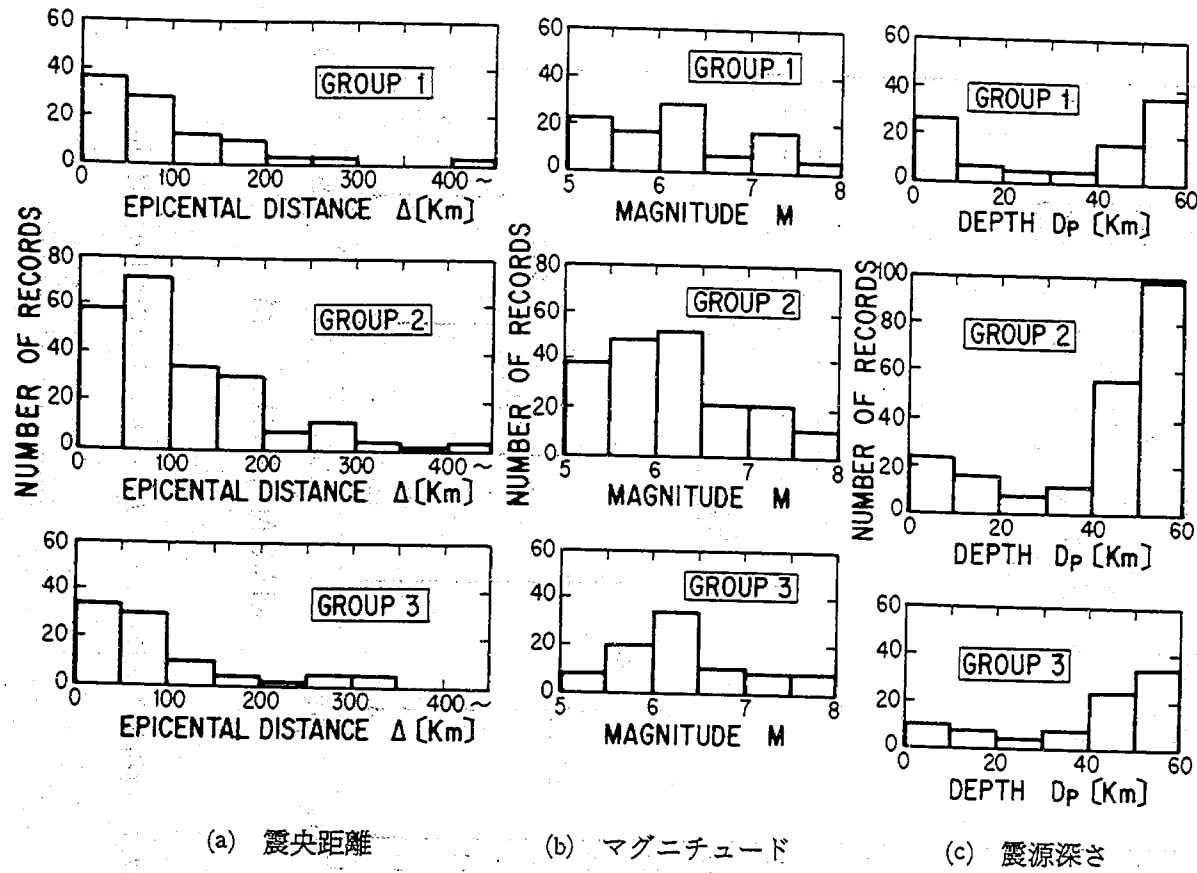


図2.2(1) 解析対象記録のマグニチュード、震央距離および震源深さ別の分類

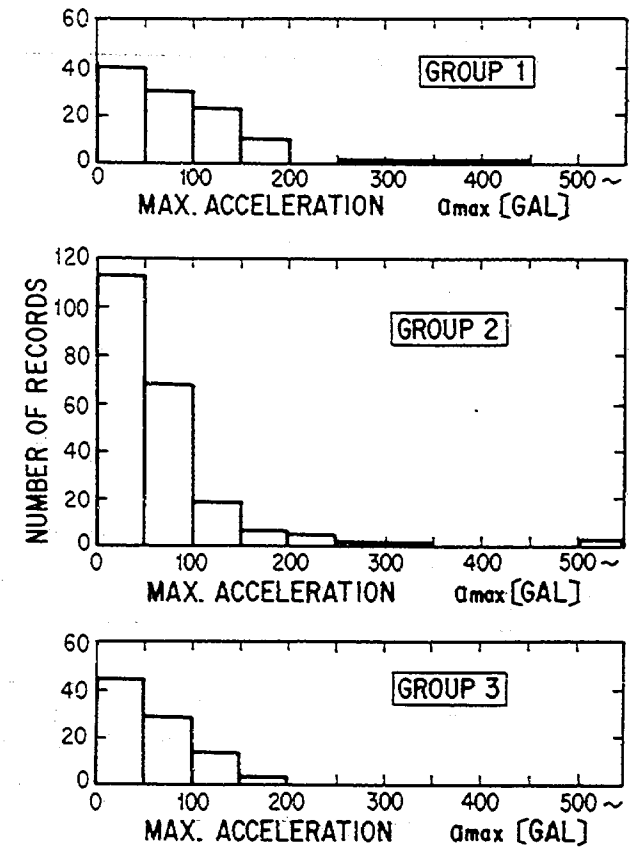


図2.2(2) 最大加速度の頻度分布

3. 速度応答スペクトルの距離減衰の推定法

3.1 速度応答スペクトルの距離減衰式

速度応答スペクトルの距離減衰式を算定する際には、水平2成分の加速度記録を合成し、各固有周期ごとに水平面内の最大となる速度応答スペクトル振幅を解析対象とした。すなわち、いま強震計で観測された互いに直交する2成分の加速度記録を $a_x(t)$ および $a_y(t)$ とすれば、図3.1に示すように座標軸を反時計回りに角度 θ だけ回転させた X 軸に沿う加速度記録 $a_X(t, \theta)$ は次式で与えられる。

$$a_X(t, \theta) = a_x(t) \cos \theta + a_y(t) \sin \theta \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

ある固有周期 T について、 θ を順次変化させて $a_X(t, \theta)$ から速度応答スペクトル $S_v(T, h)$ を計算し、 $S_v(T, h)$ の最大値を求めれば、固有周期 T に対する水平面内の速度応答スペクトルの最大振幅が求められることになる。ここで、本解析では θ を 0° から 180° まで 5° 間隔で変化させることとした。なお、地震動の最大加速度、最大速度および最大変位については、水平2成分を合成した場合には水平2成分のいずれか大きい値より平均して8%程度大きくなり、加速度応答スペクトルについては25~35%程度大きくなることが報告されている^{11), 12)}。

最大地震動（最大加速度、最大速度、最大変位）および加速度応答スペクトルと地震のマグニチュードおよび震央距離との関係式（距離減衰式）に関しては、現在までに各種の検討が行われている¹³⁾。これらの結果によれば、実用的な距離減衰式としては次式が実測値との対応がよいとされている¹²⁾。

$$X(M, \Delta) = a \times 10^b M \times (\Delta + \Delta_0)^c \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

ここに、

X : 最大地震動もしくは加速度応答スペクトル値

M : 地震のマグニチュード

Δ : 震央距離

Δ_0 : 震央距離が小さい範囲の X を調整するための定数

a, b, c : 係数

本解析では、文献12)を参考にして式(3.2)中の Δ_0 は30kmとし、各地盤種別 GC 、固有周期 T ごとに減衰定数0.1の速度応答スペクトル $S_v(T, M, \Delta, GC)$ の距離減衰式が次式で表されるものと仮定した。

$$S_v(T, M, \Delta, GC) = a(T, GC) \times 10^{b(T, GC) M} \times (\Delta + 30)^{c(T, GC)} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

ここで、 $a(T, GC)$ 、 $b(T, GC)$ および $c(T, GC)$ は係数である。

重回帰分析により、各地盤種別ごと並びに全データについて係数 $a(T, GC)$ 、 $b(T, GC)$ および $c(T, GC)$ を求めると表3.1に示すようになる。また、各係数の固有周期による変動を示すと図3.2のようになる。図3.3は、本解析で用いた強震記録と同一のデータを使用し、式(3.3)と同じ型式の距離減衰式を仮定して求めた減衰定数0.05の加速度応答スペクトルの距離減衰式の各係数を示したものである^{10), 12)}。図3.2および図3.3を比較することにより次の事項が指摘される。

1) 固有周期 T が長くなるにしたがい係数 $b(T, GC)$ が大きくなるという傾向は速度応答スペクトルお

よび加速度応答スペクトルのいずれについても共通であるが、同一の T について比較すると前者の場合の方が $b(T, GC)$ の値が小さい。また、 T の変化に伴う $b(T, GC)$ の変動は速度応答スペクトルの場合の方が加速度応答スペクトルの場合よりも小さい。すなわち、速度応答スペクトルの距離減衰式は、加速度応答スペクトルの場合よりもマグニチュードの影響が小さく、また、固有周期の違いによるマグニチュードの影響度合いの差も小さいことになる。

2) 固有周期 T に対する速度応答スペクトルの距離減衰式の係数 $c(T, GC)$ の変動の状況は、加速度応答スペクトルの場合と類似している。ただし、 $c(T, GC)$ の変動の程度は前者の方が若干小さくなっている。大略的には距離減衰式に及ぼす震央距離の影響は、速度応答スペクトルと加速度応答スペクトルの場合で同程度であるとみなせる。

図 3.4 は速度応答スペクトルの距離減衰の一例として、固有周期 1 秒の場合について震央距離と速度応答スペクトル値の関係を示したものである。図中には重回帰分析の結果による $M = 5, 6, 7, 8$ に対する回帰曲線も合わせて示してある。なお、全固有周期に対する結果を付属資料 1 に示す。図 3.4 からわかるように実測データは回帰曲線の回りにばらついている。このばらつきを示すために、強震記録から直接計算した速度応答スペクトル $S_V^{OB}(T, M, \Delta, GC)$ と当該記録の得られた地震のマグニチュード M および震央距離 Δ から式 (3.3) により推定した速度応答スペクトル $S_V^P(T, M, \Delta, GC)$ との比 $U_{SV}(T, M, \Delta, GC)$ を次式により定義した^{10), 12)}。

$$U_{SV}(T, M, \Delta, GC) = S_V^{OB}(T, M, \Delta, GC) / S_V^P(T, M, \Delta, GC) \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

$U_{SV}(T, M, \Delta, GC)$ の計算例として、固有周期 1 秒の場合を図 3.5 に示す。なお、全計算結果を付属資料 2 に示す。図 3.5 より $U_{SV}(T, M, \Delta, GC)$ は M および Δ により顕著に変化しないことがわかる。そこで、各地盤種別、固有周期ごとに $\log U_{SV}(T, M, \Delta, GC)$ の平均値および標準偏差を求めると表 3.2 に示すようになる。表 3.2 より、いずれの地盤種別および固有周期についても $\log U_{SV}(T, M, \Delta, GC)$ の平均値は概ね 0 であり、標準偏差は地盤種別および固有周期により大きく変動しないことがわかる。 $\log U_{SV}(T, M, \Delta, GC)$ の標準偏差を全地盤種別および全固有周期について平均すると、0.25 となる。すなわち、例えば、回帰式に標準偏差分のばらつきを見込む場合には回帰結果に $10^{0.25} = 1.78$ を乗ずる必要がある。

本資料で提案した距離減衰式に基づく速度応答スペクトルの推定結果の一例として、マグニチュード $M = 7, 8$ 、震央距離 $\Delta = 50, 100\text{km}$ に対するスペクトルを図 3.6 に示す。同図より、同一マグニチュードの場合、 $\Delta = 50\text{km}$ の速度応答スペクトルは $\Delta = 100\text{km}$ の応答スペクトルの 2 倍程度であることがわかる。また、同一震央距離については、 $M = 8$ の速度応答スペクトルは $M = 7$ の場合の概ね 2 ～ 3 倍の値を示す。

3.2 表層地盤の最大応答速度の推定法

応答変位法による設計基準の入力地震動として、例えば、共同溝設計指針¹⁴⁾では工学的な基盤面から上部の表層地盤地表面での最大応答速度が図 3.7 に示すように設定されている。ここで、図中の固有周期は表層地盤の固有周期であり、地盤条件がこの固有周期で代表されていることになる。また、既往の地震記録の解析結果によれば、せん断波速度 300m/s 程度以上もしくは N 値 50 以上の工学的な基盤面

上における地震動のスペクトル特性は、I種地盤上よりもII種地盤上のスペクトル特性に近いことが指摘されている¹⁵⁾。したがって、任意のマグニチュードおよび震央距離を有する地震に対して表層地盤（減衰定数 $h=0.1$ とみなす）の最大応答速度、すなわち、速度応答スペクトルを推定するためには3.1節で提案した速度応答スペクトルの距離減衰式のうち次式に示すII種地盤の距離減衰式を用いればよい。

$$S_v(T, M, \Delta) = a(T) \times 10^{b(T)M} \times (\Delta + 30)^{c(T)} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

ここで、係数 $a(T)$ 、 $b(T)$ および $c(T)$ は、表3.1におけるII種地盤の場合の係数である。また、式(3.5)中の固有周期 $T[s]$ は表層地盤の固有周期であり、次式により算出することができる¹⁴⁾。

$$T = 1.25 T_G \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

ここで、 $T_G[s]$ は地盤の特性値である。

図3.7を図3.6と比較すると、図3.7のA地域の速度応答スペクトルは図3.6のII種地盤上でのマグニチュード $M=7$ 、震央距離 $\Delta=50\text{km}$ のスペクトルを概ね包絡したものに相当していることがわかる。すなわち、共同溝設計指針では $M=7$ 、 $\Delta=50\text{km}$ 程度の地震を耐震設計上の目標として想定しているものとみなせる¹⁶⁾。

3.3 加速度応答スペクトルの距離減衰式から推定した速度応答スペクトル

固有周期 $T[s]$ 、減衰定数 h の速度応答スペクトル $S_v(T, h)$ は、同じ固有周期および減衰定数に対する加速度応答スペクトル $S_A(T, h)$ より近似的に次式で求められる¹⁷⁾。

$$S_v(T, h) \cong \frac{T}{2\pi} S_A(T, h) \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

ここで、減衰定数0.05の加速度応答スペクトルについては式(3.3)と同じ形式、および係数 $c(T, GC)$ を地盤種別並びに固有周期によらず一定とした距離減衰式が提案されており^{10), 12)}、また、減衰定数0.05の加速度応答スペクトルから任意の減衰定数の加速度応答スペクトルを推定する変換式 ξ_{SA} としては次式が提案されている^{12), 18)}。

$$\begin{aligned} \xi_{SA} &= \frac{S_A(T, h)}{S_A(T, h=0.05)} \quad \dots\dots\dots (3.8) \\ &= \frac{1.5}{40h+1} + 0.5 \end{aligned}$$

式(3.7)および(3.8)を用いて減衰定数0.05の加速度応答スペクトルの距離減衰式から推定した減衰定数0.1の速度応答スペクトルと、本資料で提案した速度応答スペクトルの距離減衰式を用いて直接的に推定した速度応答スペクトルの比較結果を図3.8に示す。ここで、地震のマグニチュードは $M=7, 8$ 、震央距離は $\Delta=50\text{km}$ とした。図中の実線、破線および一点鎖線は、それぞれ、速度応答スペクトルの距離減衰式、加速度応答スペクトルの距離減衰式および震央距離の係数を一定とした加速度応答スペクトルの距離減衰式から推定した速度応答スペクトルである。

加速度応答スペクトルの距離減衰式から推定した速度応答スペクトルは、直接的に推定した速度応答スペクトルと概ね一致し、大略的には加速度応答スペクトルから速度応答スペクトルを推定することは可能であるとみなせる。しかしながら、III種地盤では両者の一致があまり良好ではないこと、また、全般に固

有周期の短い領域では加速度応答スペクトルの距離減衰式から推定した速度応答スペクトルは、直接的に推定した速度応答スペクトルを上回り、一方、固有周期の長い領域では下回る点を勘案すると、詳細な検討が必要な場合にはここで提案した速度応答スペクトルの距離減衰式を用いるのが望ましいと考えられる。

表3.1(1) 速度応答スペクトルの距離減衰式の係数

(a) I種地盤

固有周期 T [s]	係数 a	係数 b	係数 c	重相関係数 R	標準誤差 σ
0.1	22.882	0.206	-1.142	0.664	0.273
0.15	51.428	0.206	-1.199	0.740	0.231
0.2	50.038	0.246	-1.281	0.758	0.235
0.3	71.829	0.283	-1.456	0.809	0.226
0.5	18.222	0.240	-1.032	0.660	0.259
0.7	19.884	0.238	-1.055	0.699	0.237
1	31.304	0.284	-1.302	0.761	0.242
1.5	22.377	0.332	-1.377	0.788	0.240
2	23.052	0.326	-1.374	0.789	0.238
3	18.222	0.317	-1.301	0.775	0.237

(b) II種地盤

固有周期 T [s]	係数 a	係数 b	係数 c	重相関係数 R	標準誤差 σ
0.1	11.368	0.270	-1.280	0.626	0.284
0.15	14.581	0.290	-1.264	0.657	0.257
0.2	14.138	0.314	-1.249	0.629	0.273
0.3	13.409	0.317	-1.166	0.606	0.273
0.5	9.582	0.332	-1.091	0.636	0.243
0.7	6.455	0.399	-1.195	0.694	0.236
1	2.042	0.464	-1.134	0.679	0.267
1.5	1.291	0.499	-1.171	0.710	0.262
2	1.104	0.482	-1.105	0.721	0.244
3	1.592	0.459	-1.139	0.722	0.235

表3.1(2) 速度応答スペクトルの距離減衰式の係数

(c)III種地盤

固有周期 T [s]	係数 a	係数 b	係数 c	重相関係数 R	標準誤差 σ
0.1	15.125	0.136	-1.038	0.534	0.281
0.15	17.956	0.166	-1.025	0.517	0.268
0.2	30.782	0.188	-1.121	0.576	0.248
0.3	74.473	0.159	-1.109	0.612	0.238
0.5	58.627	0.267	-1.253	0.578	0.249
0.7	16.780	0.498	-1.649	0.657	0.239
1	5.133	0.497	-1.376	0.542	0.278
1.5	1.674	0.517	-1.212	0.527	0.286
2	1.601	0.463	-1.067	0.502	0.274
3	1.817	0.480	-1.172	0.547	0.254

(d)全データ

固有周期 T [s]	係数 a	係数 b	係数 c	重相関係数 R	標準誤差 σ
0.1	15.463	0.206	-1.153	0.561	0.310
0.15	21.797	0.225	-1.154	0.598	0.280
0.2	22.039	0.258	-1.187	0.614	0.273
0.3	24.649	0.284	-1.216	0.640	0.261
0.5	14.401	0.301	-1.096	0.609	0.260
0.7	9.435	0.366	-1.188	0.644	0.266
1	3.905	0.427	-1.177	0.627	0.299
1.5	2.255	0.469	-1.205	0.662	0.292
2	2.037	0.451	-1.147	0.667	0.276
3	2.576	0.432	-1.163	0.682	0.259

表3.2 $\log U_{Sv}$ の平均値および標準偏差

固有周期 [秒]		0.1	0.15	0.2	0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	3
I種地盤	平均値	-0.001	0.002	0.000	-0.001	-0.001	0.002	0.002	0.000	-0.002	-0.001
	標準偏差	0.264	0.223	0.228	0.219	0.251	0.229	0.234	0.232	0.230	0.229
II種地盤	平均値	0.003	-0.002	0.002	-0.002	0.002	-0.001	-0.002	0.000	0.003	0.001
	標準偏差	0.280	0.253	0.269	0.269	0.239	0.232	0.263	0.258	0.241	0.231
III種地盤	平均値	0.003	0.002	0.001	0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	0.003	-0.002
	標準偏差	0.271	0.259	0.240	0.229	0.240	0.230	0.268	0.276	0.265	0.245

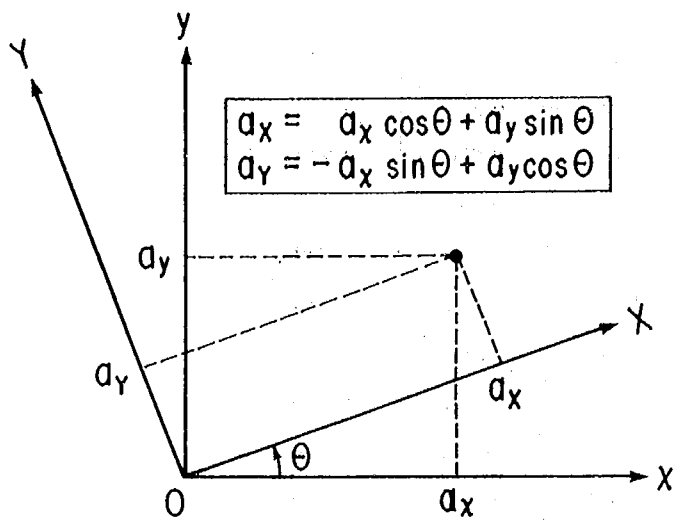
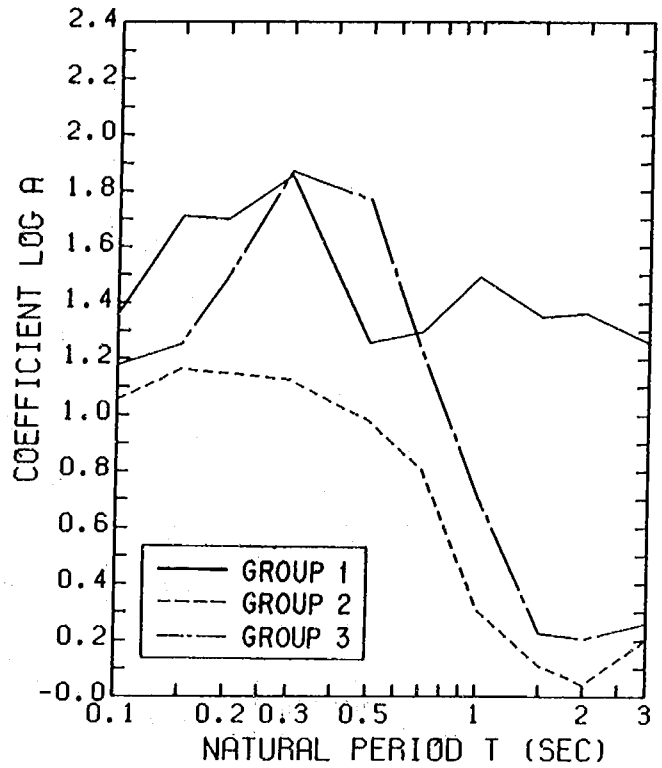
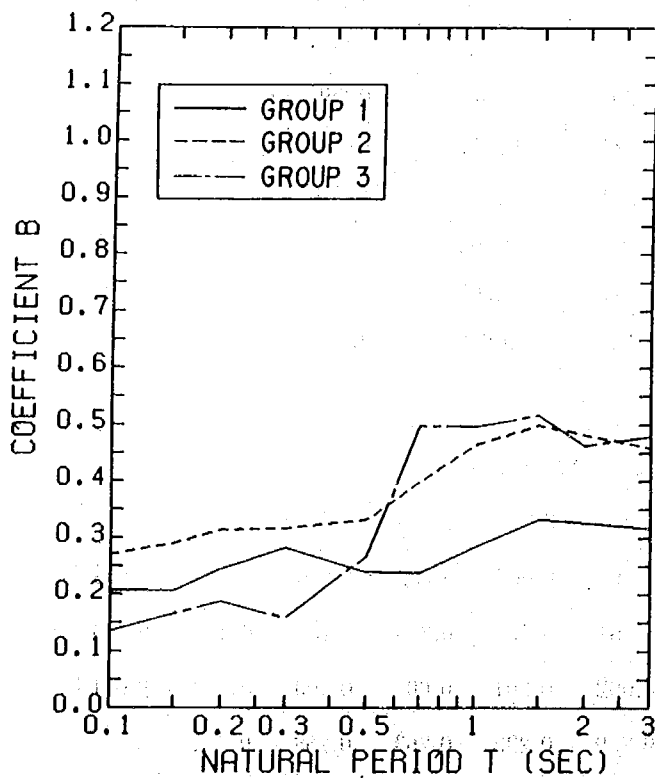


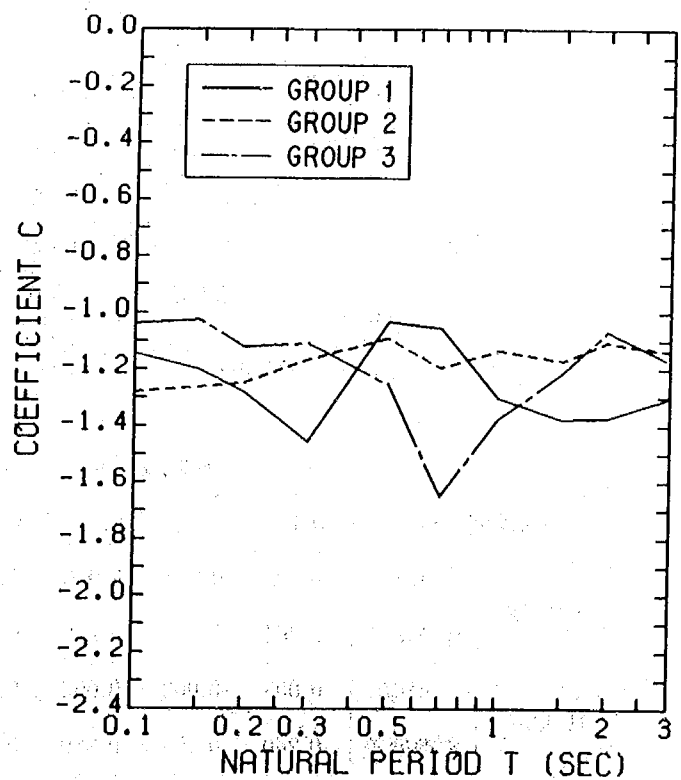
図3.1 座標軸の回転



(a) 係数 a

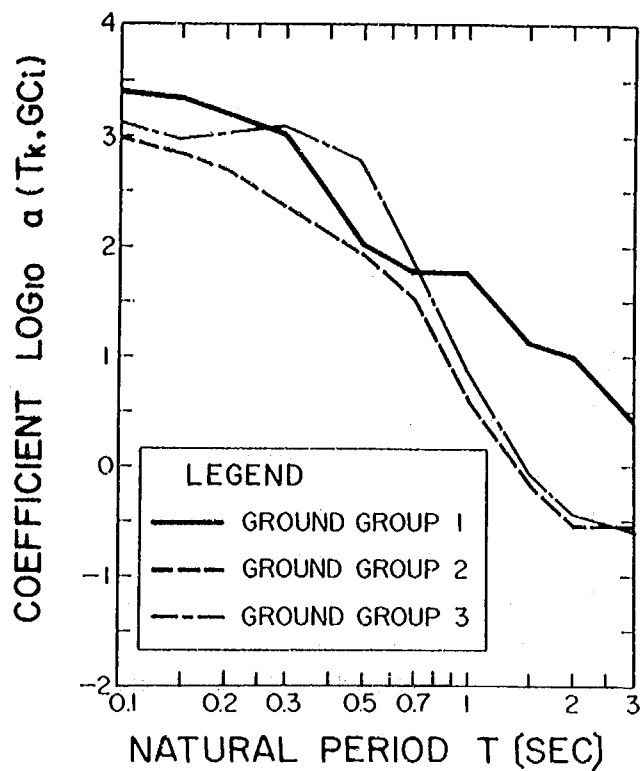


(b) 係数 b

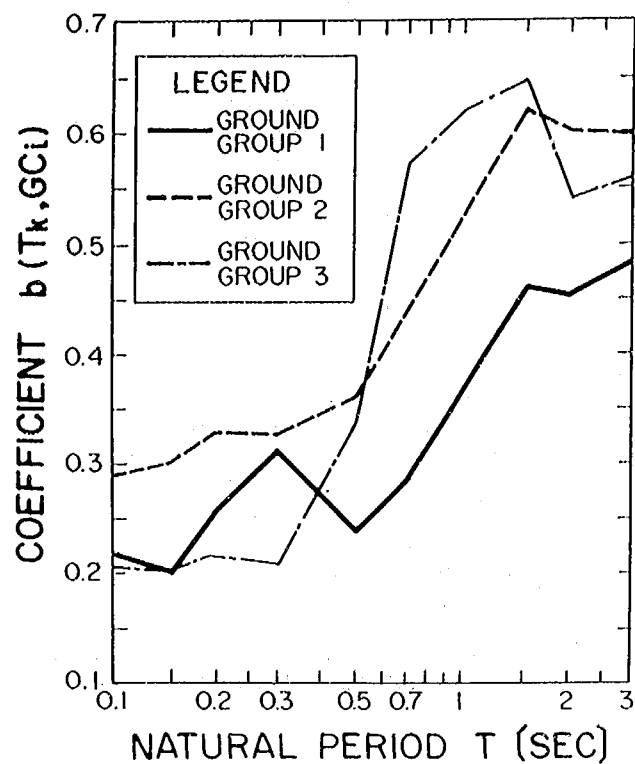


(c) 係数 c

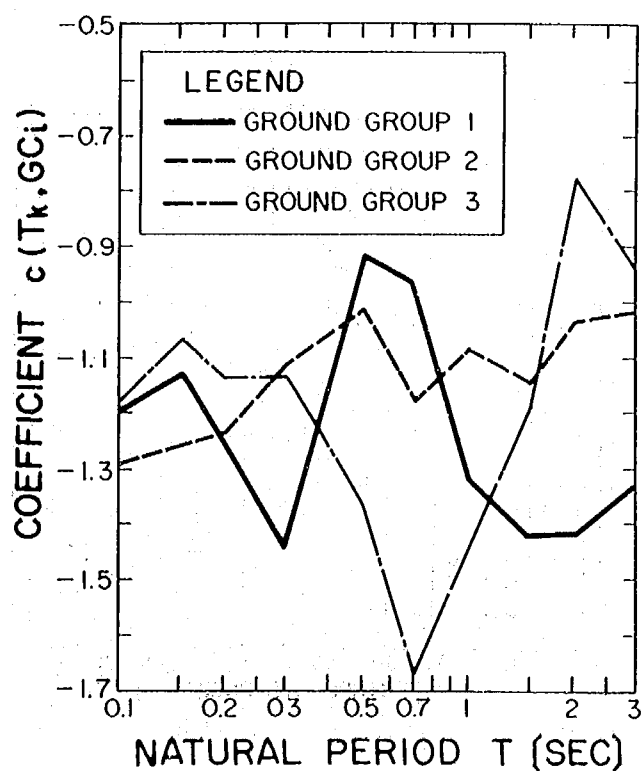
図3.2 速度応答スペクトルの距離減衰式の係数



(a) 係数 a

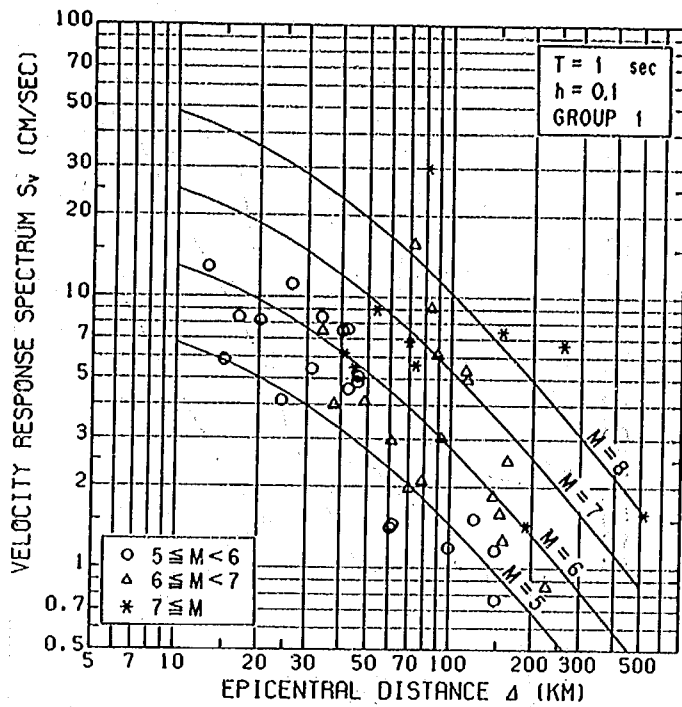


(b) 係数 b

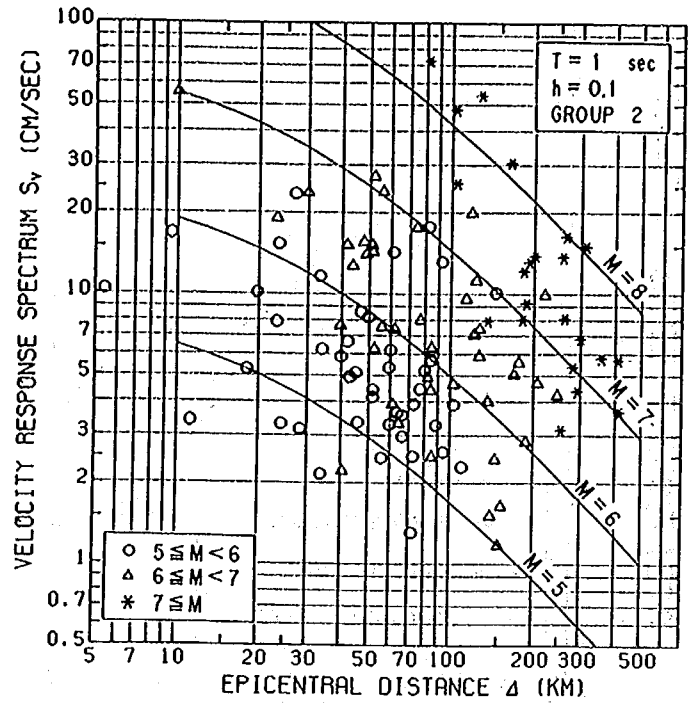


(c) 係数 c

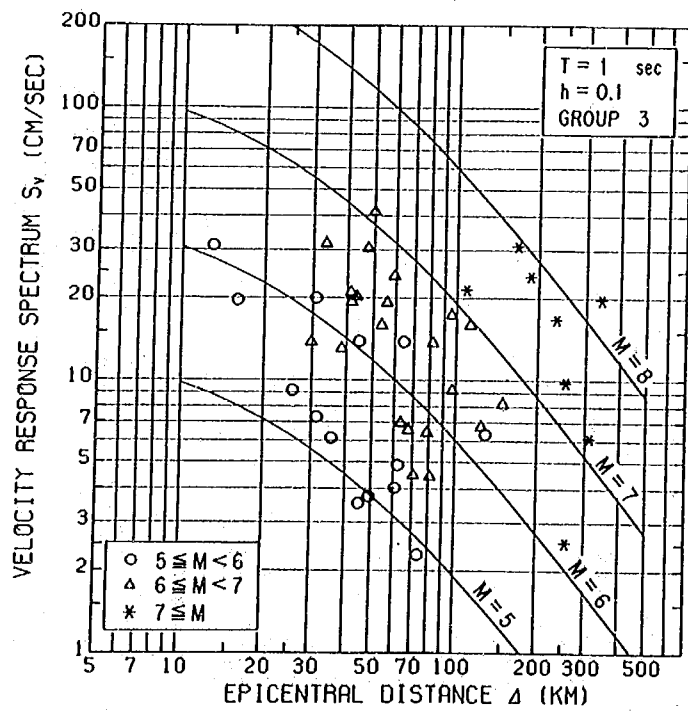
図3.3 加速度応答スペクトルの距離減衰式の係数



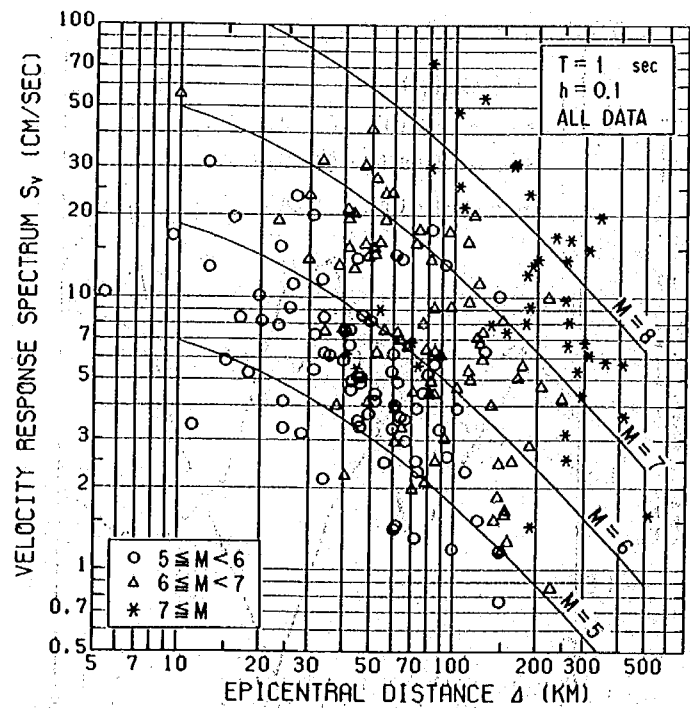
(a) I種地盤



(b) II種地盤

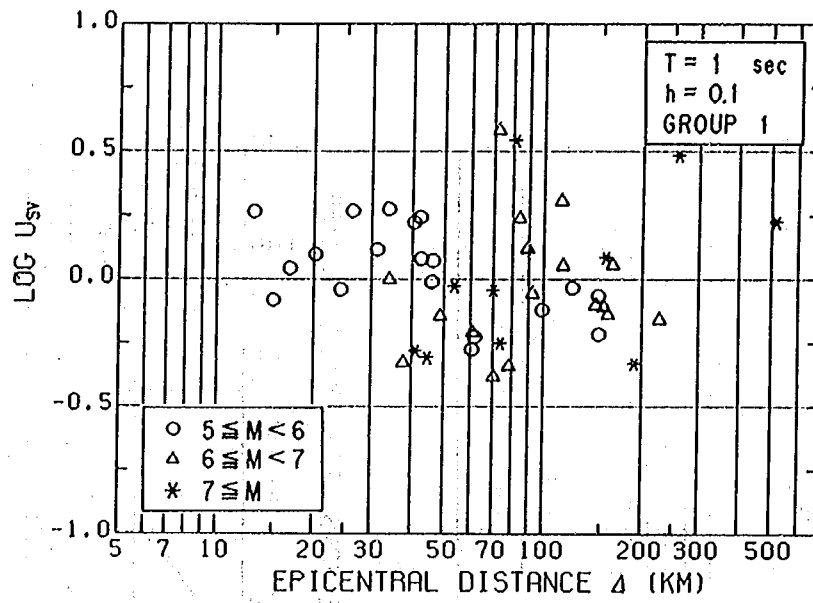


(c) III種地盤

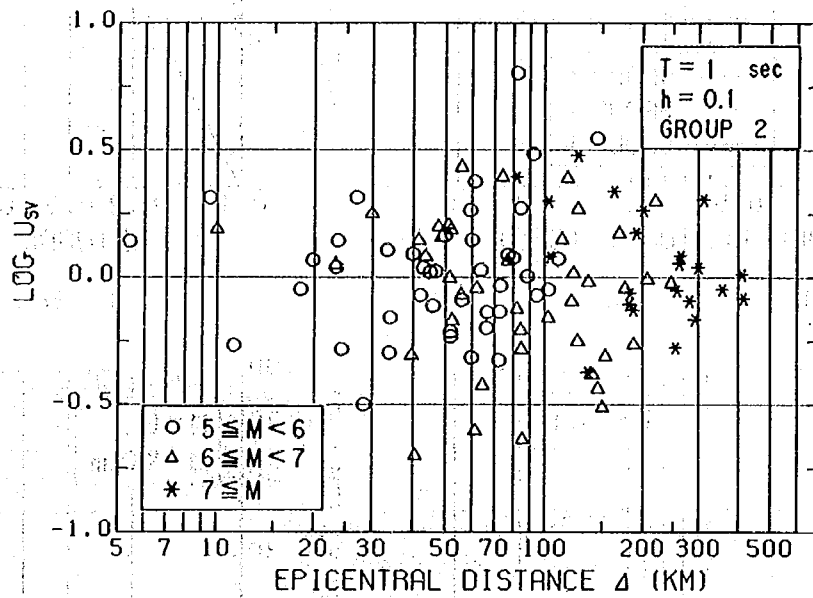


(d) 全データ

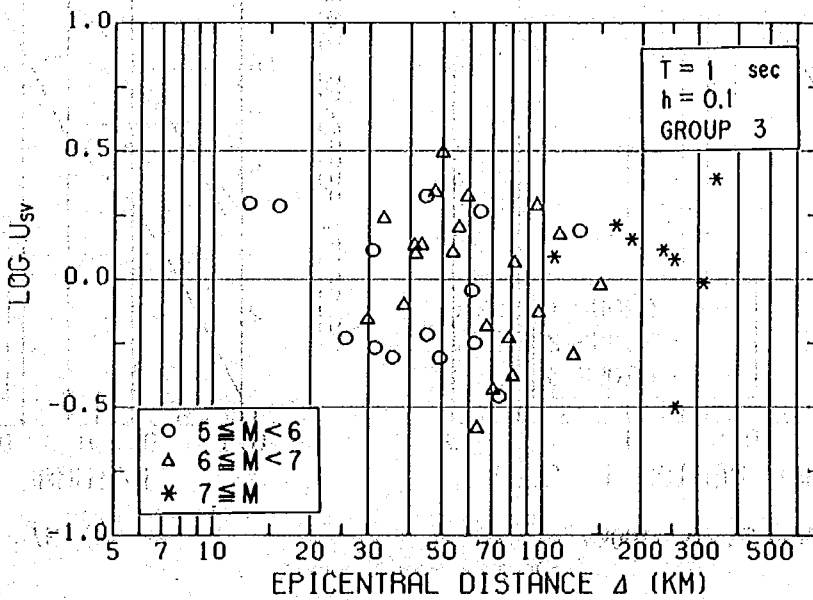
図3.4 速度応答スペクトルの距離減衰 (固有周期1秒)



(a) I種地盤

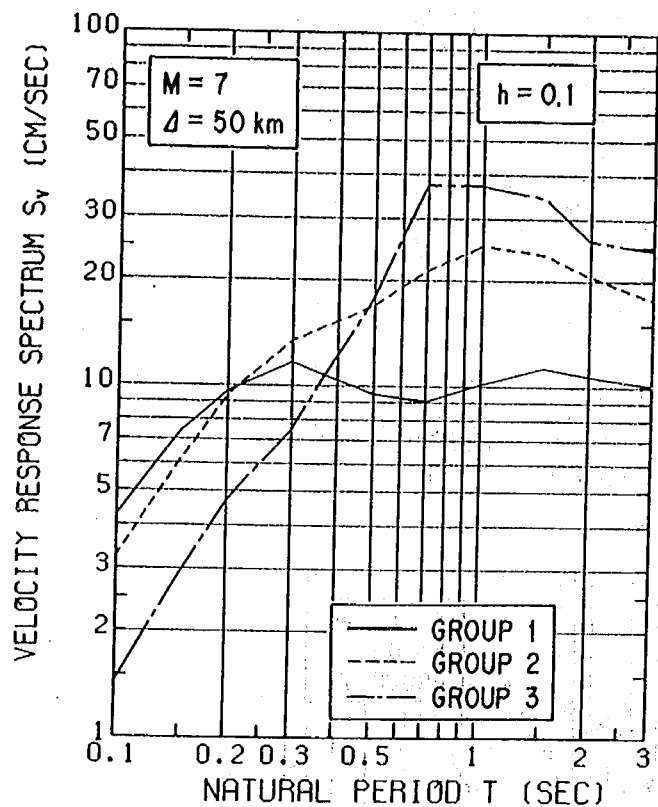


(b) II種地盤

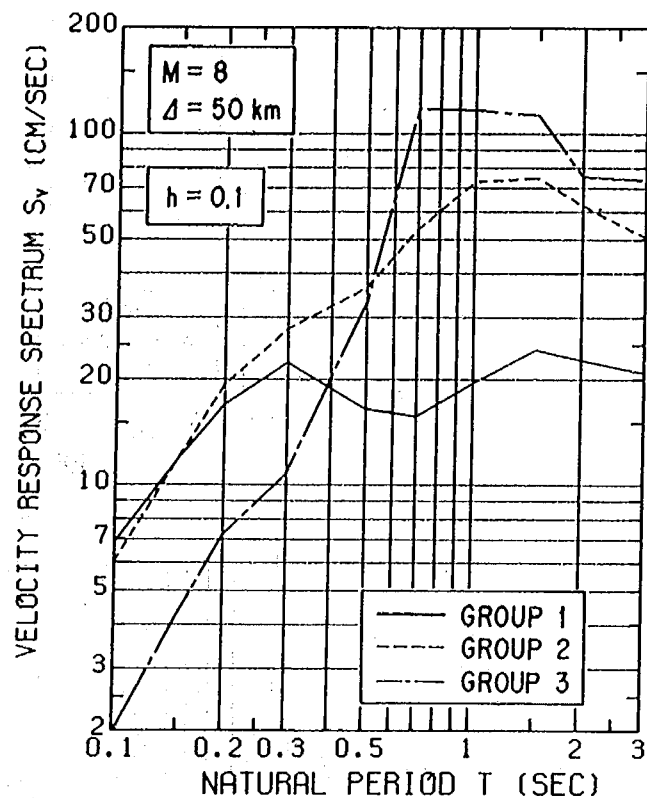


(c) III種地盤

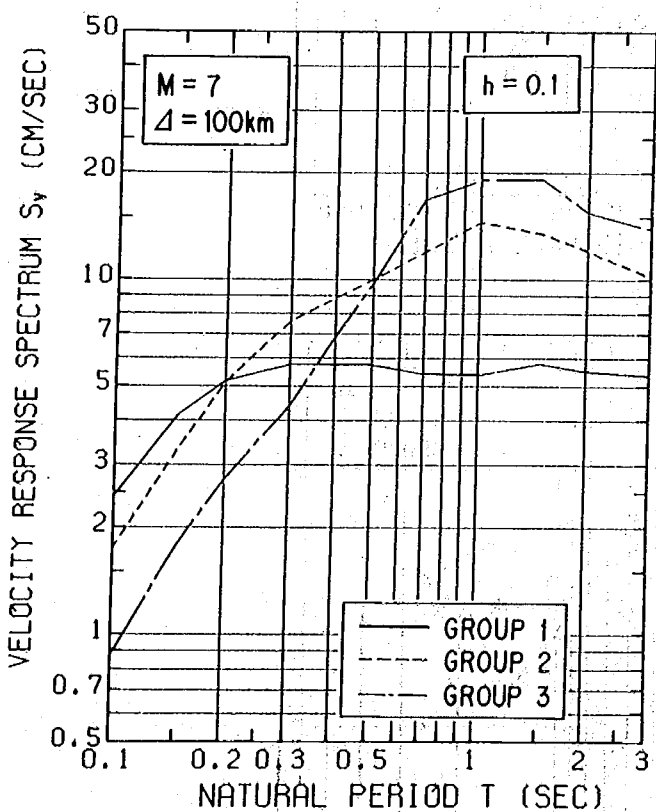
図3.5 $\log U_{sv}$ の分布 (固有周期1秒)



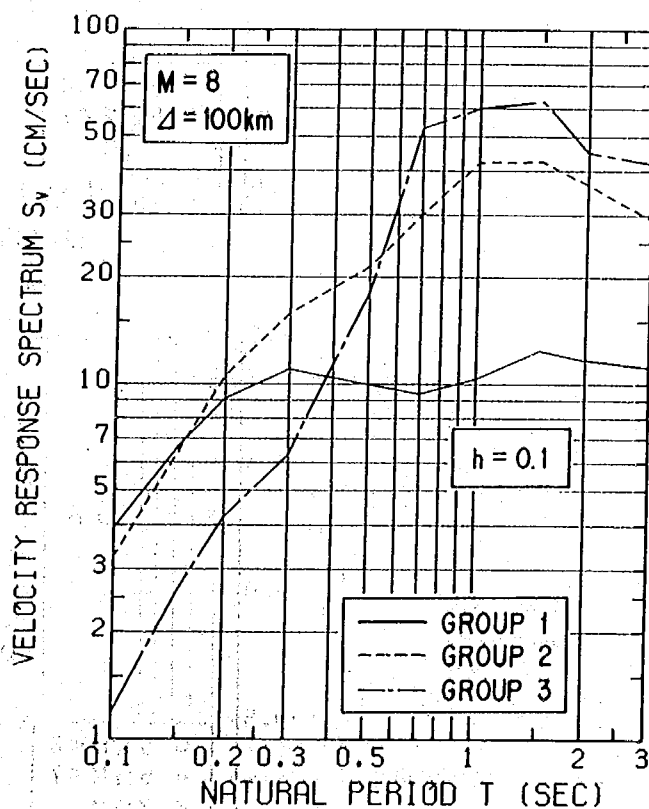
(a) $M=7$, $\Delta=50\text{km}$



(b) $M=8$, $\Delta=50\text{km}$



(c) $M=7$, $\Delta=100\text{km}$



(d) $M=8$, $\Delta=100\text{km}$

図3.6 速度応答スペクトルの推定値

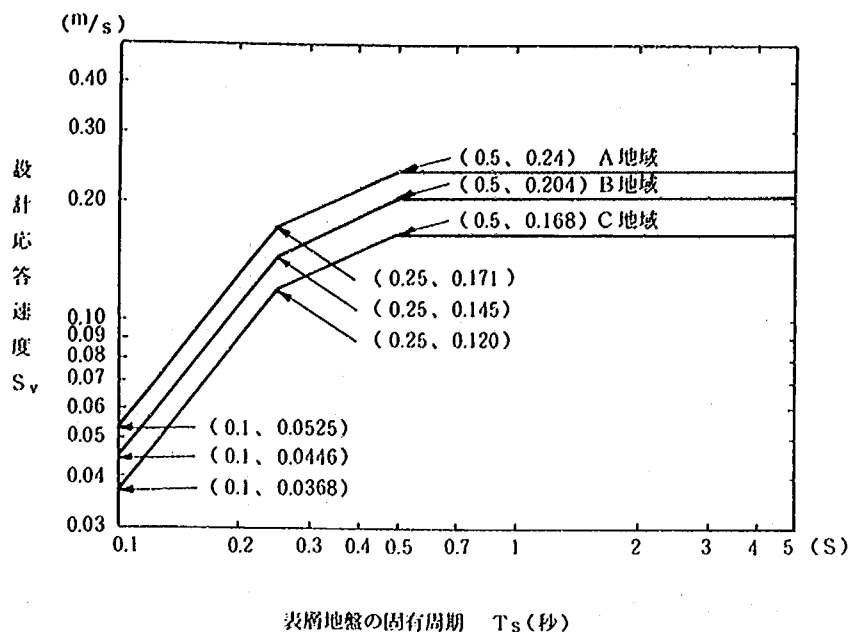
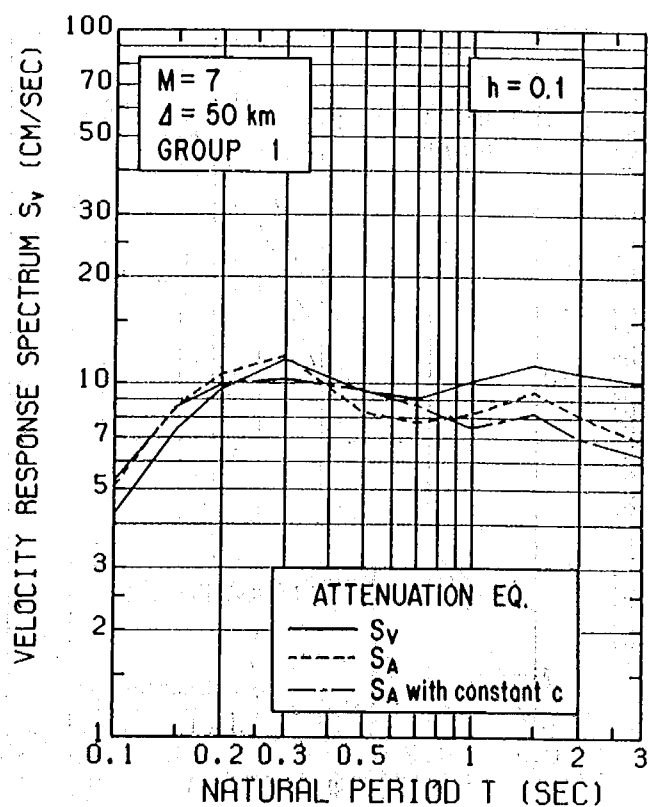
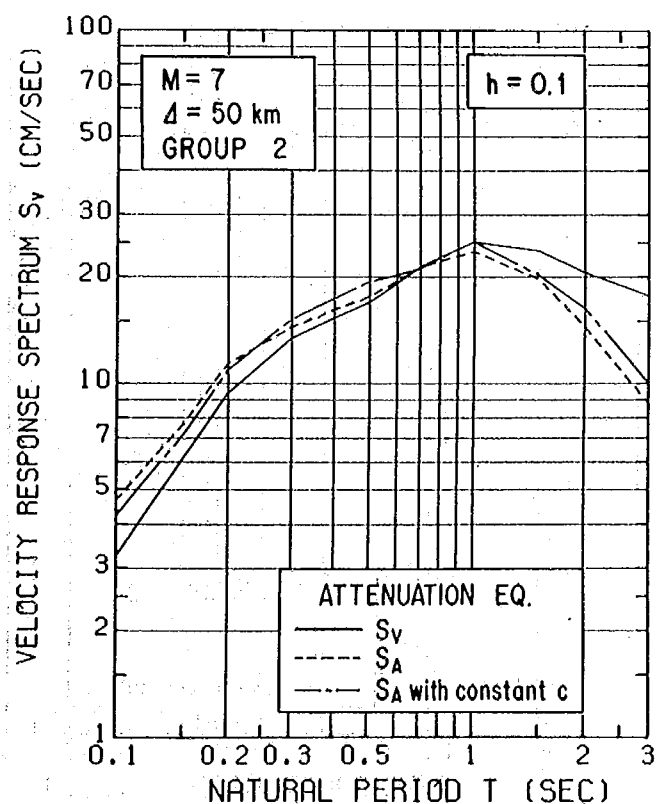


図3.7 共同溝設計指針の設計応答速度¹⁶⁾

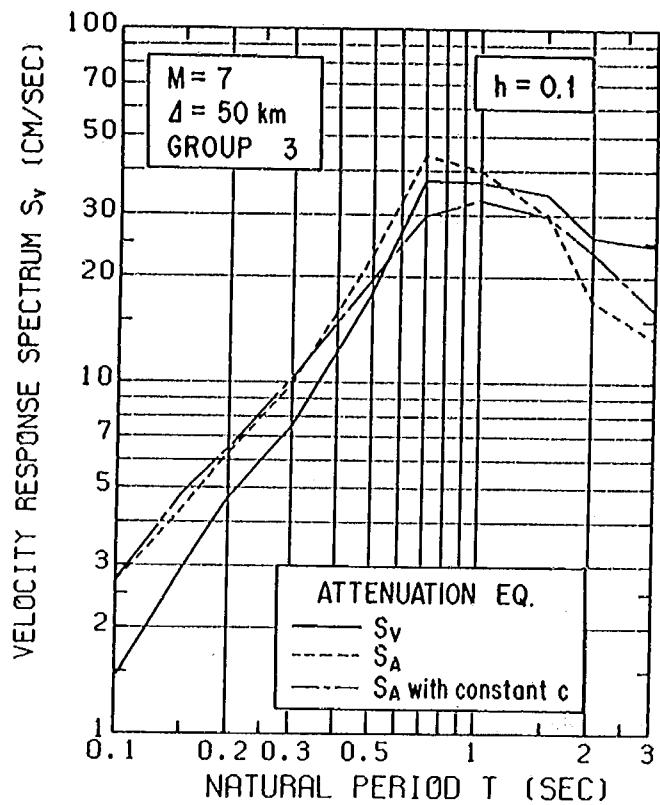


(a) $M=7$, $\Delta=50$ km, I種地盤

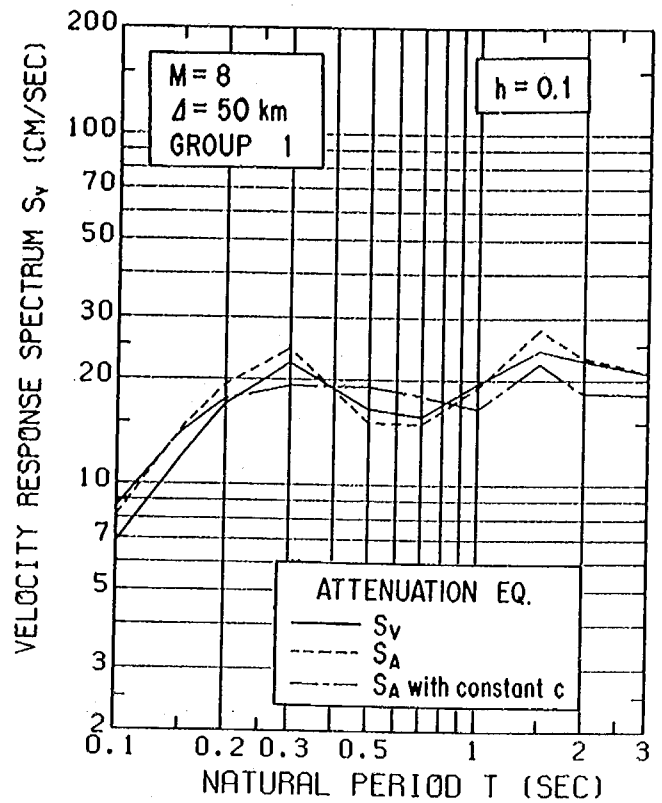


(b) $M=7$, $\Delta=50$ km, II種地盤

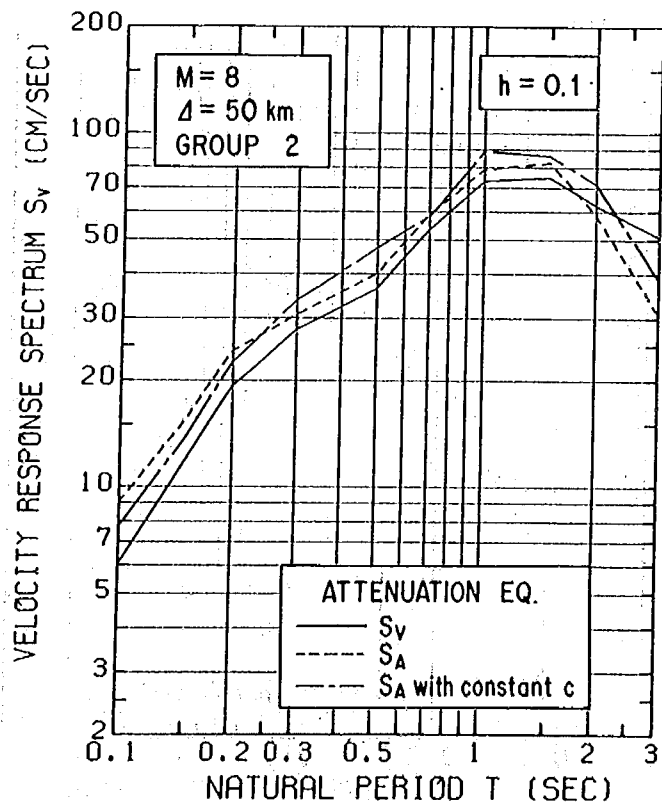
図3.8(1) 速度応答スペクトルの比較



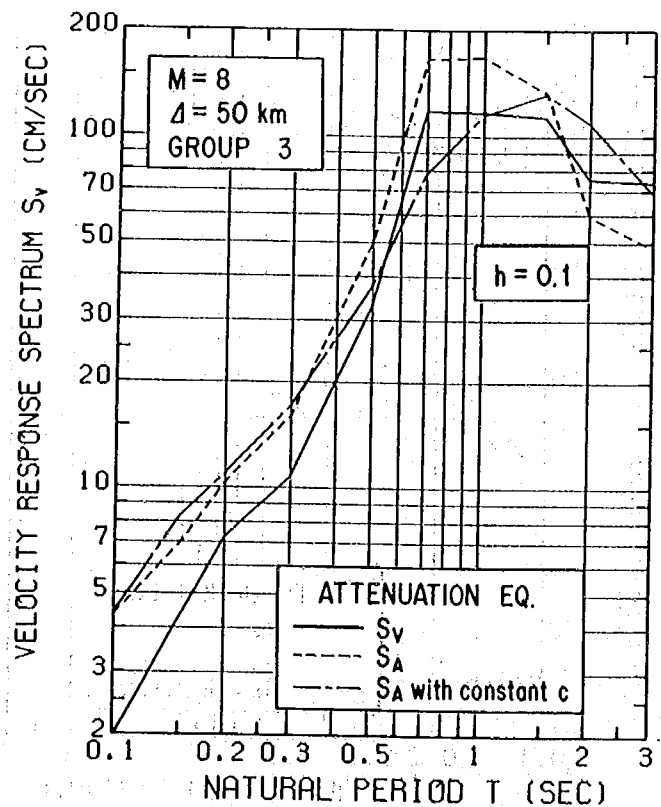
(c) $M=7$, $\Delta=50$ km, III種地盤



(d) $M=8$, $\Delta=50$ km, I種地盤



(e) $M=8$, $\Delta=50$ km, II種地盤



(f) $M=8$, $\Delta=50$ km, III種地盤

図3.8(2) 速度応答スペクトルの比較

4. 結 論

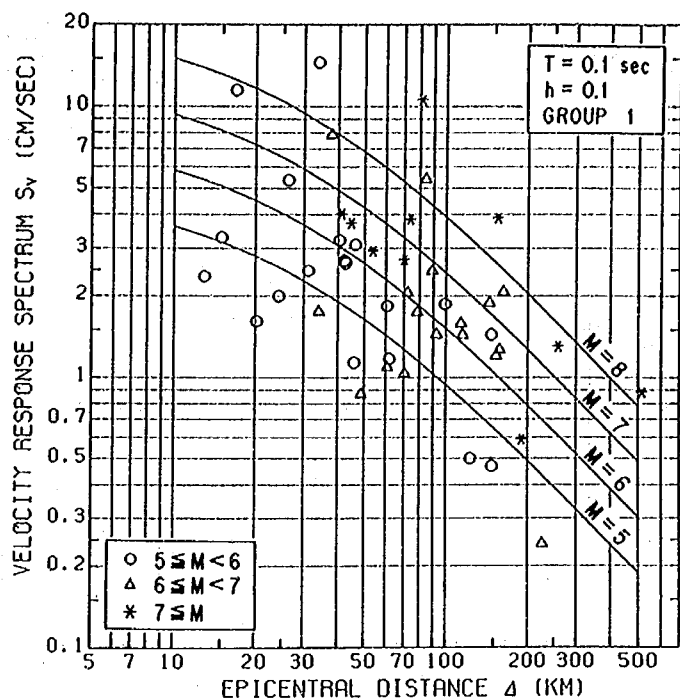
我が国の地盤上67地点においてSMA C型強震計により観測された 2×197 組の水平成分加速度強震記録をもとに、重回帰分析により減衰定数0.1の速度応答スペクトルの距離減衰式を提案した。速度応答スペクトルの計算に際しては水平2成分の合成を考慮し、水平面内の最大速度応答スペクトル振幅を解析対象とした。また、道路橋示方書耐震設計編の地盤種別に基づき、地盤条件を3種類に区分し、各地盤種別ごとに地震のマグニチュードおよび震央距離から速度応答スペクトルを推定する実用的な距離減衰式を提案した。距離減衰式から推定される速度応答スペクトル値のばらつきを表すために、実測値と推定値の比を算出し、その常用対数がおおよそ標準偏差0.25の正規分布とみなせることを明らかにした。

任意の地震に対して表層地盤（減衰定数=0.1とみなす）の地表面での最大応答速度を推定するためには本資料で提案したII種地盤の速度応答スペクトルの距離減衰式を用いることができる。なお、推定値に距離減衰式の標準偏差分のばらつきを見込む場合には、推定結果を $10^{0.25} = 1.78$ 倍すればよい。

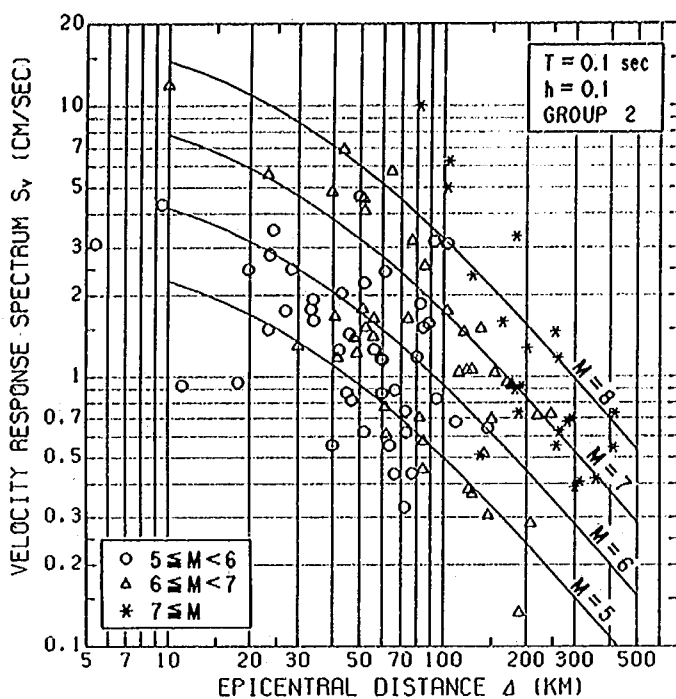
参 考 文 献

- 1) 建設省土木研究所：新耐震設計法（案），土木研究所資料，第1185号，昭和52年3月
- 2) 建設省土木研究所：地下埋設管路の耐震設計と設計地震入力，土木研究所資料，第1764号，昭和57年1月
- 3) 大久保忠良，荒井直士，川島一彦：地震時の地盤ひずみの解析，土木技術資料，第24巻，第11号，昭和57年11月
- 4) 栗林栄一，岩崎敏男，辻勝成：地震応答スペクトルに及ぼす諸因子，土木学会第11回地震工学研究発表会，昭和46年7月
- 5) 日本道路協会：道路橋耐震設計指針・同解説，昭和47年4月
- 6) 土木学会：沈埋トンネル耐震設計指針（案），昭和50年3月
- 7) 川島一彦，高木義和，相沢興：ディジタルイザーによるSMA C型強震計記録の数値化精度，土木学会論文報告集，第323号，昭和57年7月
- 8) 川島一彦，高木義和，相沢興：数値化精度を考慮したSMA C-B₂型強震計記録の計器補正法および変位計算法，土木学会論文報告集，第325号，昭和57年9月
- 9) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，平成2年2月
- 10) 建設省土木研究所：最大地震動および地震応答スペクトルの推定法－（その4）最大加速度，速度，変位および加速度応答スペクトルの距離減衰式の再検討－，土木研究所資料，第1993号，昭和58年3月
- 11) 川島一彦，相沢興，高橋和之：最大地震動および応答スペクトルの推定式に及ぼす強震記録の水平2成分合成の影響，土木学会論文報告集，第329号，昭和58年1月
- 12) 川島一彦，相沢興，高橋和之：最大地震動およ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
- 13) 例えば，文献1)，4)，12)
片山恒雄，岩崎敏男，佐伯光昭：地震動加速度スペクトルの統計解析，土木学会論文報告集，第275号，昭和53年7月
- 14) 日本道路協会：共同溝設計指針，昭和61年3月
- 15) 建設省土木研究所：東京湾沿岸における地中地震動特性の解析－（その2）地中地震動の加速度応答スペクトル特性の解析－，土木研究所資料，第2119号，昭和59年3月
- 16) 建設省土木研究所：応答変位法による地盤条件変化部における共同溝の耐震計算法，土木研究所資料，第2488号，昭和62年3月
- 17) 大崎順彦：地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版会，昭和51年7月
- 18) 川島一彦，相沢興：減衰定数に対する地震応答スペクトルの補正法，土木学会論文集，第344 / I - 1号，昭和59年4月

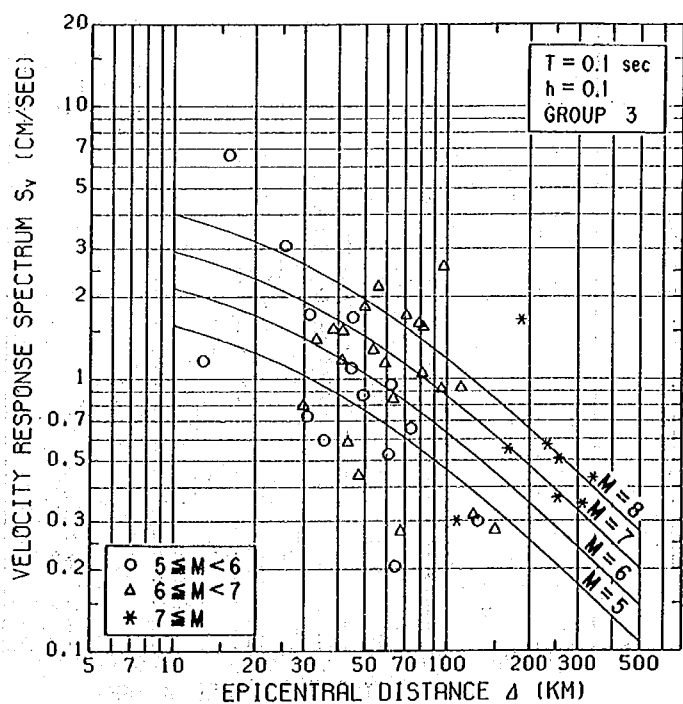
付属資料1 速度応答スペクトルの距離減衰特性



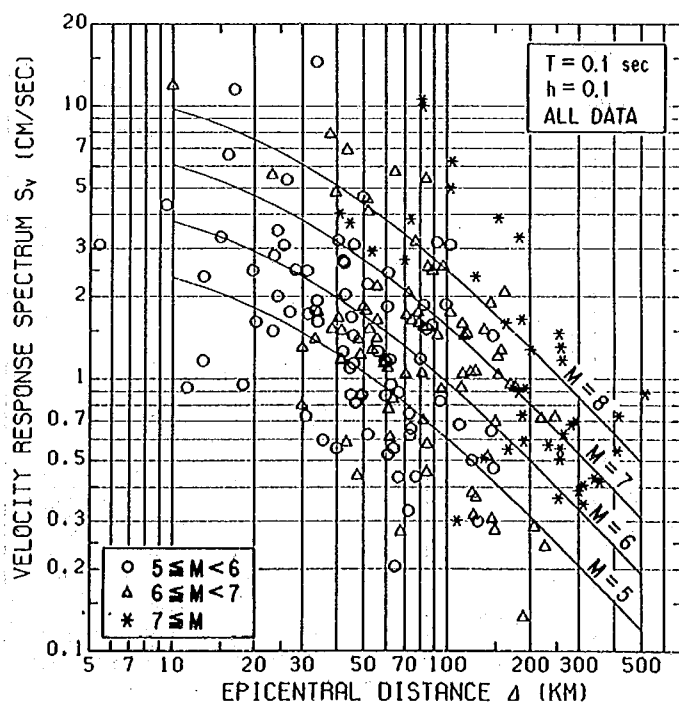
(a) I種地盤



(b) II種地盤

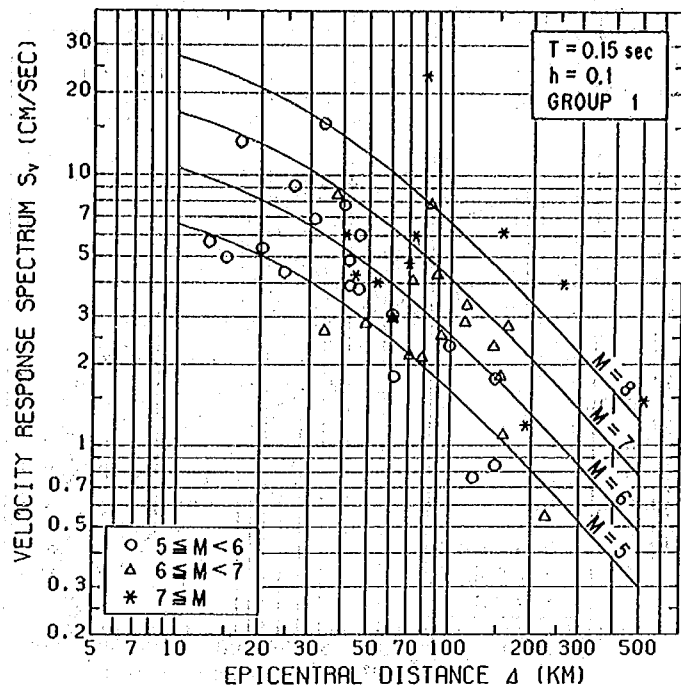


(c) III種地盤

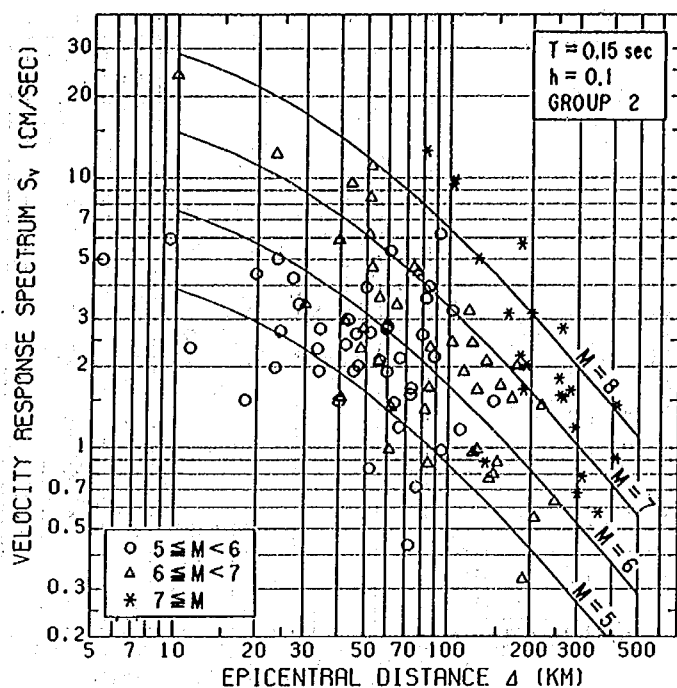


(d) 全データ

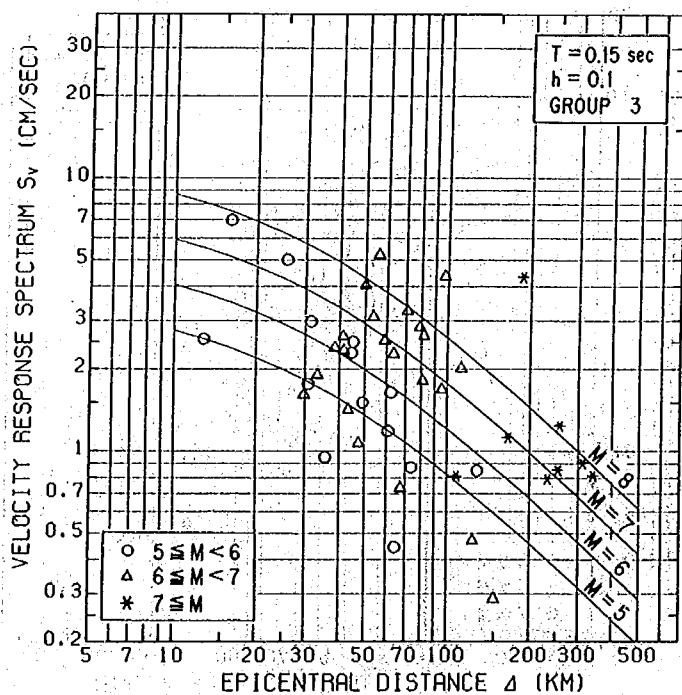
付図1.1 固有周期0.1秒



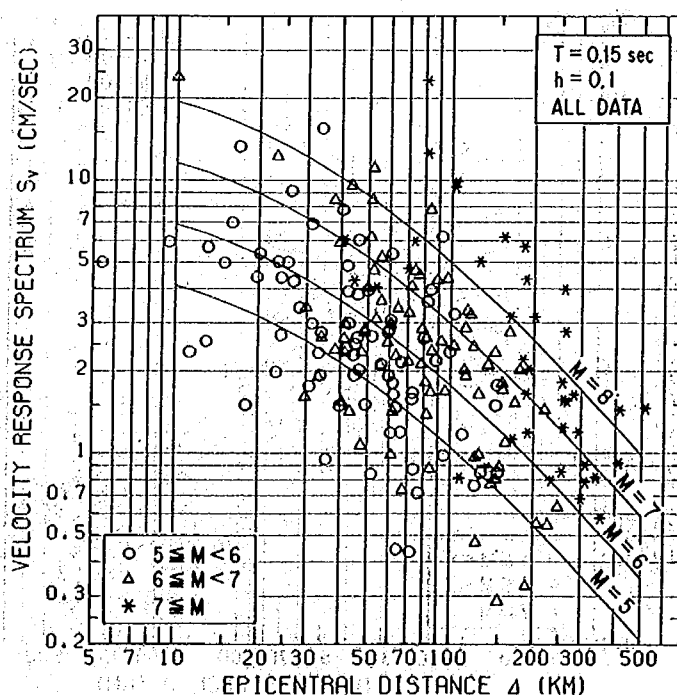
(a) I種地盤



(b) II種地盤

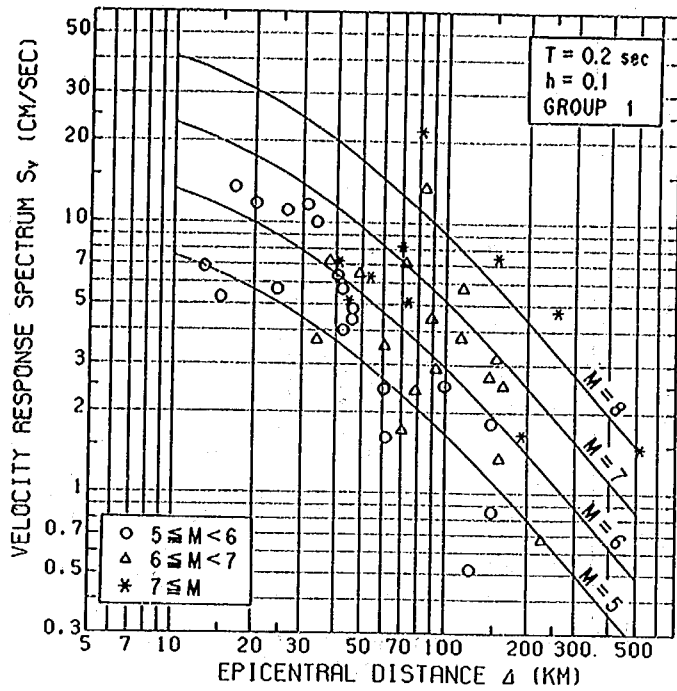


(c) III種地盤

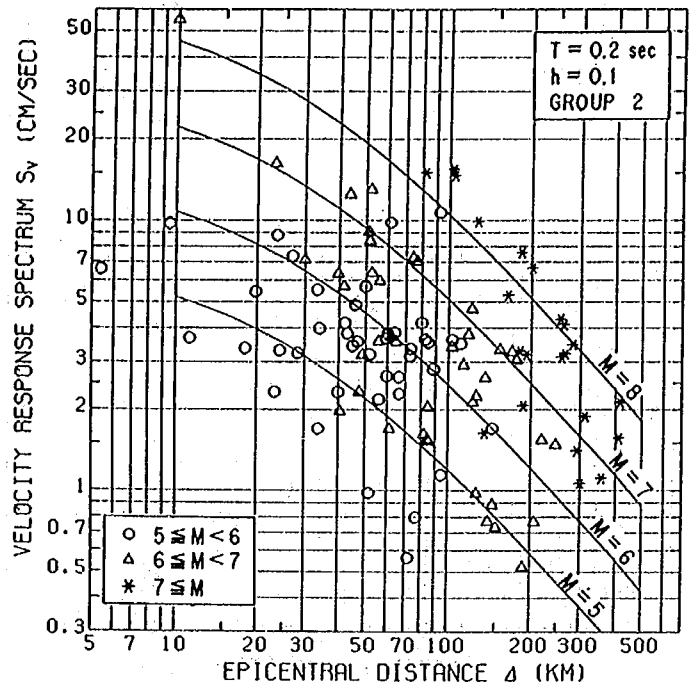


(d) 全データ

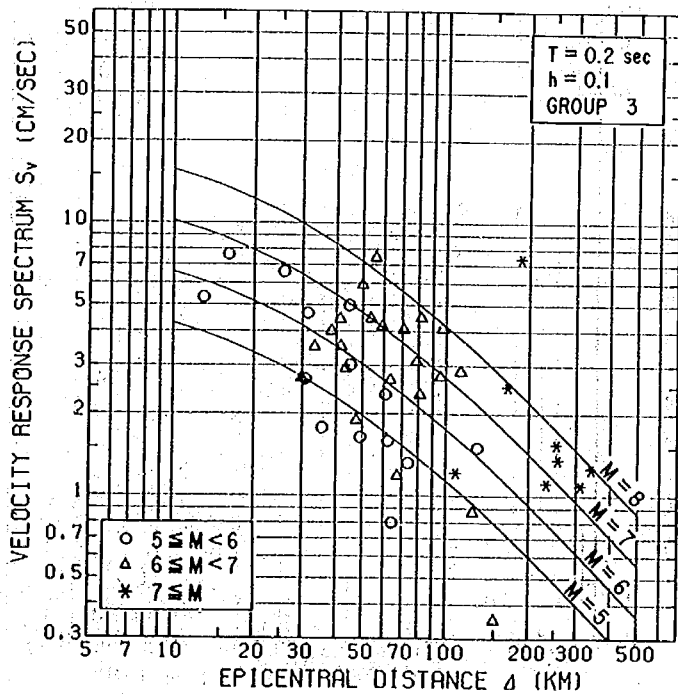
付図1.2 固有周期0.15秒



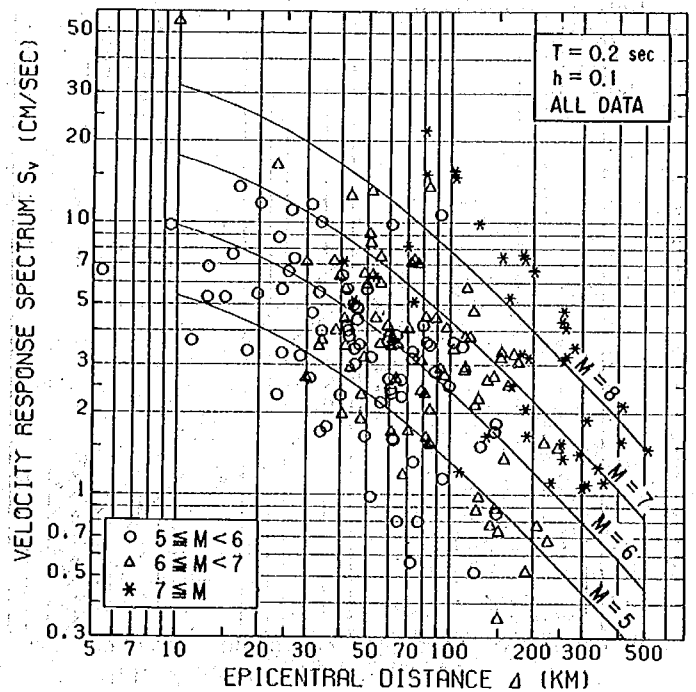
(a) I種地盤



(b) II種地盤

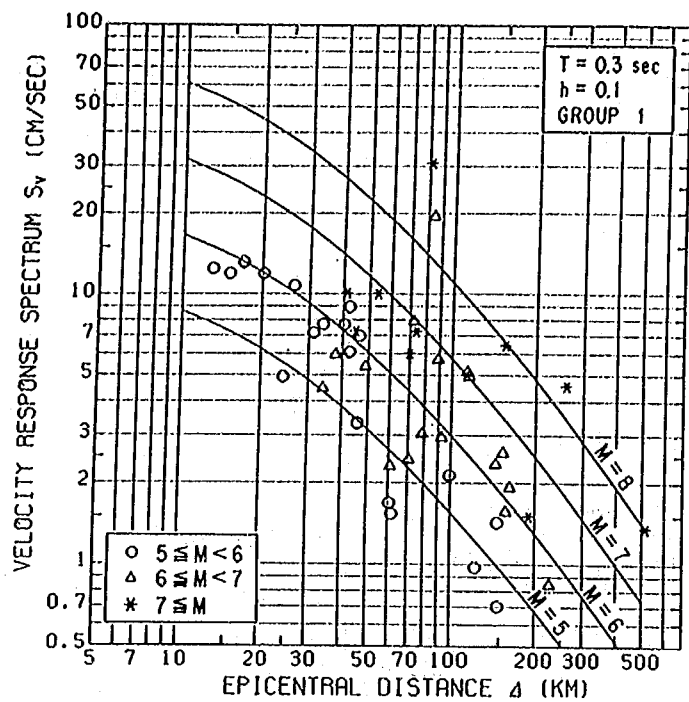


(c) III種地盤

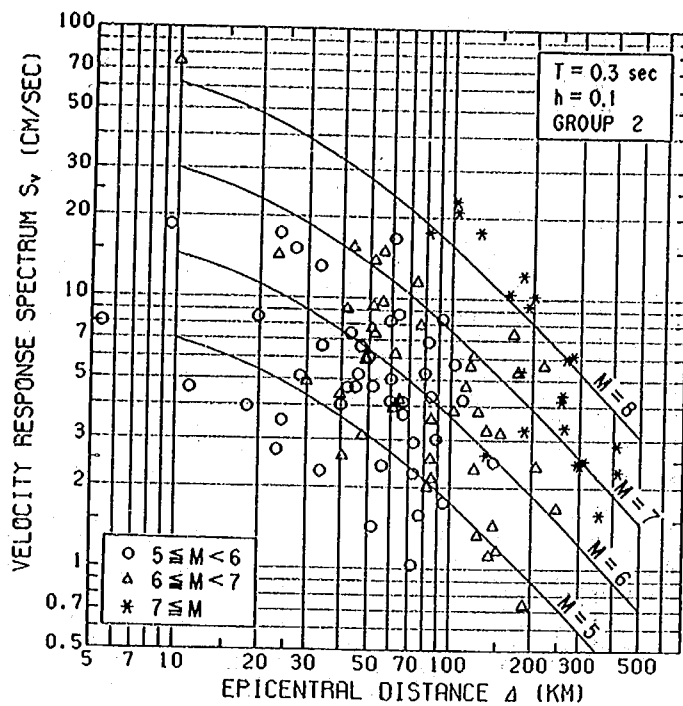


(d) 全データ

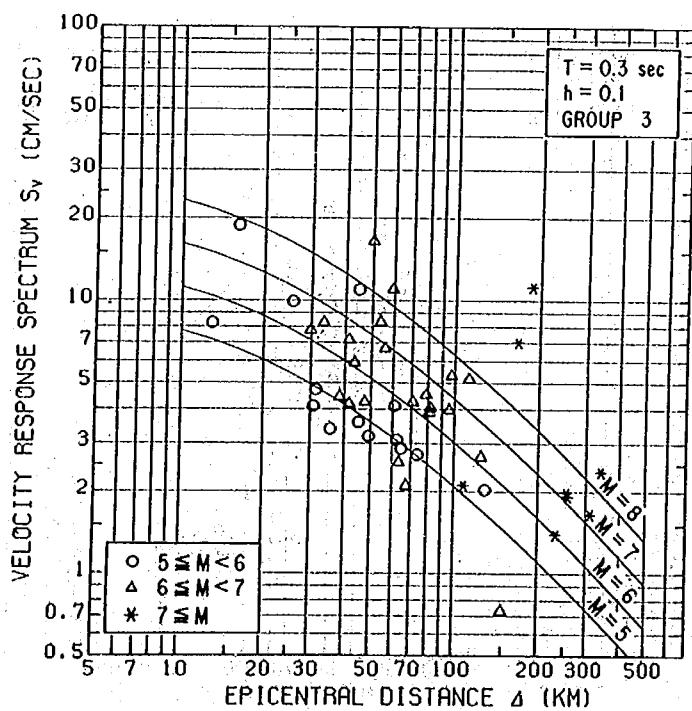
付図1.3 固有周期0.2秒



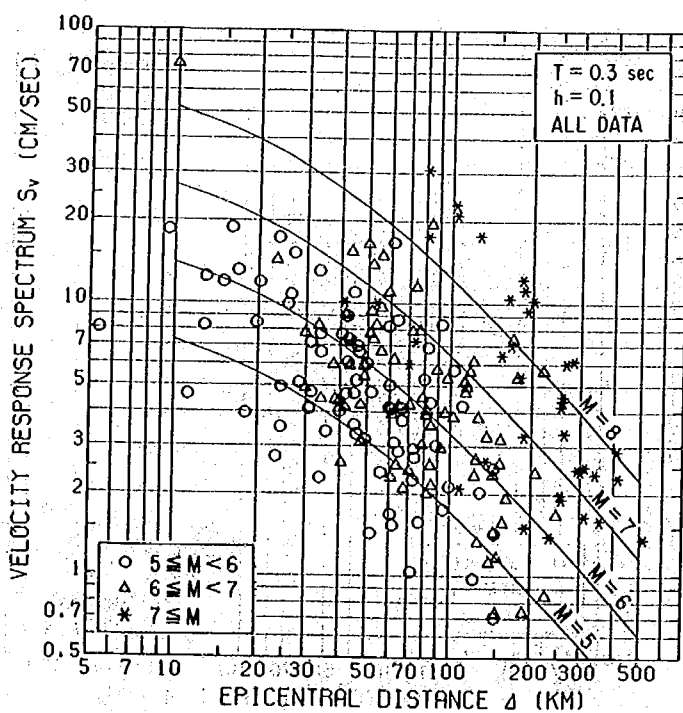
(a) I種地盤



(b) II種地盤

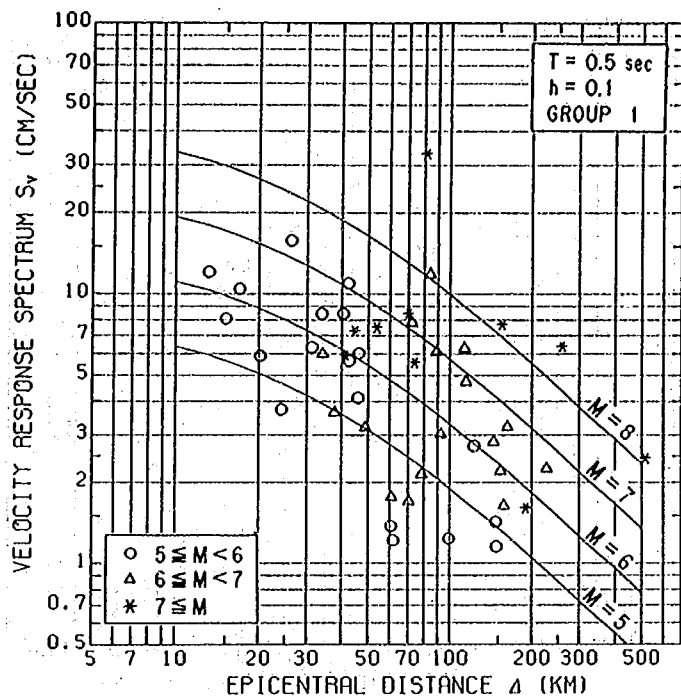


(c) III種地盤

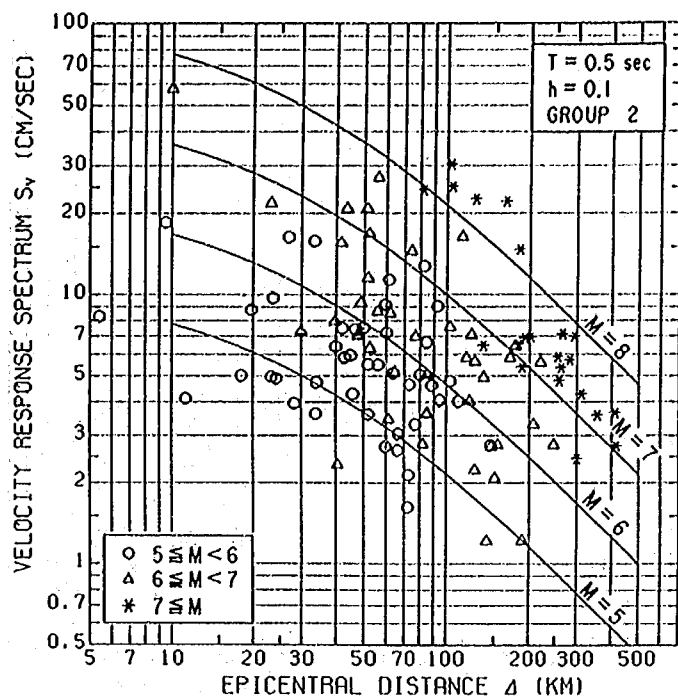


(d) 全データ

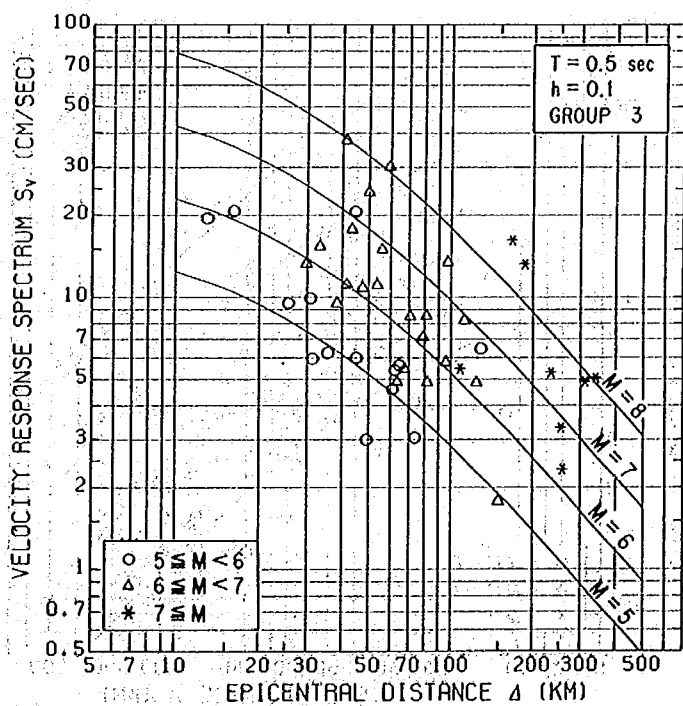
付図1.4 固有周期0.3秒



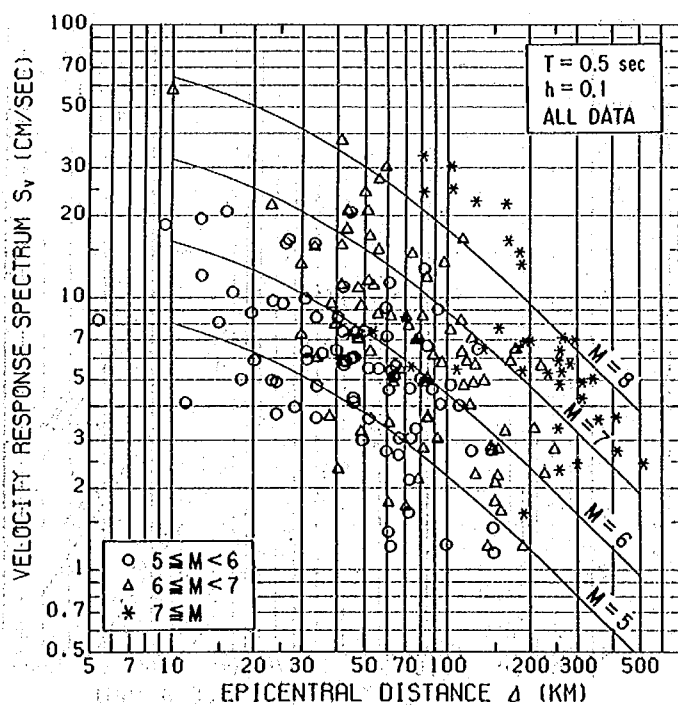
(a) I種地盤



(b) II種地盤

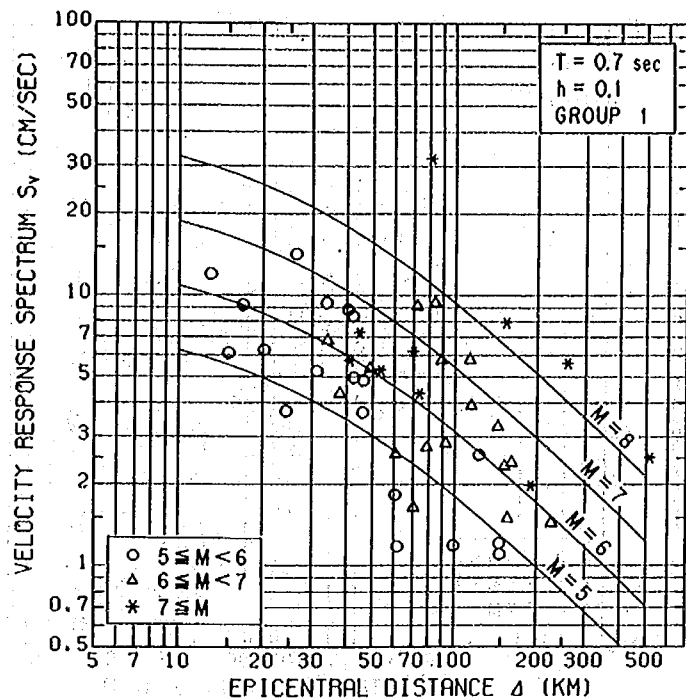


(c) III種地盤

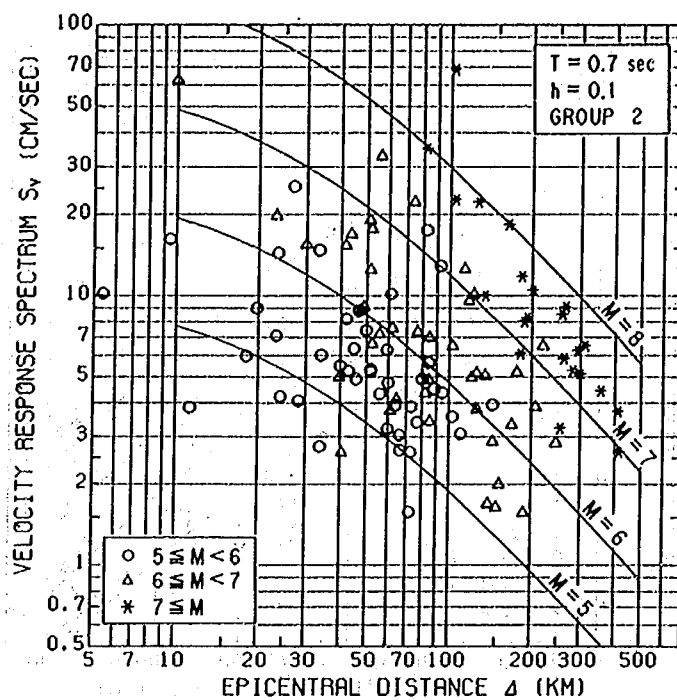


(d) 全データ

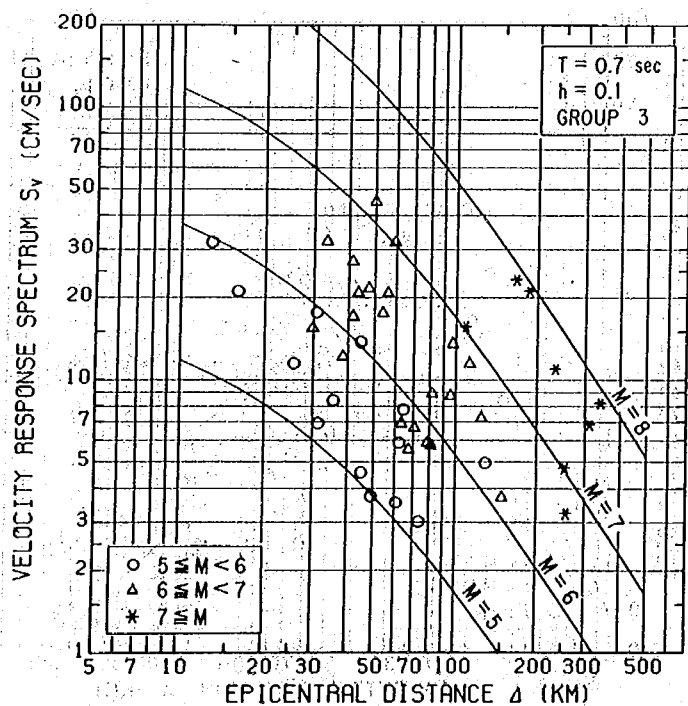
付図1.5 固有周期0.5秒



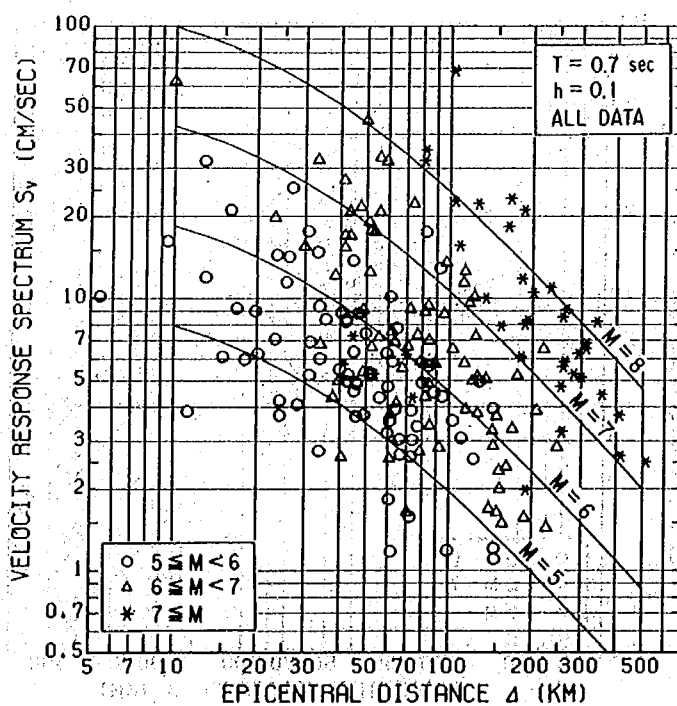
(a) I種地盤



(b) II種地盤

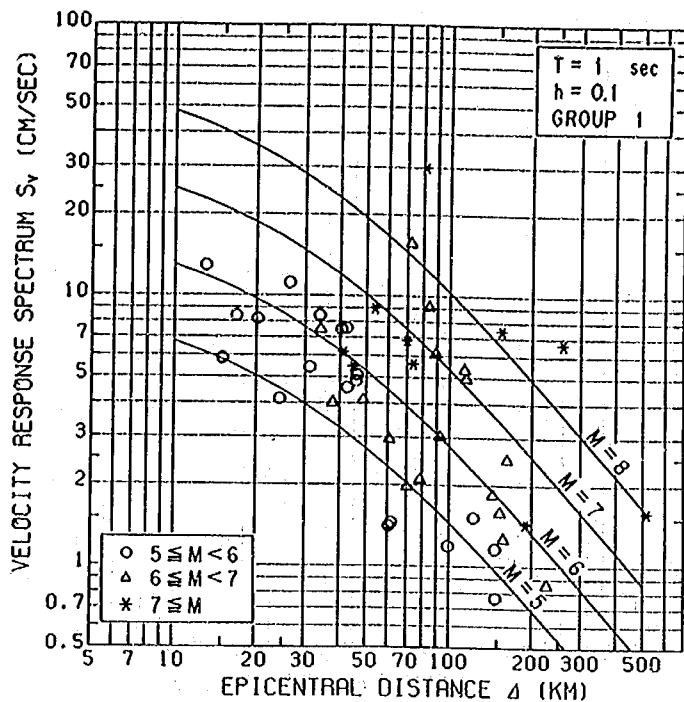


(c) III種地盤

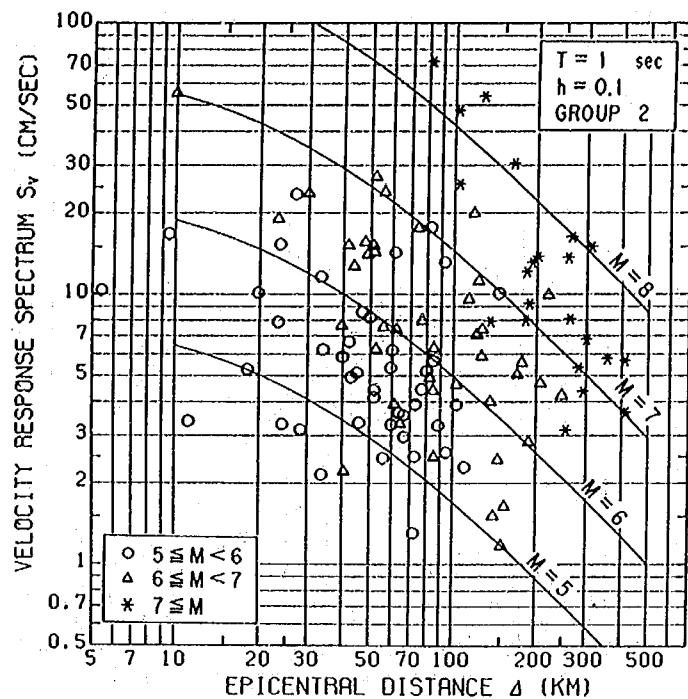


(d) 全データ

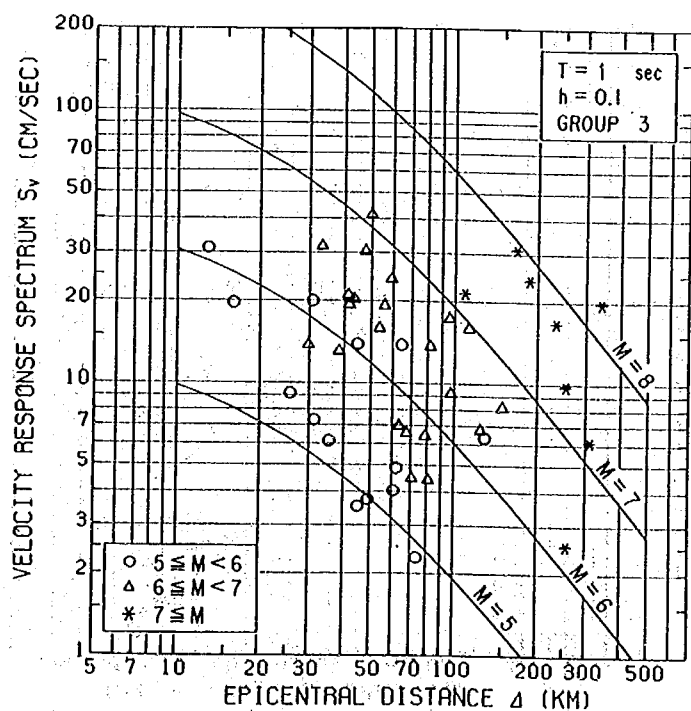
付図1.6 固有周期0.7秒



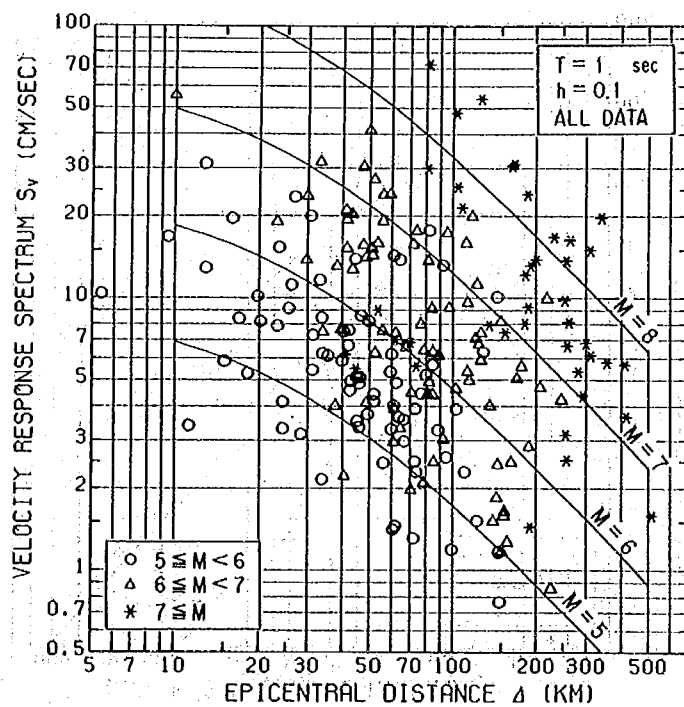
(a) I種地盤



(b) II種地盤

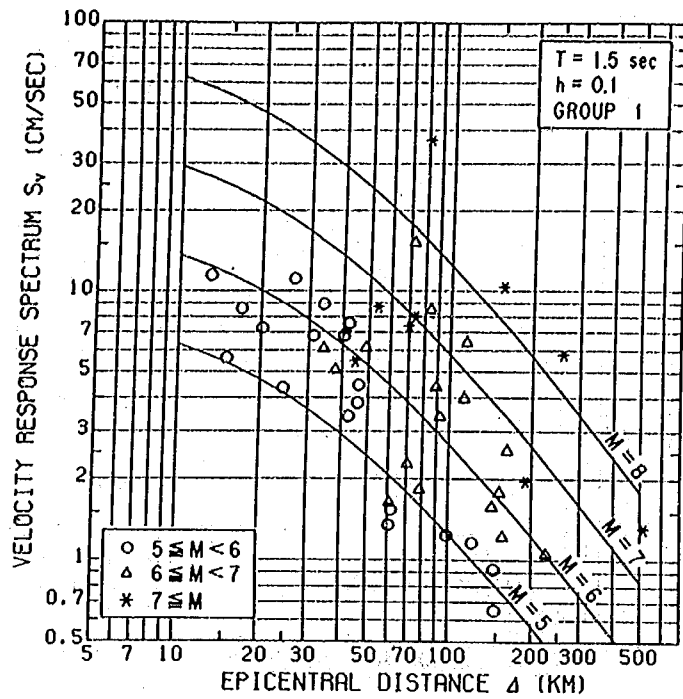


(c) III種地盤

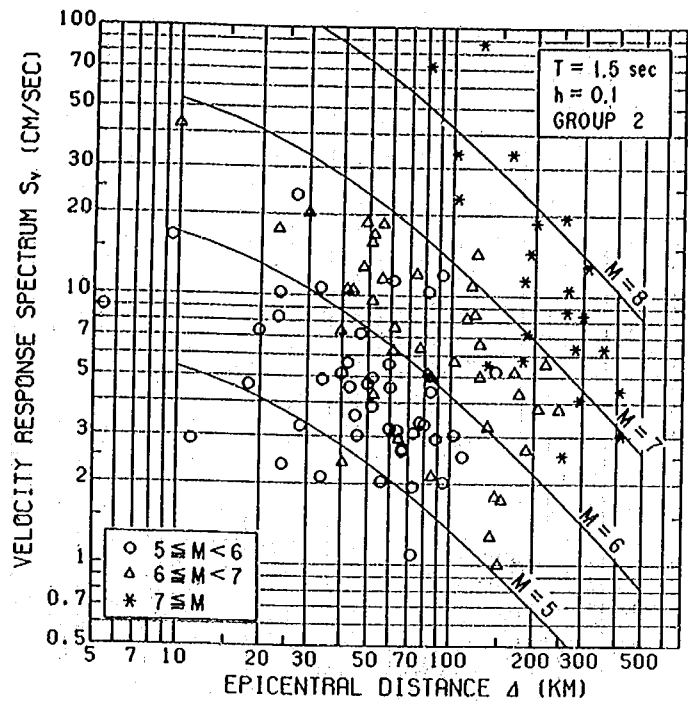


(d) 全データ

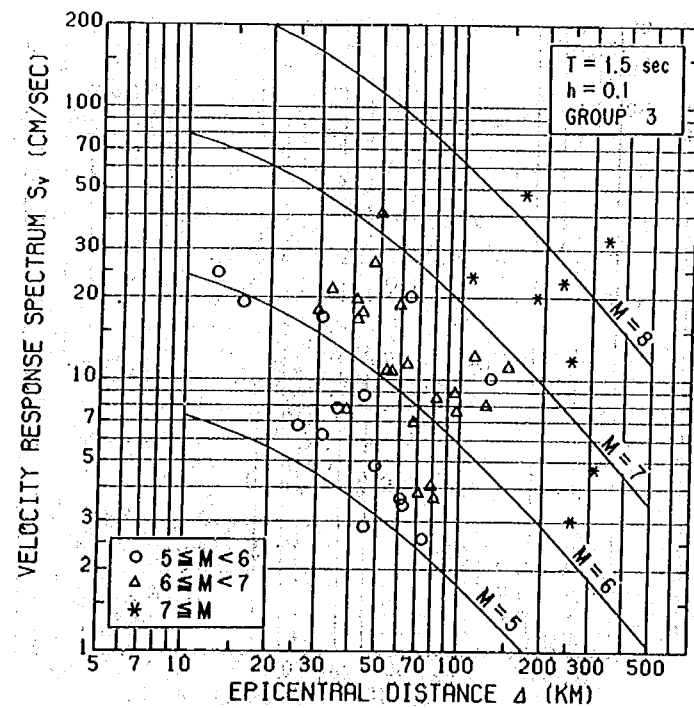
付図1.7 固有周期1秒



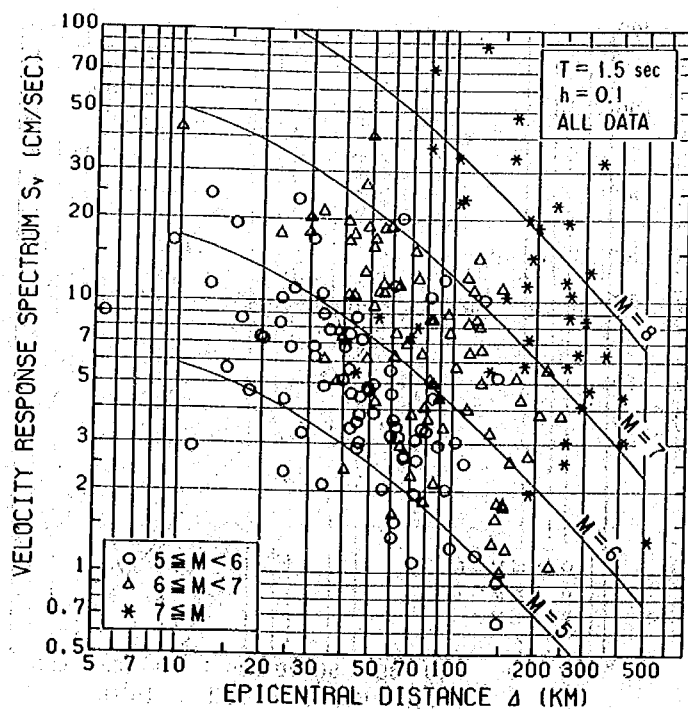
(a) I種地盤



(b) II種地盤

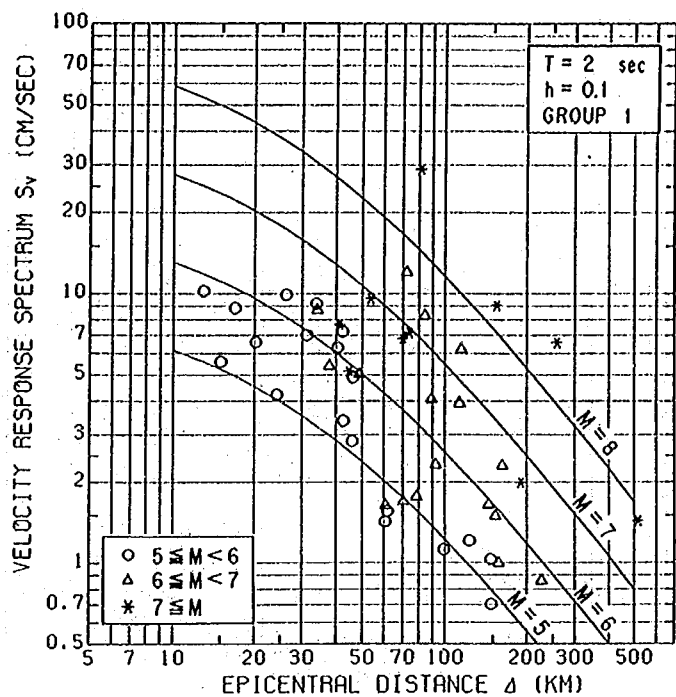


(c) III種地盤

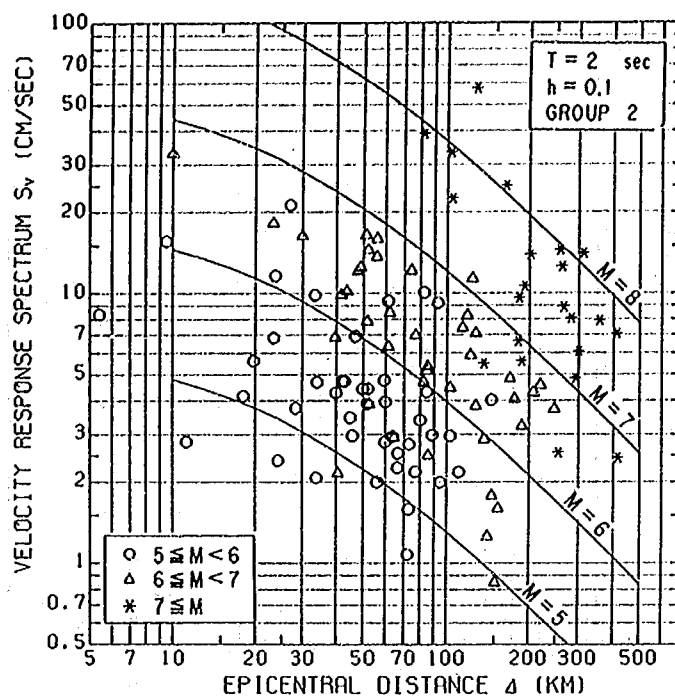


(d) 全データ

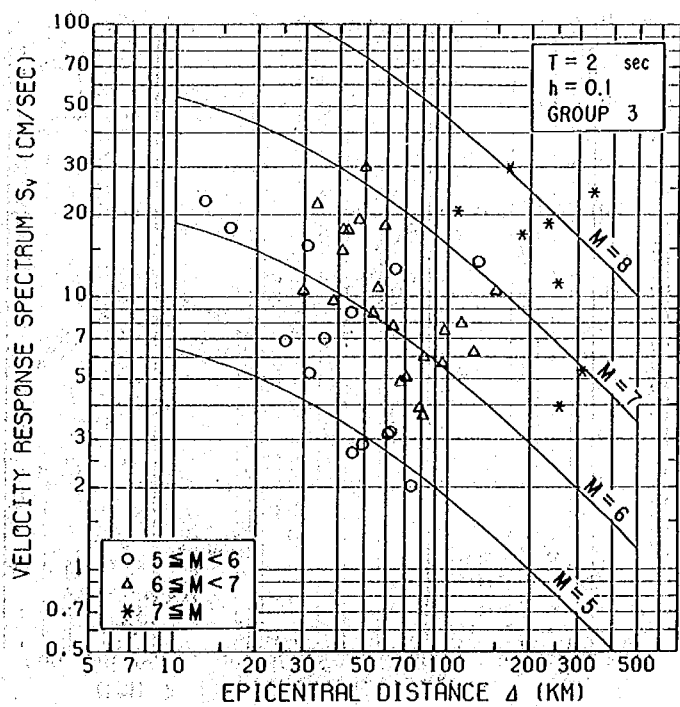
付図1.8 固有周期1.5秒



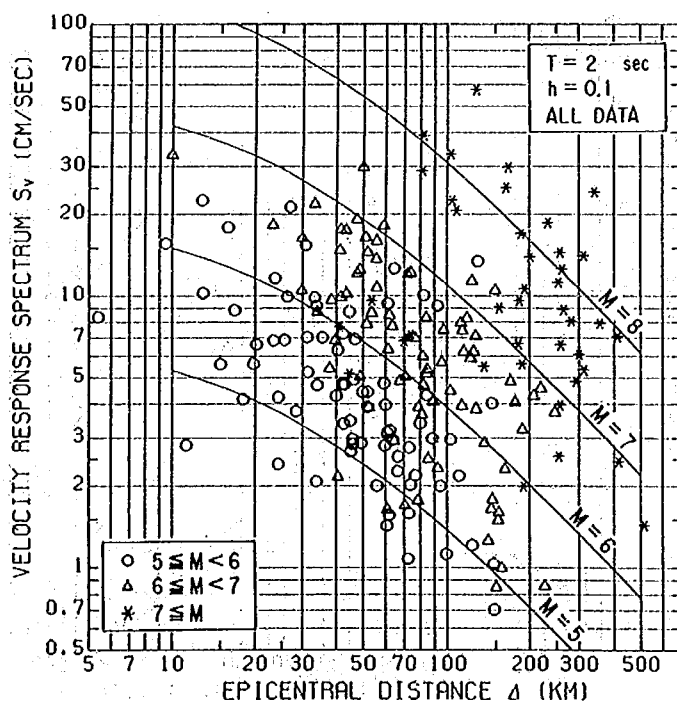
(a) I種地盤



(b) II種地盤

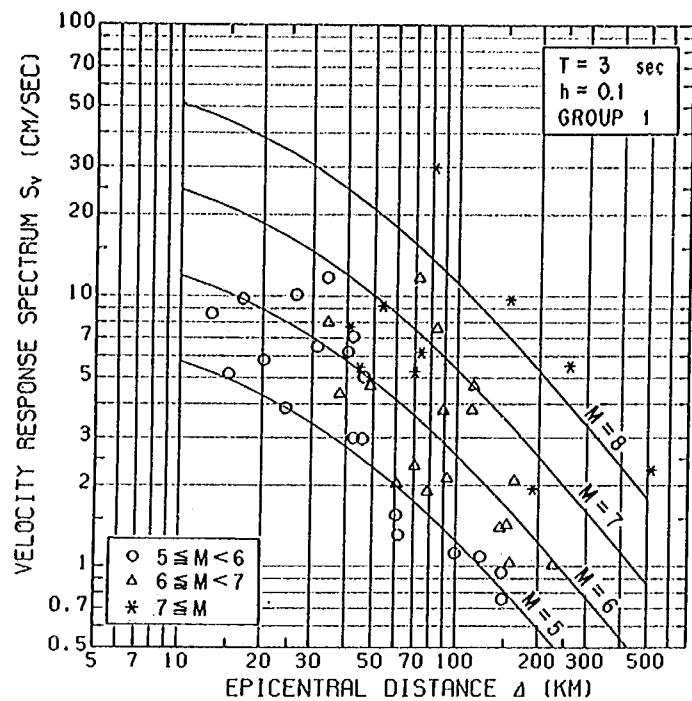


(c) III種地盤

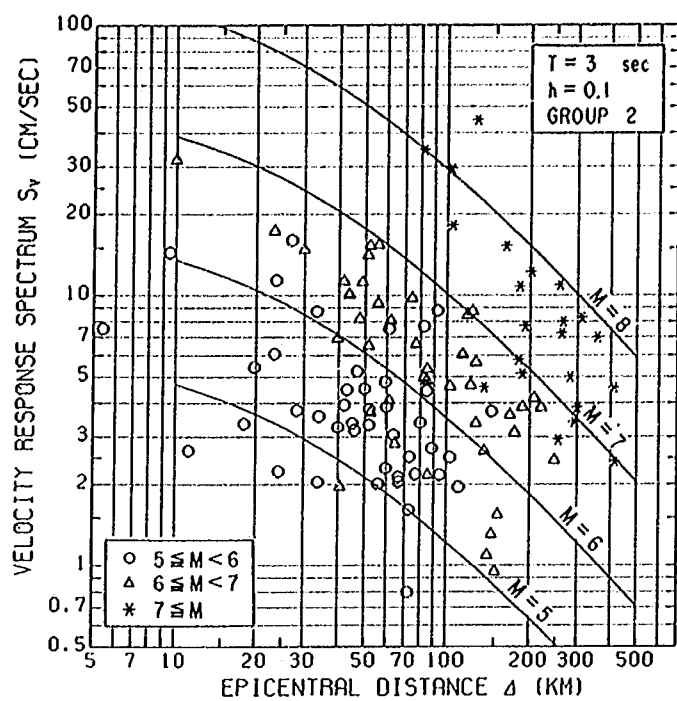


(d) 全データ

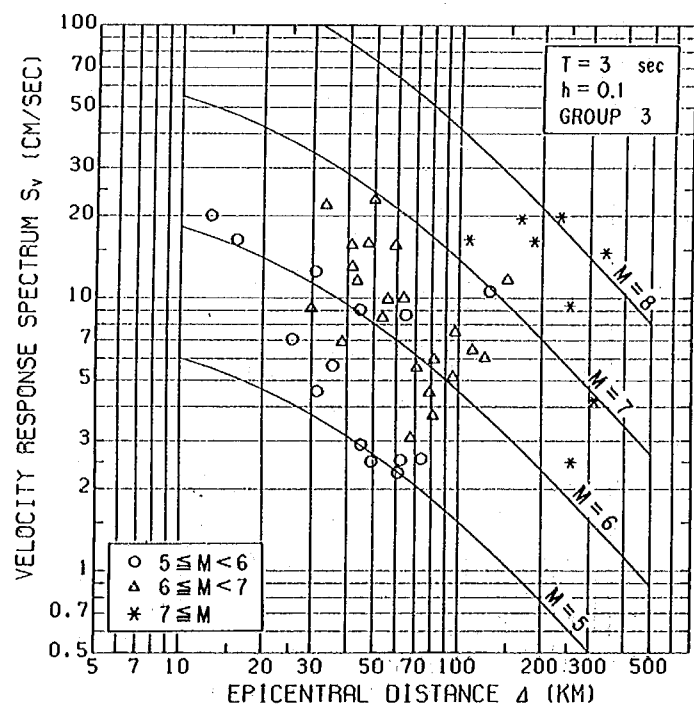
付図1.9 固有周期2秒



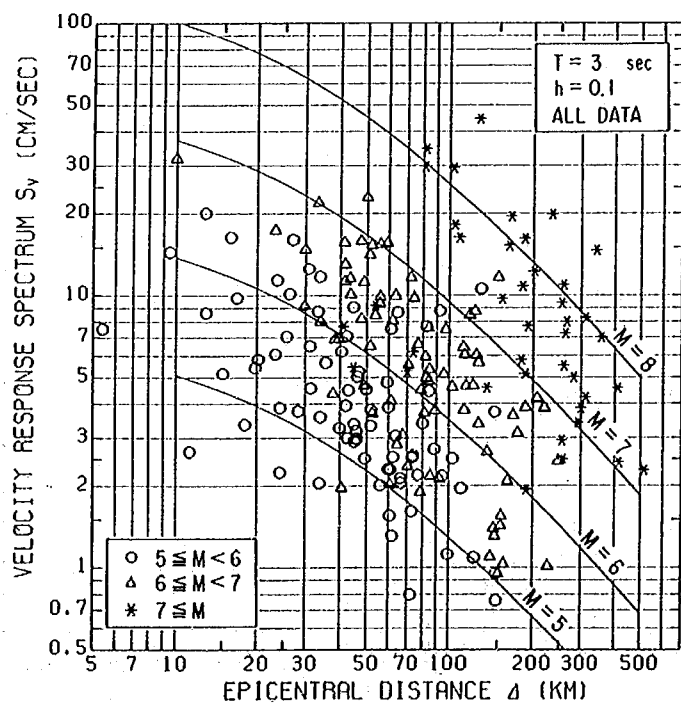
(a) I種地盤



(b) II種地盤



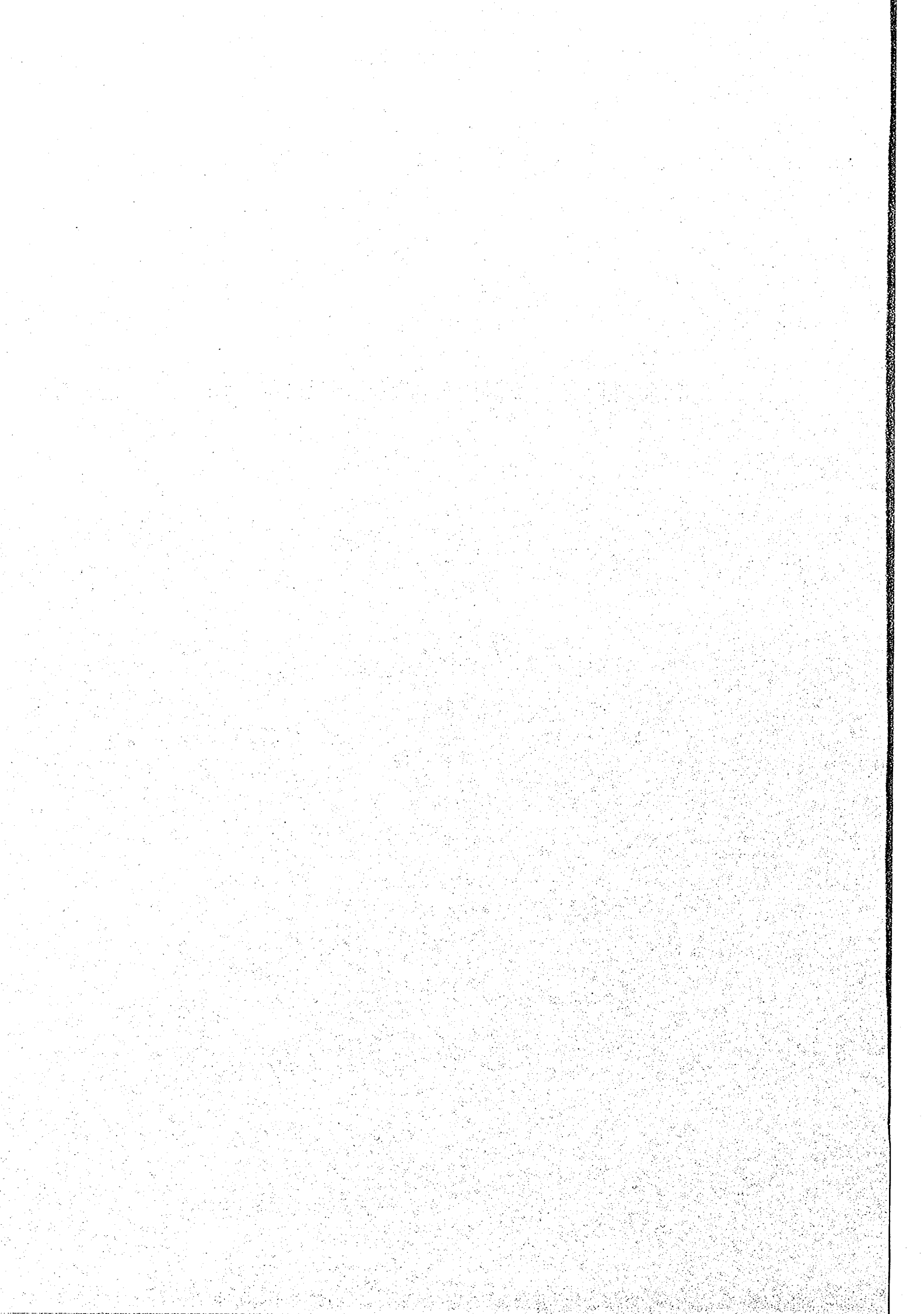
(c) III種地盤

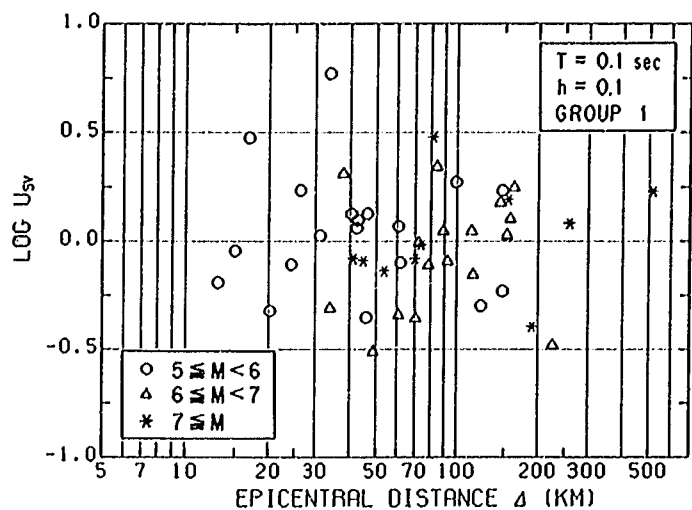


(d) 全データ

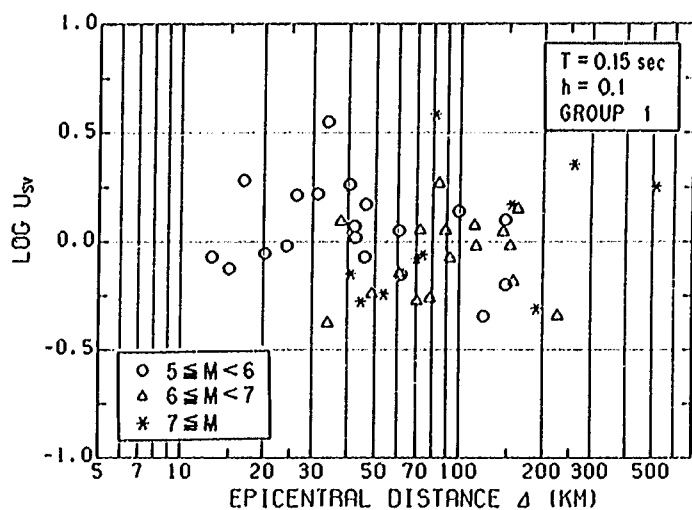
付図1.10 固有周期3秒

付属資料2 実測値と推定値の比率の分布

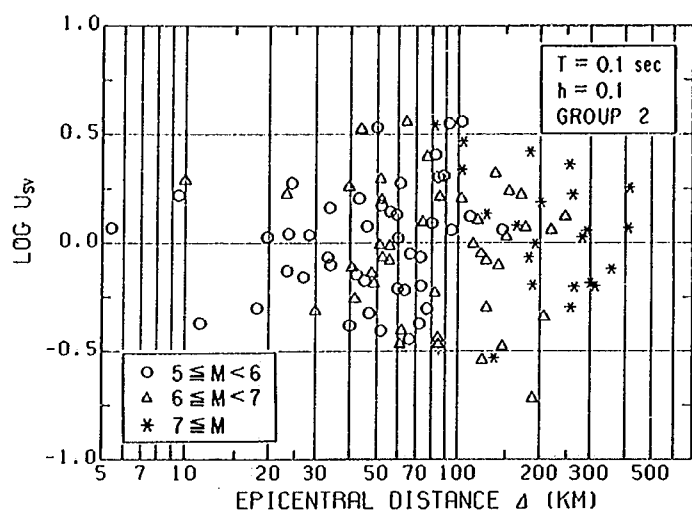




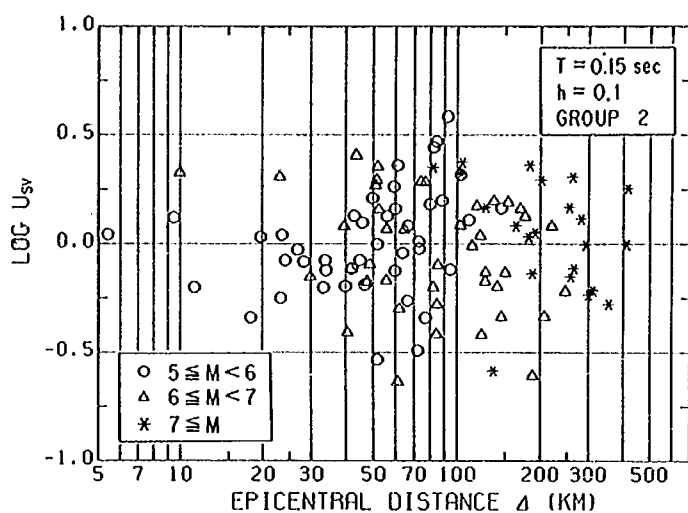
(a) I種地盤



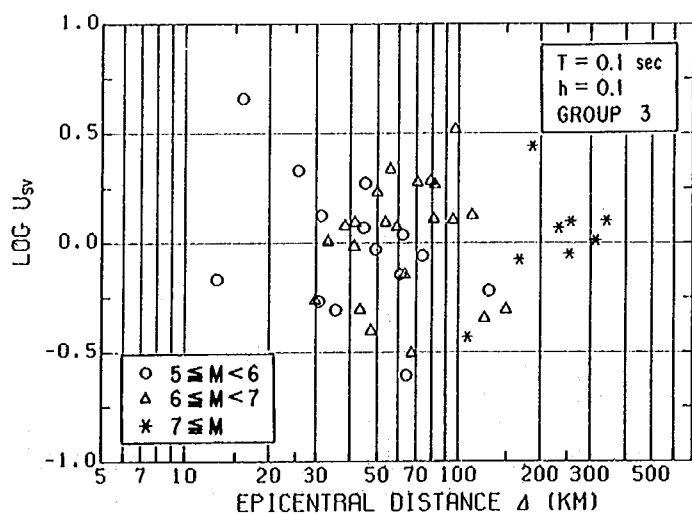
(a) I種地盤



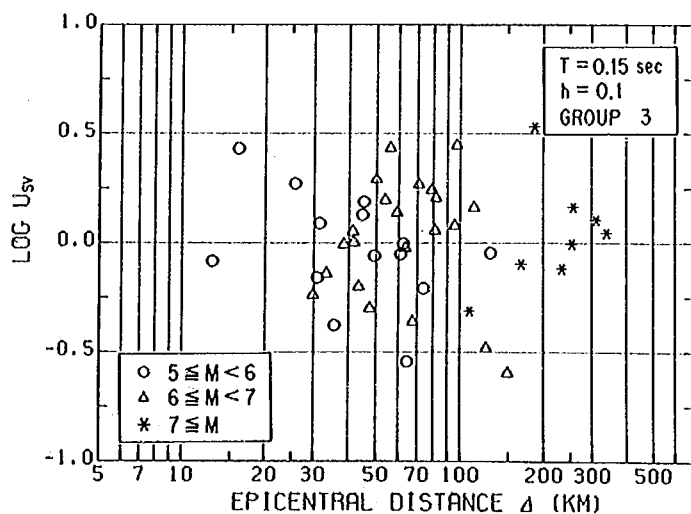
(b) II種地盤



(b) II種地盤



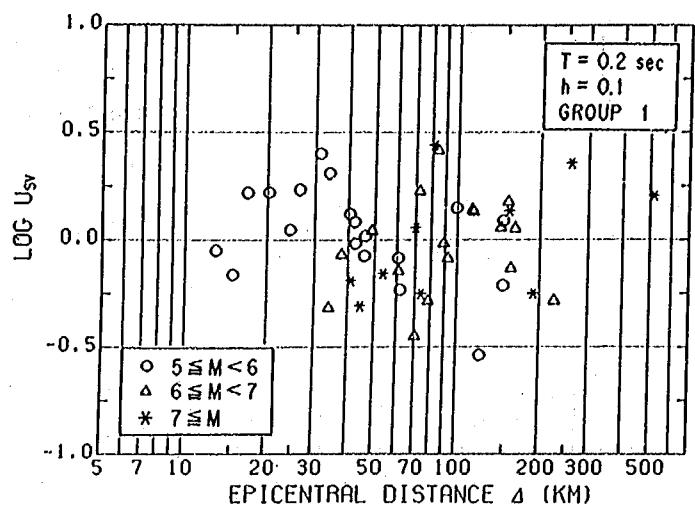
(c) III種地盤



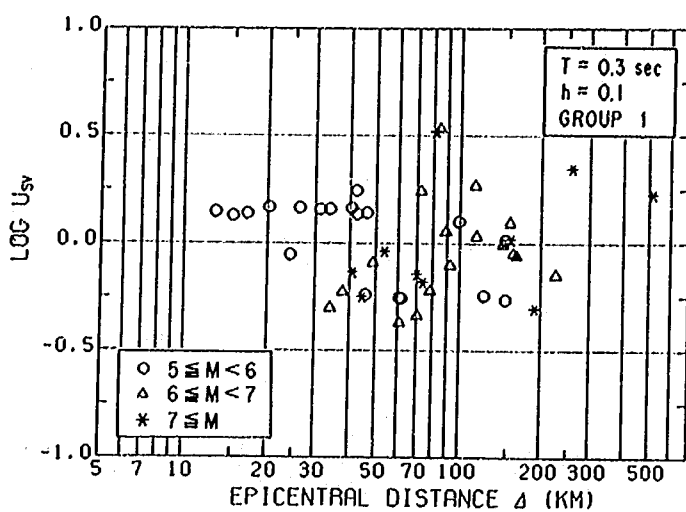
(c) III種地盤

付図2.1 固有周期0.1秒

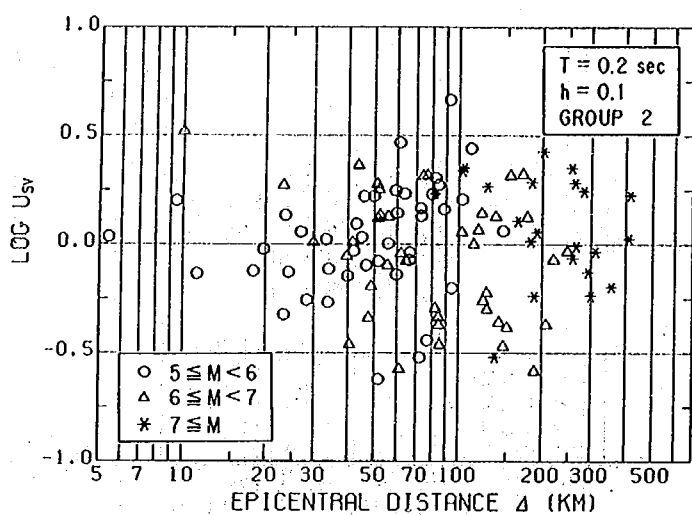
付図2.2 固有周期0.15秒



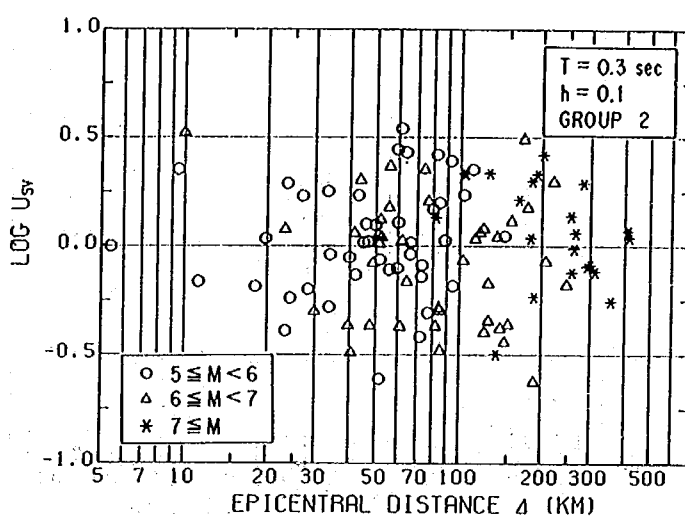
(a) I種地盤



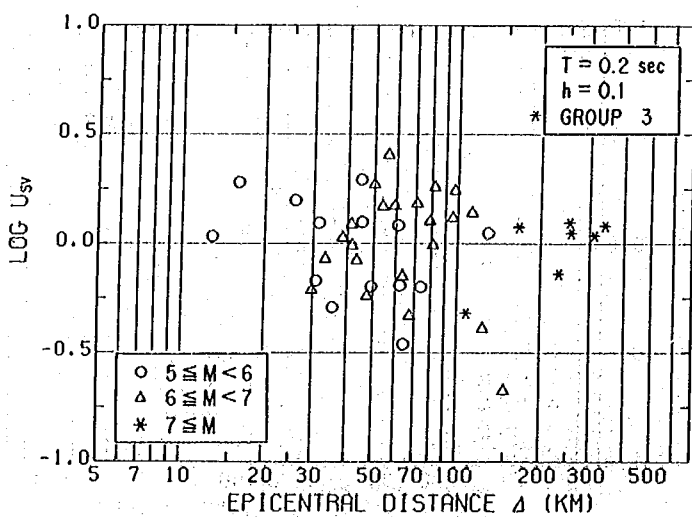
(a) I種地盤



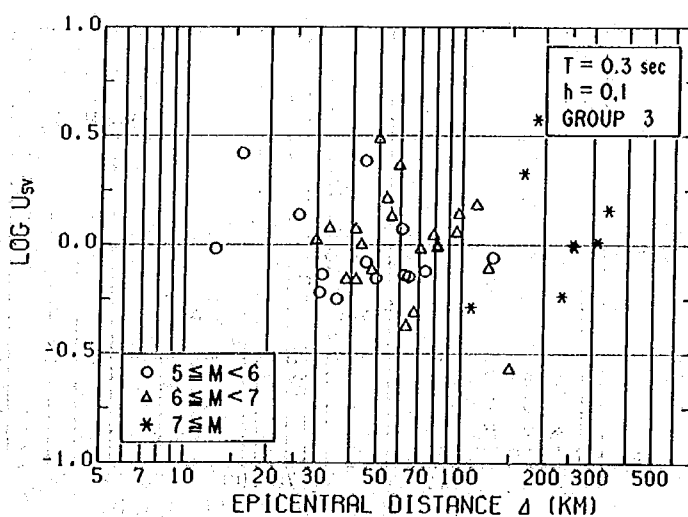
(b) II種地盤



(b) II種地盤



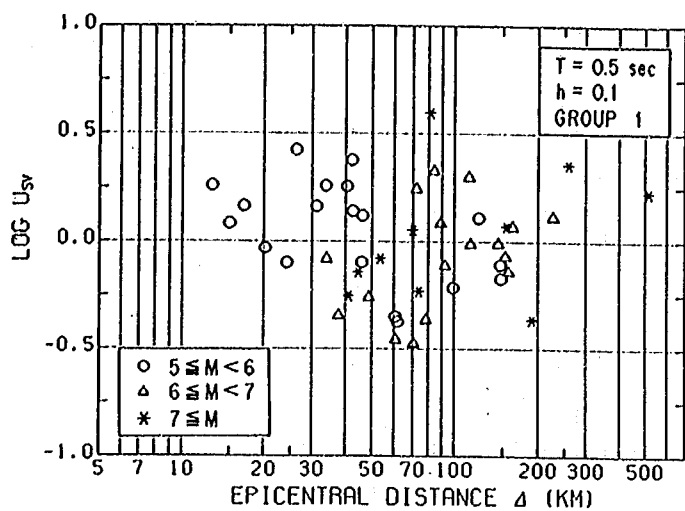
(c) III種地盤



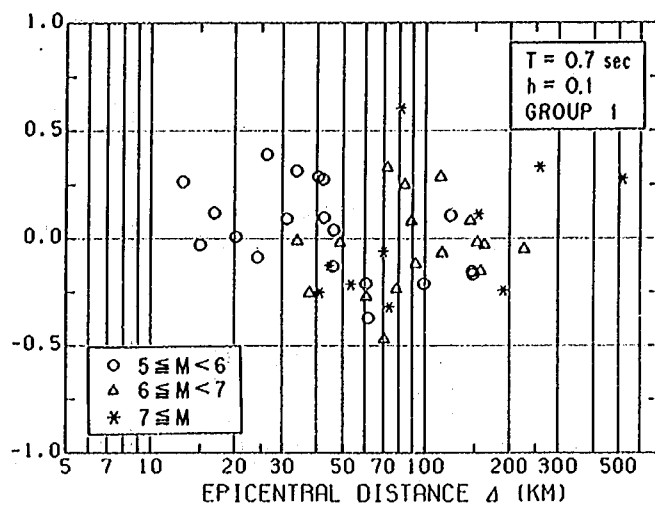
(c) III種地盤

付図2.3 固有周期0.2秒

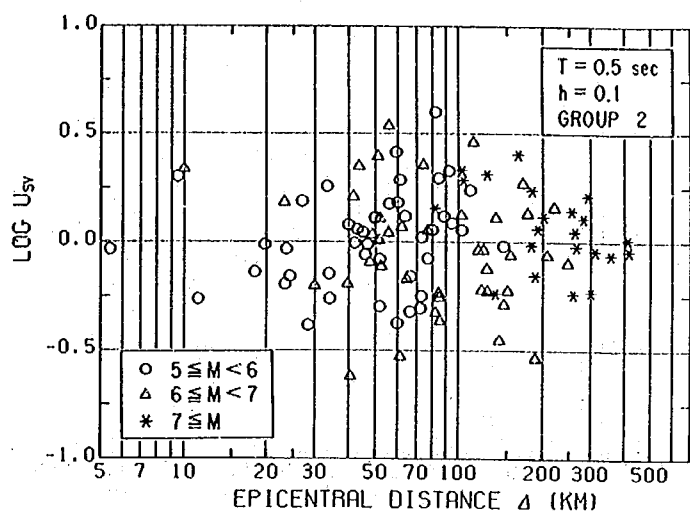
付図2.4 固有周期0.3秒



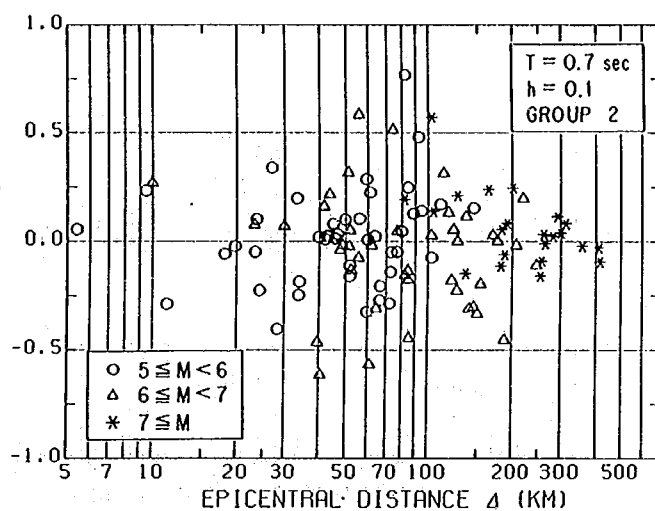
(a) I種地盤



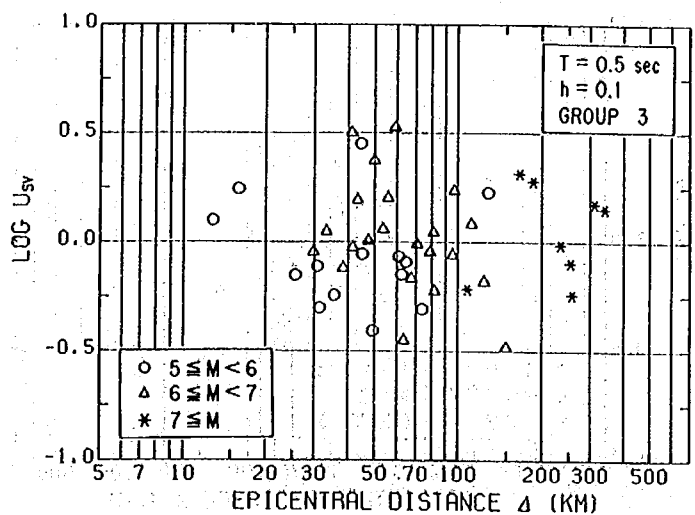
(a) I種地盤



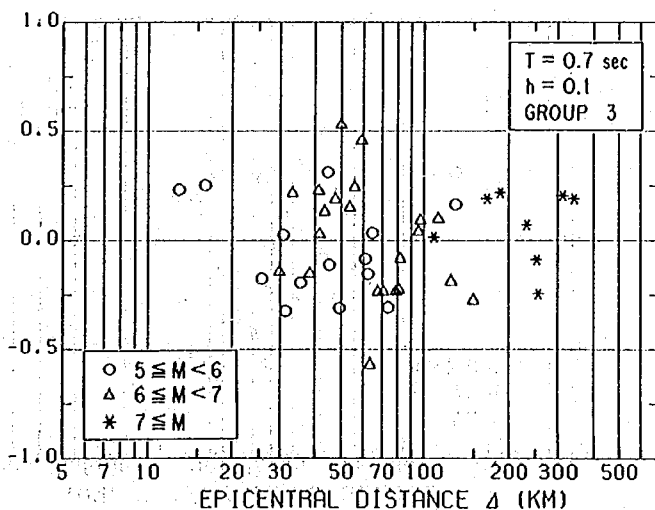
(b) II種地盤



(b) II種地盤



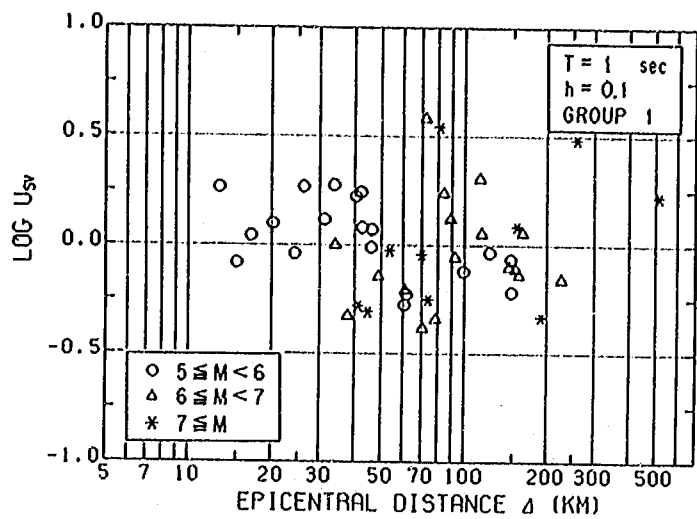
(c) III種地盤



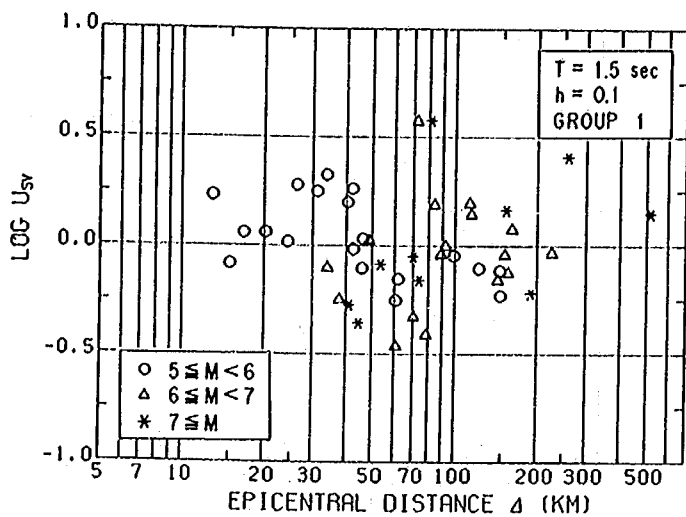
(c) III種地盤

付図2.5 固有周期0.5秒

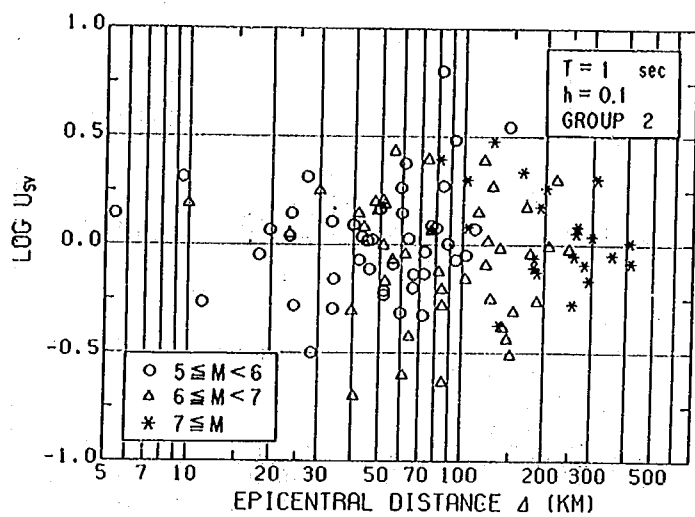
付図2.6 固有周期0.7秒



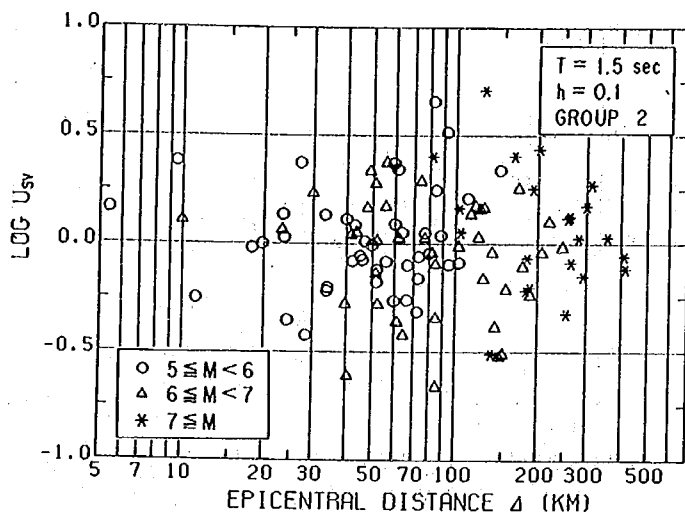
(a) I種地盤



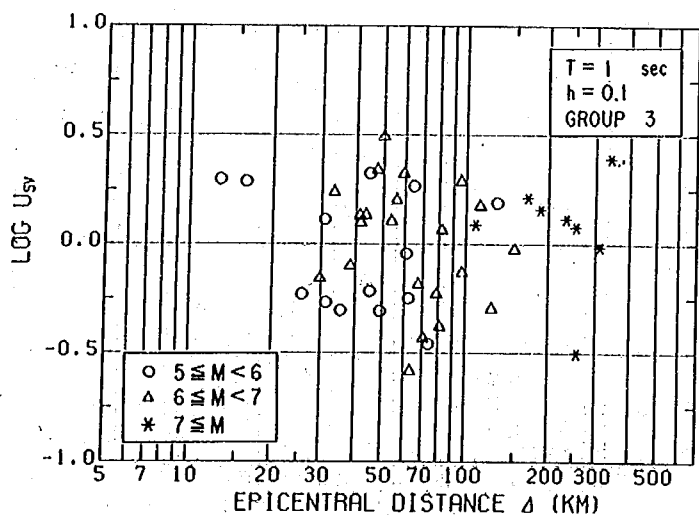
(a) I種地盤



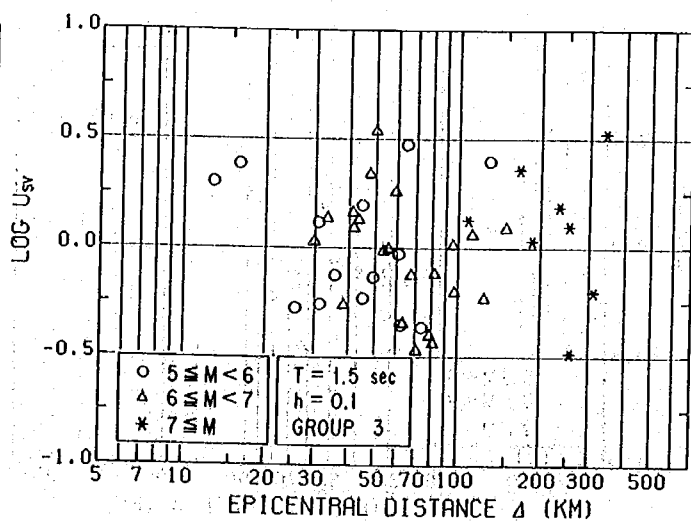
(b) II種地盤



(b) II種地盤



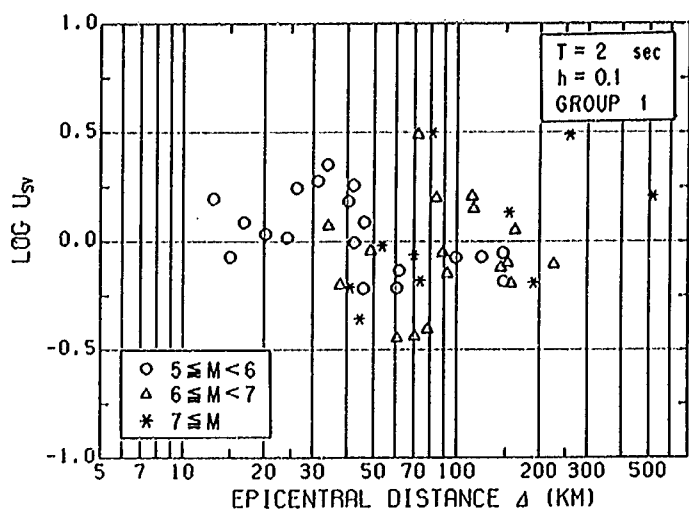
(c) III種地盤



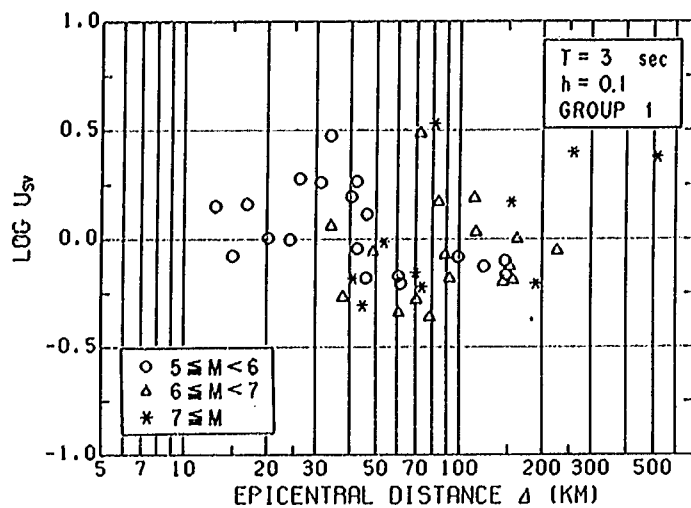
(c) III種地盤

付図2.7 固有周期1秒

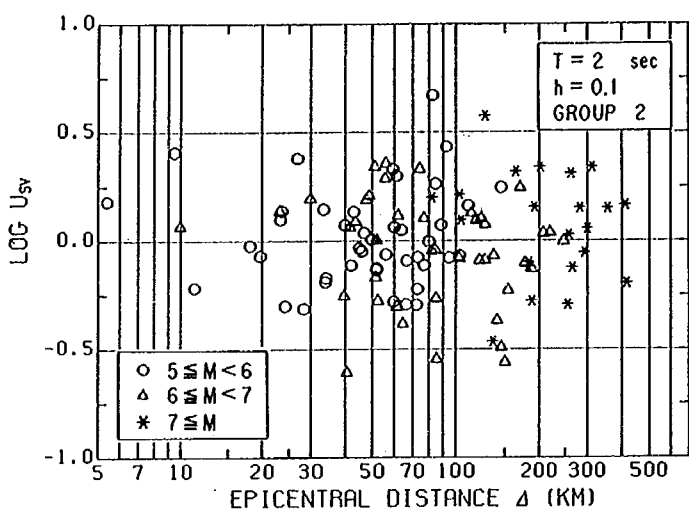
付図2.8 固有周期1.5秒



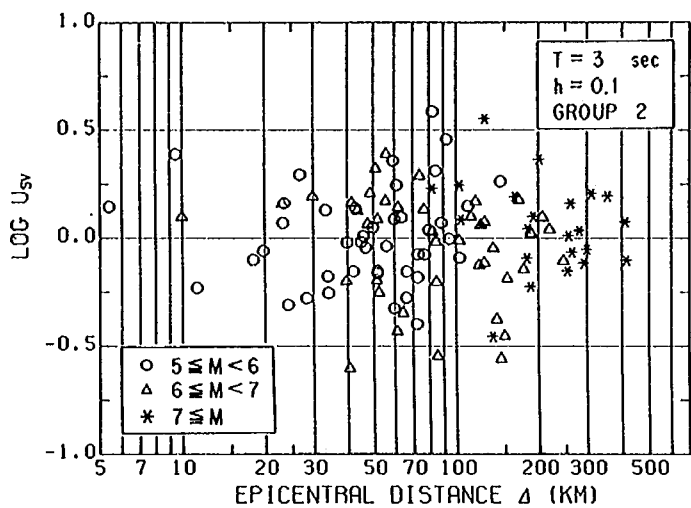
(a) I種地盤



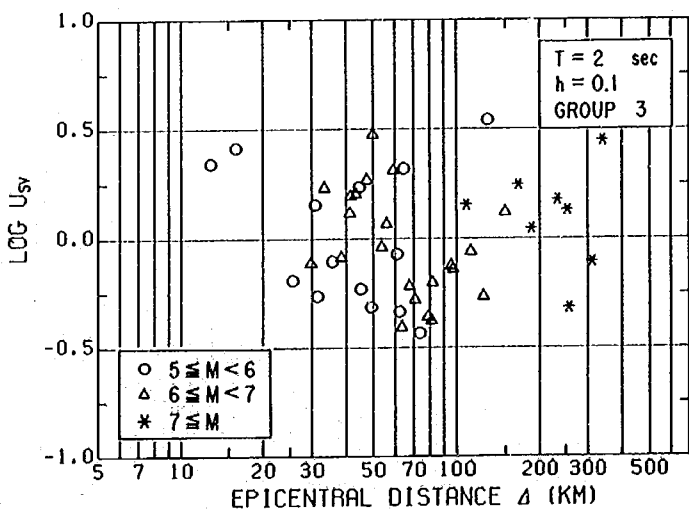
(a) I種地盤



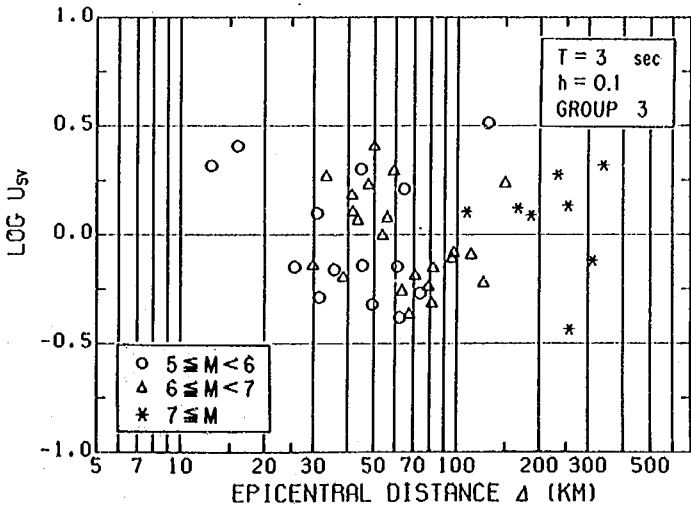
(b) II種地盤



(b) II種地盤



(c) III種地盤



(c) III種地盤

付図2.9 固有周期 2 秒

付図2.10 固有周期 3 秒

最大地震動および地震応答
スペクトルの推定法
——(その10)速度応答スペクトル
の距離減衰式——

ISSN 0386-5878
土研資料 第3123号
平成4年6月(1992)

振動研究室 室 長 常田 賢一
主任研究員 田村 敬一
深田 秀実

要 旨 本資料は、我が国の地盤上で観測された2×197組の水
平成分SMAC型強震計記録の重回帰分析により、減衰
定数0.1の速度応答スペクトルを地震のマグニチュードおよび震
央距離から推定する距離減衰式を提案したものである。

キーワード：速度応答スペクトル，距離減衰式，入力地震動，
応答変位法，耐震設計

郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十一円切
手をはって
下さい。

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

地震防災部振動研究室 御中

No. 201

No. 201

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料 第3123号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印

土研資料第3123号

○ 最大地震動および地震応答スペクトルの推定法
——(その10)速度応答スペクトルの距離減衰式——