

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7)地震動加速度の継続時間の推定法——

昭 和 5 9 年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所
地 震 防 災 部 ・ 振 動 研 究 室

Copyright © 1983 fiscal year 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 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、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

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特性を正しく予測することが必要とされる。地震動の特性を定める主要なファクターとしては、強度、周期特性、継続時間の3者が挙げられる。このうち、地震動の強度および周期特性に関しては、前報告までに、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の両者に対する検討を加え、我国における既往の強震記録に基づき重回帰分析を行い、実用的な推定式を提案した。これに対して地震動の継続時間は構造物の応答、特に非弾性域の応答を支配する重要な特性であるにもかかわらず、従来比較的検討事例が少ないのが実情である。

本報は地震動の継続時間を2種類の方法で定義し、我国の地盤上で得られた394成分の強震記録に基づき、これら2種類の継続時間の特性を検討した結果をとりまとめたものである。これにより、地震動の特性を従来よりもより具体的に把握できるようになると考えられる。

昭和59年3月

建設省土木研究所地震防災部振動研究室

室 長 荒 川 直 士

主任研究員 川 島 一 彦

研 究 員 田 村 敬 一

相 沢 興

高 橋 和 之

目 次

まえがき

1. 概 説	1
2. 地震動の継続時間の定義	2
3. 解析に用いた強震記録	3
4. 一定加速度以上の加速度の継続時間	15
5. 最大加速度に対する一定比率以上の加速度の継続時間	21
6. ま と め	56
参考文献	57
付属資料 入力地震動が作用した後, 1 自由度系の応答が最大となるまでの時間...	59

1. 概 説

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特性を正しく予測することが必要とされる。地震動の特性を定める主要なファクターとしては、強度、周期特性、継続時間の3者が挙げられる。このうち地震動の強度および周期特性に関しては、昨年度までに最大地震動（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の両者に対する検討を行い、強震記録の重回帰分析に基づく実用的な推定式を提案した。これに対して、地震動の継続時間は構造物の応答、特に非弾性域の応答を支配する重要な特性であるにもかかわらず、従来比較的検討事例が少ないのが実情である。この理由としては、地震動の継続時間に対する定義が従来まちまちであり、統一した解析が行われにくかったこと、また、どのような定義による地震動の継続時間が構造物の耐震性を検討する上で必要となるかが十分検討されていなかったこと等が挙げられる。本資料は、耐震設計に利用し得る地震動の継続時間として2種類の方式を定義し、これらに対して我国の地盤上で得られた394成分の強震記録に基づき、検討を加えた結果についてとりまとめたものである。

2. 地震動の継続時間の定義

地震動の継続時間をどのように定義するかは各種の方法が考えられる。最も基本的な定義は、地震動が始まってから終るまでの時間と定義することであり、ここでは、これを地震動の全継続時間 t_d と呼ぶこととする。しかしながら、このような定義によると、全継続時間は一般に非常に長くなり、たとえば極端な例を挙げると大地震の場合には、地球表面を何周もまわって伝播する表面波が存在するため、数時間にわたり地震動が継続する場合もあり得る。しかしながらこのような地震動は、振幅が非常に小さいため、地震学上の研究には有用であっても構造物の耐震性を検討する際には重要とは考えられない。一方、一般の SMAC 型強震計記録では、地震動（一般に上下動）を感じてから、はじめて記録を開始するとともに、地震動がある一定以下になるか、もしくは、記録開始後ある一定時間経つと、自動的に記録を停止する構造となっているため、記録の完全な立上りから終りまでを捉えることはできない。さらに、一般に 10 gal 以下の小加速度の記録はディジタイザーによる手動の数値化が精度良くできないため、数値化の段階でこのような加速度の小さい領域は数値化しない場合が多い。

以上のような強震記録の特性および耐震設計上の使用目的を考慮し、ここでは以下の2種類の方式で地震動の継続時間を定義することとする。

- a) 一定加速度 a (gal) 以上の加速度が継続する時間
- b) 最大加速度に対する一定比率以上の加速度が継続する時間

以下、これらの2種類の継続時間に対する検討結果を、それぞれ4章および5章に示す。

3. 解析に用いた強震記録

解析対象としたのは表 3-1 に示すように我国の 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 3-2 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 60 km 未満）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。2 @ 197 組の記録を、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 l 別に分類すると図 3-1 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 1/12 ～ 3 秒の範囲で計器補正を加えた。また、地盤種別は道路橋示方書耐震設計編に従い、1 種地盤、2 種および 3 種地盤、4 種地盤の 3 区分とした。ここではこれらを順にそれぞれ 1 種、2 種、3 種地盤と呼ぶこととする。図 3-2 は解析記録の最大加速度の頻度を示したものである。

なお、解析記録の詳細については、土木研究所資料第 1993 号を参照していただきたい。

0.00	00	00	000000.00 00.0000	000000	00.00.000
0.01	01	00	000001.00 00.0001	000001	01.00.000
0.02	02	00	000002.00 00.0002	000002	02.00.000
0.03	03	00	000003.00 00.0003	000003	03.00.000
0.04	04	00	000004.00 00.0004	000004	04.00.000
0.05	05	00	000005.00 00.0005	000005	05.00.000
0.06	06	00	000006.00 00.0006	000006	06.00.000
0.07	07	00	000007.00 00.0007	000007	07.00.000
0.08	08	00	000008.00 00.0008	000008	08.00.000
0.09	09	00	000009.00 00.0009	000009	09.00.000
0.10	10	00	000010.00 00.0010	000010	10.00.000
0.11	11	00	000011.00 00.0011	000011	11.00.000
0.12	12	00	000012.00 00.0012	000012	12.00.000
0.13	13	00	000013.00 00.0013	000013	13.00.000
0.14	14	00	000014.00 00.0014	000014	14.00.000
0.15	15	00	000015.00 00.0015	000015	15.00.000
0.16	16	00	000016.00 00.0016	000016	16.00.000
0.17	17	00	000017.00 00.0017	000017	17.00.000
0.18	18	00	000018.00 00.0018	000018	18.00.000
0.19	19	00	000019.00 00.0019	000019	19.00.000
0.20	20	00	000020.00 00.0020	000020	20.00.000
0.21	21	00	000021.00 00.0021	000021	21.00.000
0.22	22	00	000022.00 00.0022	000022	22.00.000
0.23	23	00	000023.00 00.0023	000023	23.00.000
0.24	24	00	000024.00 00.0024	000024	24.00.000
0.25	25	00	000025.00 00.0025	000025	25.00.000
0.26	26	00	000026.00 00.0026	000026	26.00.000
0.27	27	00	000027.00 00.0027	000027	27.00.000
0.28	28	00	000028.00 00.0028	000028	28.00.000
0.29	29	00	000029.00 00.0029	000029	29.00.000
0.30	30	00	000030.00 00.0030	000030	30.00.000
0.31	31	00	000031.00 00.0031	000031	31.00.000
0.32	32	00	000032.00 00.0032	000032	32.00.000
0.33	33	00	000033.00 00.0033	000033	33.00.000
0.34	34	00	000034.00 00.0034	000034	34.00.000
0.35	35	00	000035.00 00.0035	000035	35.00.000
0.36	36	00	000036.00 00.0036	000036	36.00.000
0.37	37	00	000037.00 00.0037	000037	37.00.000
0.38	38	00	000038.00 00.0038	000038	38.00.000
0.39	39	00	000039.00 00.0039	000039	39.00.000
0.40	40	00	000040.00 00.0040	000040	40.00.000
0.41	41	00	000041.00 00.0041	000041	41.00.000
0.42	42	00	000042.00 00.0042	000042	42.00.000
0.43	43	00	000043.00 00.0043	000043	43.00.000
0.44	44	00	000044.00 00.0044	000044	44.00.000
0.45	45	00	000045.00 00.0045	000045	45.00.000
0.46	46	00	000046.00 00.0046	000046	46.00.000
0.47	47	00	000047.00 00.0047	000047	47.00.000
0.48	48	00	000048.00 00.0048	000048	48.00.000
0.49	49	00	000049.00 00.0049	000049	49.00.000
0.50	50	00	000050.00 00.0050	000050	50.00.000
0.51	51	00	000051.00 00.0051	000051	51.00.000
0.52	52	00	000052.00 00.0052	000052	52.00.000
0.53	53	00	000053.00 00.0053	000053	5

表3-1(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3-1(2) 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 火 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3-1(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3-1(4) 解析に用いた強震記録

順	観測所名	記録名	地震順	地震名	地震発生 年月日時分	M	深さ	震 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	伊豆平島 南部沿岸近海	1974, 05. 09, 08:33	6.9	10	124.9

表3-1(5) 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
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	鹿兒島港	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	伊豆平島南部沿岸近海	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	"	1978, 01. 14, 12:24	7.0	0	41.2
66	新岩田変電所	SHINIWATA	78001	"	1978, 01. 14, 12:24	7.0	0	108.5
67	白堀変電所	SHIROBORI	78001	"	1978, 01. 14, 12:24	7.0	0	44.7

表3-2(1) 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
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-GRA-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
						82.2	702GR-1-1	細島港
14	68027	"	1968, 04. 01, 16:13	6.3	0	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-GRA-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3-2(2) 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
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
						85.5	319-GR-4	四徳大橋
						89.1	204-GR-3	新八幡橋
31	69032	岐阜県中部	1969, 09. 09, 14:15	6.6	0	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
						121.6	102GR-1-7	釧路港
33	70004	北海道南部地方	1970, 01. 21, 02:33	6.7	50	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)
						51.9	702GR-1-4	細島港
36	70021	宮崎県沖	1970, 07. 26, 07:41	6.7	10	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	153.3	304-GR-23	伊達橋
						23.7	301-GR-7	雄平橋
						84.6	203GR-1-1	酒田港

表3-2(3) 解析に考慮した地震

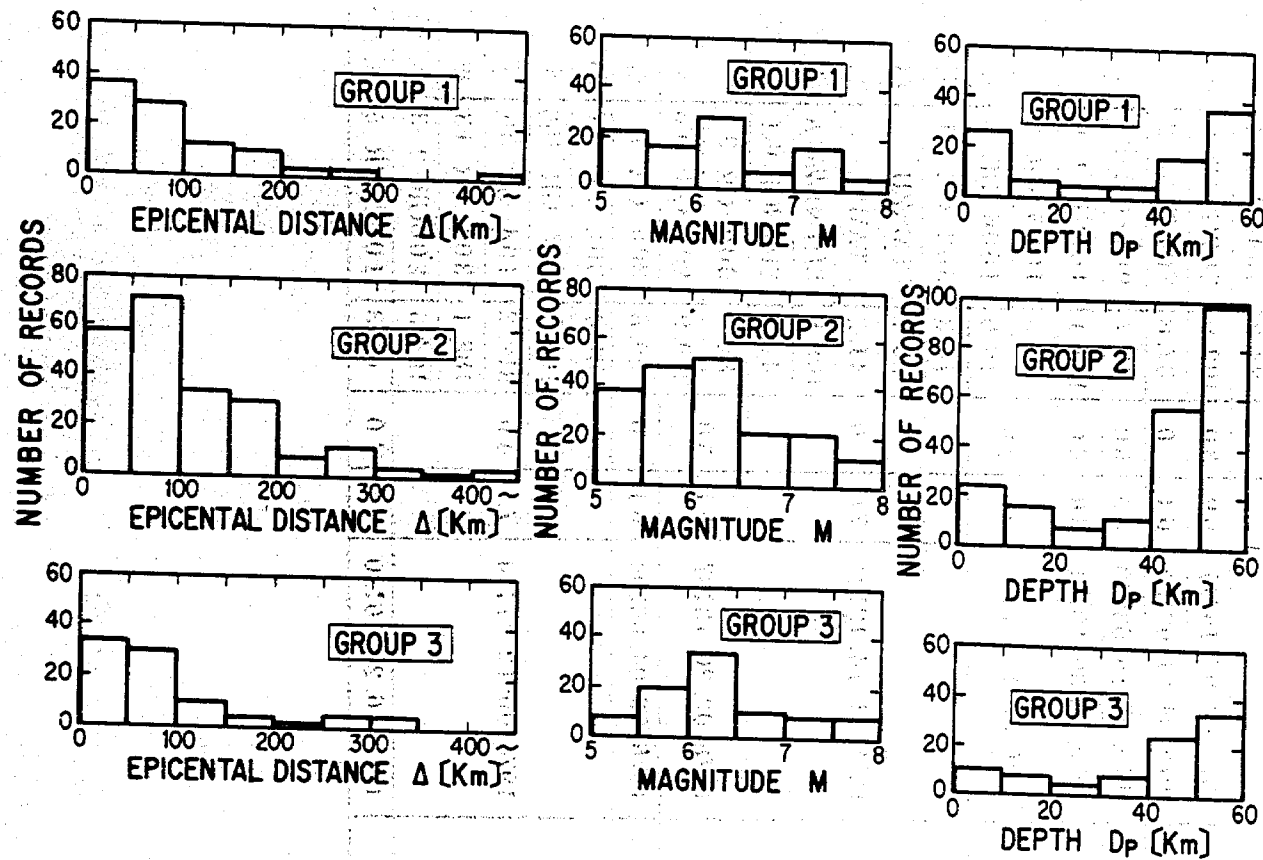
№	地震 №	地震名	年月日時分	M	深さ	震央 距離	記録名	観測所名
40	71002	愛知県沿岸	1971.01.05, 06:09	6.1	40	67.7	904-GR-4	新天竜川橋
						150.5	319-GR-5	四徳大橋
						43.6	311-GR-6	豊浜大橋
						77.0	404GR-1-3	名古屋港
						55.9	403GR-1-2	衣浦港
						74.3	405GR-2-1	四日市港
41	71012	新潟県南西部	1971.02.26, 04:27	5.5	0	26.2	102-GR-16	米山大橋
						42.2	202-GR-15	魚沼橋
42	71018	福島県沖	1971.03.22, 19:40	5.4	10	147.9	304-GR-26	伊達橋
43	71021	宮城県沖	1971.04.05, 03:39	6.0	50	157.8	304-GR-28	〃
44	71025	茨城県沖	1971.06.13, 13:06	5.3	40	42.5	301GR-1-5	鹿島港
45	71029	山梨県東部	1971.07.23, 07:07	5.3	10	15.0	1006-GR-3	鶴川橋
						63.7	305GR-2-5	横浜港(2)
						61.0	305GR-1-3	横浜港(1)
46	71034	襟裳岬沖	1971.08.02, 16:25	7.0	60	201.7	102GR-1-8	釧路港
						255.4	105GR-1-5	室蘭港
47	71038	福島県沖	1971.09.08, 16:25	5.5	40	122.8	304-GR-30	伊達橋
						59.9	907-GR-60	平大橋
48	71040	千葉県北方	1971.10.11, 19:16	5.2	40	9.5	906-GR-12	鹿島試験所
						16.0	1401-GR-1	利根川河口堰
						13.0	301GR-1-6	鹿島港
49	72001	〃	1972.01.04, 09:20	5.0	40	11.3	906-GR-13	鹿島試験所
50	720511	釧路沖	1972.05.11, 09:45	5.8	60	61.2	102GR-1-9	釧路港
51	720622	宮城県沖	1972.06.22, 00:59	5.4	10	72.8	702GR-1-6	細島港
52	72014	山形県中部	1972.08.20, 19:09	5.3	20	39.9	203GR-1-2	酒田港
53	72019	宮城県沖	1972.09.25, 18:27	5.5	50	147.0	304-GR-32	伊達橋
						88.4	207GR-2-1	塩釜港
54	72027	茨城県南西部	1972.11.06, 20:39	5.1	40	18.1	104-GR-23	新利根川橋
						56.0	303GR-1-5	東京湾(品川)
55	72029	八丈島東方沖	1972.12.04, 19:16	7.2	50	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3-2(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	釧子近海	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	宮崎県沖	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	宮崎県沖	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	宮崎県沖	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-GR-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
73	74016	岩手県北部沿岸	1974, 09. 04, 18:20	5.6	40	66.3	305GR-2-9	横浜港(2)
						46.2	105-GR-8	真崎大橋
74	740920	釧路沖	1974, 09. 20, 09:53	5.5	50	49.8	202GR-1-8	八戸港
						66.7	102GR-1-13	釧路港

表3-2(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



(a) 震央距離

(b) マグニチュード

(c) 震源深さ

図 3-1 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

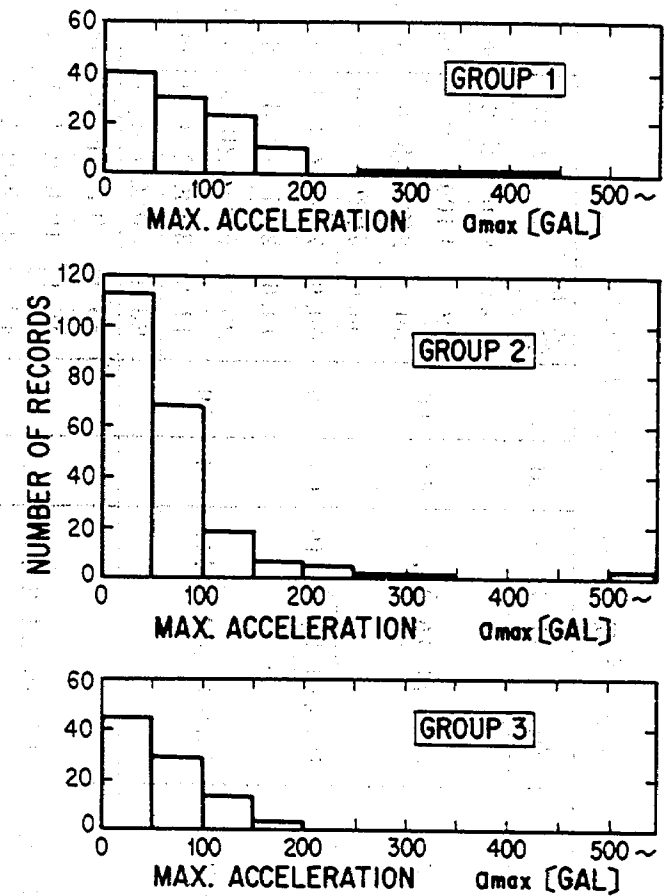


図 3-2 最大加速度の頻度分布

4. 一定加速度以上の加速度の継続時間

一般に構造物の耐震性を検討する際には、微小な加速度は重要ではなく、ある一定振幅以上の加速度がどの程度継続して作用し続けるかが重要となる。

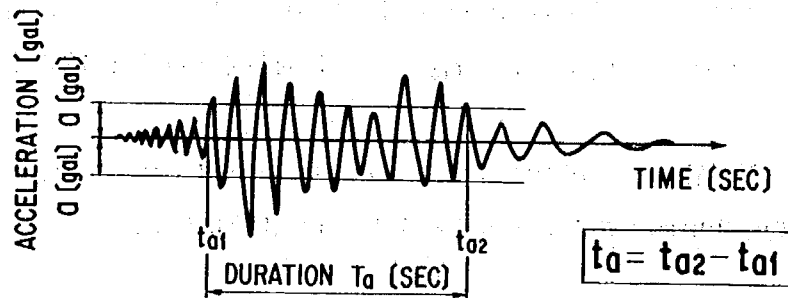


図4-1 一定加速度 a [gal] 以上の加速度の継続時間 t_a の定義

そこで、いま、図4-1に示すように加速度振幅の絶対値がある一定加速度 a [gal] 以上の値が最初に出現する時刻 t_{a1} [秒] から、 a [gal] 以上の加速度が出現する最後の時刻 t_{a2} [秒] までの間の時間をもって、 a [gal] 以上の地震動加速度の継続する時間 t_a [秒] と定義する。すなわち、

$$t_a = t_{a2} - t_{a1} \quad (4-1)$$

いま、加速度 a を非常に小さな値とすれば、式(4-1)で定義した地震動の継続時間 t_a は、2章に示した地震の全継続時間 t_D と等しくなる。一方、加速度 a をある程度以上大きな値とすれば、耐震設計上重要な強震動の継続時間を表現すると考えることができる。しかしながら、加速度 a をあまり大きくすると、表2-1に示した強震記録のうち、これに該当する記録数が極端に少なくなる。そこで、耐震設計上の用途と該当記録数の両者を勘案し、ここでは、 $a = 50$ gal, 100 gal, 150 gal, 200 gal の4種類の場合について解析することとした。なお、 $a = 50$ gal, 100 gal, 150 gal, 200 gal に対する記録数は、それぞれ、194, 66, 27, 13である。該当記録数が少なく、これをさらに地盤種別に分類すると個々の地盤種別の記録数がさらに減少するため、ここでは地盤種別は行わない。

表2-1に示した全強震記録(2@197成分)に対して、 t_{50} , t_{100} , t_{150} , t_{200} を求め、これを地震のマグニチュード M をパラメータに震央距離 L との関係を示した結果が図4-2である(図中には後述する t_a の推定式による推定値も示されている)。これによれば、継続時間 t_a に関して以下の事項が指摘される。

1) 継続時間は同程度のマグニチュード M および震央距離 L であっても、地震記録ごとに大きく変化する。たとえば、 t_{50} を例にとると、震央距離 150 km 程度における $M \geq 7$ 以上の継続時間は、 0.01 秒から 20 秒程度の範囲でばらついている。ここで、継続時間 t_{50} が 0.01 秒とは、この記録の最大加速度が 50 gal よりわずかに大きい程度で、 50 gal を起す継続時間がほんの一瞬であることを意味している。な

お、解析対象記録は 1/100 秒間隔で補間されているため、計算上は t_0 は 0.01 秒以下とはならない。

2) 継続時間 t_0 は、記録ごとに大きく異なるが、全体として見ると一般にマグニチュード M が大きくなると長くなり、また、震央距離 d が大きくなると短くなる傾向にある。ただし、単位マグニチュードの増加に伴う t_0 の増大および単位震央距離の増大に伴う t_0 の減少は、最大加速度に対する場合よりも著しく大きい。これは、最大加速度自身の距離減衰特性からみて妥当な結果と考えられる。

3) 当然ながら、加速度 a が大きくなる程継続時間 t_0 は一般に小さくなる。既往の全記録を通して継続時間 t_0 の最大値を求めると t_{50} 、 t_{100} 、 t_{150} 、 t_{200} に対してそれぞれ 42.6 秒、21.6 秒、11.3 秒、8.8 秒となる。

4) 図 4-2 から継続時間 t_0 の上限を主要なマグニチュード M ($M=6, 7, 8$) および震央距離 d ($d=20, 50, 100, 200$ km) ごとに求めると表 4-1 のようになる。

表 4-1 継続時間 t_0 ($a=50, 100, 150, 200$ gal) の上限値〔秒〕

マグニチュード	震 央 距 離 d (km)			
	20 km	50 km	100 km	200 km
$M=6$	15	5	2	0.5
	4	1	0.4	0.1
	—	—	—	—
	—	—	—	—
$M=7$	—	20	7	2
	—	10	3	1
	—	—	—	—
	—	—	—	—
$M=8$	—	—	50	25
	—	—	25	8
	—	—	15	—
	—	—	8	—

注 1) 表中の値は、上からそれぞれ、 t_{50} 、 t_{100} 、 t_{150} 、 t_{200} (秒)を表わす。

注 2) — は図 4-2 から継続時間を定めがたいことを示す。

注 3) $M=8$ としたのは、解析対象記録のマグニチュードの上限が 7.9 であるためである。

これによれば、マグニチュード 8 程度の大規模地震では、 t_{50} は震央距離 100 km、200 km でそれぞれ 50 秒、25 秒程度と考えられる。

次に、継続時間 t_0 を予測するために、次の回帰式を仮定して重回帰分析を行った。

$$t_0 = \tilde{a} \times 10^{bM} \times (d + d_0)^c \quad (4-2)$$

ここで、

t_0 : 式 (4-1) により定義した一定加速度以上の加速度の継続する時間〔秒〕、ここで a は

50 gal および 100 gal を対象とする。

M : 気象庁による地震のマグニチュード

d : 震央距離 (km)

d_0 : 震央距離 d が小さい範囲の t_0 を調整する係数で、ここでは、 $d_0 = 30$ km とする。

$\tilde{a}, \tilde{b}, \tilde{c}$: 重回帰分析により定める係数

重回帰分析では、回帰式の形を適当に仮定することが重要である。式 (4-2) の回帰式を用いたのは継続時間 t_0 が地震動加速度の距離減衰特性と密接に関連しており、地震動加速度の距離減衰としては式 (4-2) の回帰式が用いられる場合が多いこと、また、図 4-3 に示した継続時間 t_0 とマグニチュード M および震央距離の関係が式 (4-2) により近似し得ると判断したためである。また、解析対象を $a = 50$ gal および 100 gal に締ったのは、 $a = 150$ gal および 200 gal の場合の記録数が少なく信頼できる重回帰分析が行えないと考えたためである。

t_{50} および t_{100} に対して重回帰分析により定めた係数 $\tilde{a}, \tilde{b}, \tilde{c}$ および重相関係数 R は表 4-2 の通りである。これによれば、 t_{50} および t_{100} に対する回帰の重相関係数はそれぞれ 0.55 および 0.47 であり、必ずしも高い値ではない。推定式のばらつきについては後述するが、重相関係数がかなり低いということを念頭に置いて結果を利用することが必要とされる。表 4-2 によれば、係数 $\tilde{a}, \tilde{b}, \tilde{c}$ については以下の事項が指摘される。

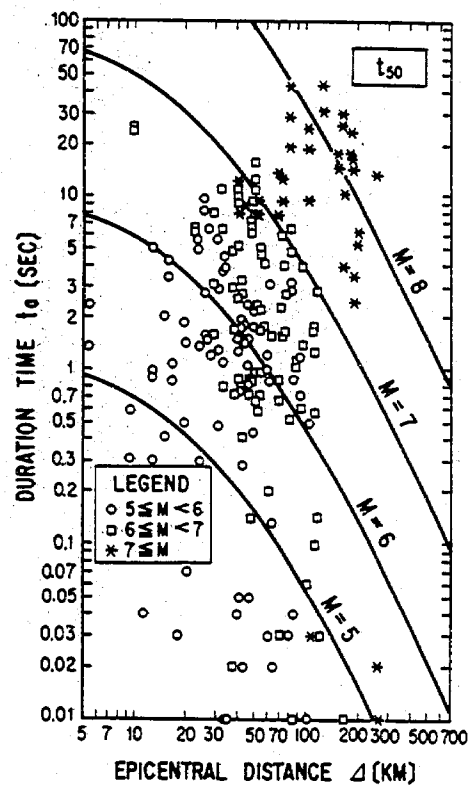
- 1) 係数 $\tilde{a}$ は当然ながら、 a が 50 gal $\rightarrow$ 100 gal となるにつれて減少する。
- 2) 係数 $\tilde{b}$ は単位のマグニチュード M の増加による継続時間 t_0 の変化 ($10^{\tilde{b}}$ となる) を表わす指標であるが、 t_{50}, t_{100} のいずれに対しても、0.93 程度となっている。なお、この値は最大加速度の距離減衰式の場合には 0.25 程度であり継続時間は最大加速度よりもマグニチュード依存性が高いといえることができる。
- 3) 係数 $\tilde{c}$ は t_{50}, t_{100} のいずれの場合にも -2.1 程度である。この値は最大加速度の距離減衰式の場合には -1.2 程度であり、継続時間は最大加速度よりも距離による減衰特性が大きいといえることができる。

表 4-2 式 (4-2) の係数 $\tilde{a}, \tilde{b}, \tilde{c}$ および重相関係数 R

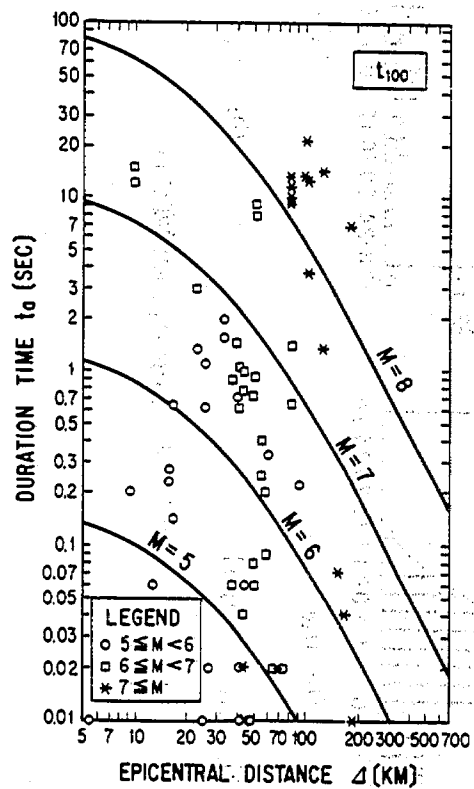
継続時間	$\tilde{a}$	$\tilde{b}$	$\tilde{c}$	R
t_{50}	4.74×10^{-2}	0.929	-2.172	0.554
t_{100}	4.52×10^{-3}	0.930	-2.063	0.469

式 (4-2) の予測の一例として、マグニチュード $M = 5, 6, 7, 8$ に対して、 t_{50} および t_{100} を計算した結果が図 4-2 に示した実線である。これによれば、式 (4-2) の予測式は上述したマグニチュード M および震央距離 d による t_0 の変化の状況にある程度表わしているといえることができる。

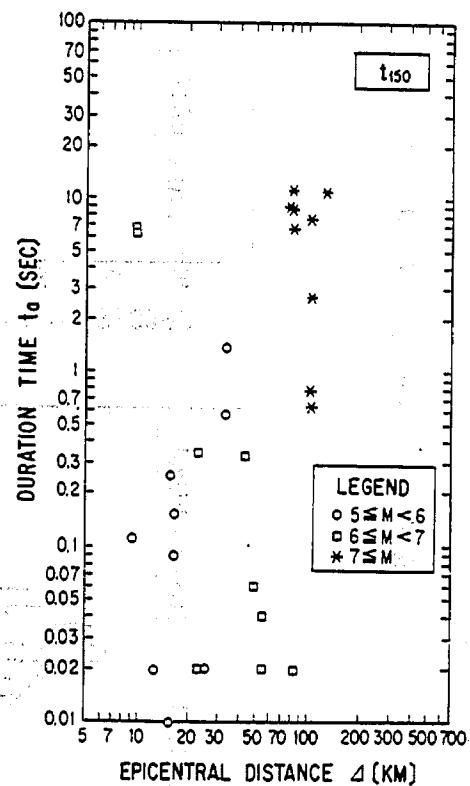
次に、式 (4-2) による継続時間 t_0 の予測値のばらつきを示すために、実測値と、これが得られた



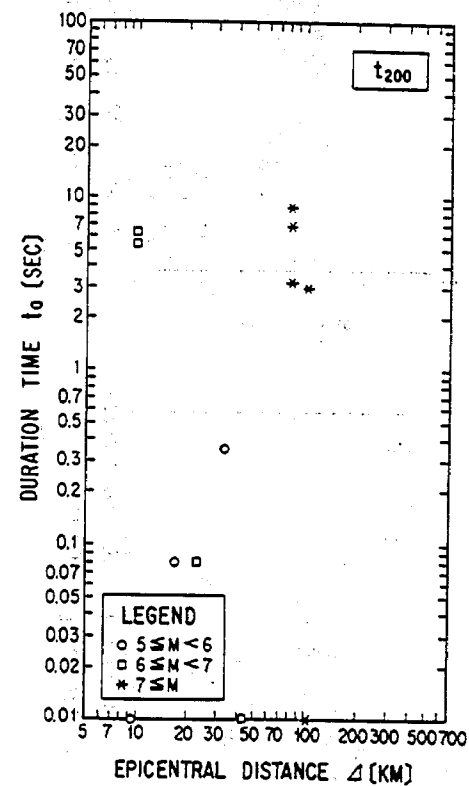
(a) t_{50}



(b) t_{100}

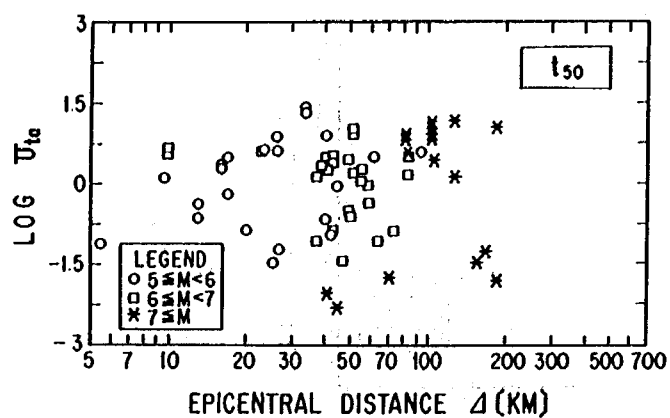


(c) t_{150}

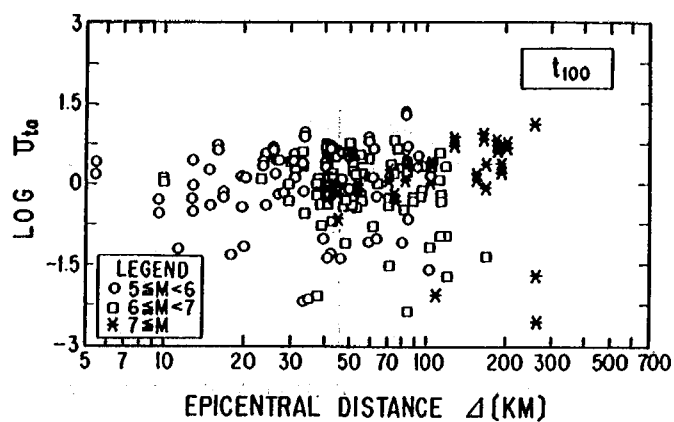


(d) t_{200}

図 4-2 2@103 成分の強震記録に対する t_{50} , t_{100} , t_{150} , t_{200}

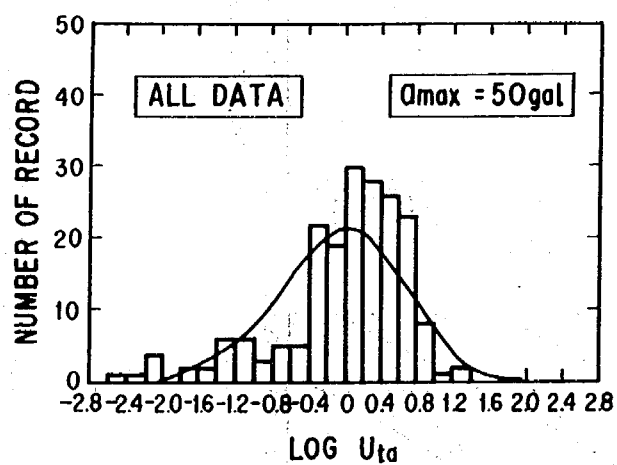


(a) t_{50}

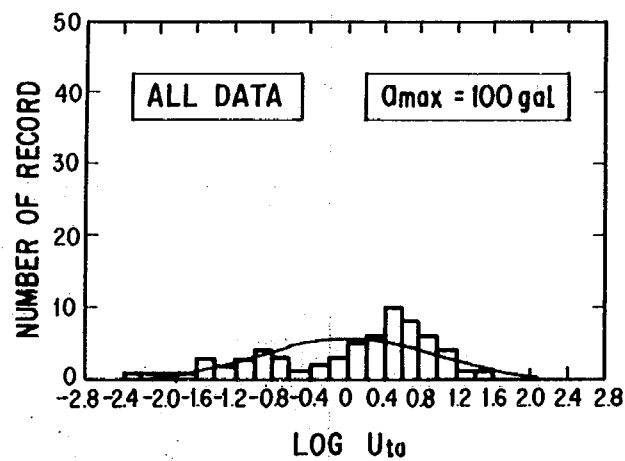


(b) t_{100}

図 4-3 $\text{Log } U_{ta} \sim M \sim \Delta$ の関係



(a) $a_{\max} = 50 \text{ gal}$



(b) $a_{\max} = 100 \text{ gal}$

図 4-4 $\text{Log } U_{ta}$ の頻度分布

5. 最大加速度に対する一定比率以上の加速度の継続時間

最大加速度を $a_{\max}$ (gal) とし、図 5-1 に示すようにこの α 倍 ($\alpha < 1$) の加速度 ($\alpha \cdot a_{\max}$ (gal)) が最初に出現する時間 t_{a1} (秒) から最大加速度 $a_{\max}$ の生じる時間 $t_{\max}$ (秒) までの時間を T_{a1} (秒)、最大加速度 $a_{\max}$ の生じた時間 $t_{\max}$ からこの α 倍の加速度 ($\alpha \cdot a_{\max}$ (gal)) が最後に出現する時間 t_{a2} までの時間を T_{a2} (秒) とし、最大加速度発生時刻を基準として最大加速度に対する一定比率 α 以上の加速度の継続する時間 T_{a1} , T_{a2} を定義する。すなわち、

$$T_{a1} = t_{\max} - t_{a1}$$

$$T_{a2} = t_{a2} - t_{\max}$$

(5-1)

ここで、

$t_{\max}$: 最大加速度 $a_{\max}$ の出現する時間 (秒)

t_{a1} : 最大加速度 $a_{\max}$ の α 倍の加速度が最初に出現する時間 (秒)

t_{a2} : 最大加速度 $a_{\max}$ の α 倍の加速度が最後に出現する時間 (秒)

式 (5-1) による T_{a1} と T_{a2} の和 T_a は最大加速度の α 倍の加速度が継続する時間 T_a となる。

すなわち、

$$T_a = T_{a1} + T_{a2}$$

$$= t_{\max} - t_{a1} + t_{a2} - t_{\max}$$

$$= t_{a2} - t_{a1}$$

(5-2)

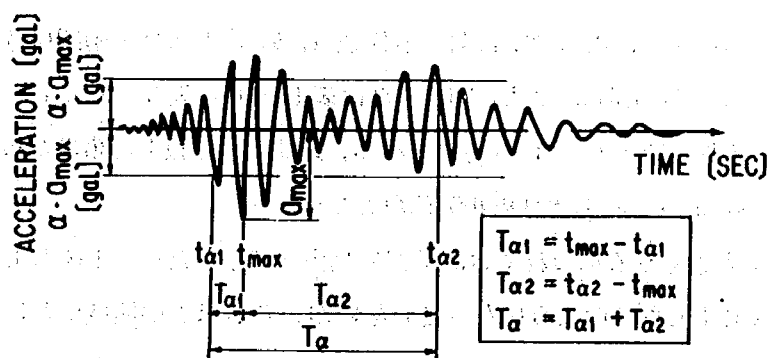


図 5-1 最大加速度発生時刻を基準とした場合の最大加速度に対する一定比率以上の加速度の継続時間の定義

以下では、 α として 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 の 9 種類の場合を対象とし、継続時間 T_{a1} , T_{a2} および T_a を解析することとした。

表 3-1 に示した全強震記録 (2@197 成分) に対して T_{a1} および T_{a2} ($\alpha = 0.1, 0.2, \dots, 0.9$) を求め、これが震央距離 R およびマグニチュード M によりどのように変化するかを示した一例 ($\alpha = 0.3$,

0.5, 0.7 の場合) が図 5-2 である。なお、図中には後述する回帰式による予測値も示されている。これによれば、データごとのばらつきが大きい、全体としての傾向をみると T_{a1} , T_{a2} , T_a に関して以下の特徴があることが指摘される。

1) 継続時間 T_{a1} , T_{a2} , T_a は一般に震央距離 d が大きくなる程、また、マグニチュード M が大きくなる程長くなる。

2) 当然ながら、最大加速度に対する比率 α が大きくなる程、同一条件に対する継続時間 T_{a1} , T_{a2} , T_a は短くなる。

3) 同一のマグニチュード M および震央距離 d に対する継続時間 T_{a1} , T_{a2} , T_a は一般に 1 種地盤の場合に短く、3 種地盤の場合に長い。また、このような傾向は最大加速度に対する比率 α が小さい範囲で顕著である。

次に継続時間 T_{a1} , T_{a2} , T_a を予測するために、次式による回帰式を仮定して重回帰分析を行った。

$$\left. \begin{array}{l} T_{a1} \\ T_{a2} \\ T_a \end{array} \right\} = \tilde{a} \times 10^{\tilde{b}M} \times (d + d_0)^{\tilde{c}} \quad (5-3)$$

ここで、

T_{a1} , T_{a2} , T_a : 式 (5-1), (5-2) により定義した継続時間 [秒]

M : 地震のマグニチュード (気象庁によるマグニチュード)

d : 震央距離 [km]

d_0 : 震央距離 d が小さい範囲の継続時間を調整する係数で、ここでは、 $d_0 = 30$ km とする。

$\tilde{a}$, $\tilde{b}$, $\tilde{c}$: 重回帰分析により定める係数

重回帰分析により定めた T_{a1} , T_{a2} , T_a に対する係数 $\tilde{a}$, $\tilde{b}$, $\tilde{c}$ および重相関係数 R はそれぞれ表 5-1, 表 5-2, 表 5-3 に示す通りである。また、図 5-3 は表 5-1 ~ 表 5-3 に示した係数 $\tilde{a}$, $\tilde{b}$, $\tilde{c}$ を図示したものである。これより、式 (5-3) の係数 $\tilde{a}$, $\tilde{b}$, $\tilde{c}$ に関して以下の事項が指摘される。

1) T_{a1} に対する係数 $\tilde{a}$, $\tilde{b}$, $\tilde{c}$ および重相関係数 R について

a) 係数 $\tilde{a}$ は α が大きくなるにつれてほぼ単調に減少する。ただし、1 種および 2 種地盤の場合には $\alpha > 0.6$ の領域では必ずしもこのようになっているが、これはこの領域における重相関係数 R が 0.5 以下と小さいことからわかるようにデータのばらつきが大きいためと考えられる。また、係数 $\tilde{a}$ は $\alpha > 0.7$ の場合を除けば地盤種別が 1 種 → 2 種 → 3 種の順に大きくなる。

b) 係数 $\tilde{b}$ は α が 0.3 ~ 0.7 の範囲内では比較的大きく、地盤種別で異なるが 0.35 ~ 0.5 程度の値をとるのに対して、 $\alpha < 0.3$ および $\alpha > 0.7$ の範囲ではこれよりもやや小さくなっている。

c) 係数 $\tilde{c}$ は 2 種地盤および 3 種地盤の場合には 0 ~ 0.5 と比較的小さい値をとるのに対して、1 種地盤の場合には 0.5 ~ 1.25 とこれよりも大きい値をとる。

d) 重相関係数 R は、 $\alpha < 0.6$ の範囲では地盤種別によって異なるが、0.45 ~ 0.7 程度の値に収まっているのに対し、 $\alpha > 0.6$ の範囲では 0.5 を下廻り、この条件における回帰の精度が低いことを示して

いる。

2) T_{a2} に対する係数 $\tilde{a}$, $\tilde{b}$, $\tilde{c}$ および重相関係数 R について

a) 係数 $\tilde{a}$ は上記 1) a) と同様の特性を示す。

b) 係数 $\tilde{b}$ は $\alpha < 0.6$ 程度の範囲では地盤種別によりあまりよらず 0.1 ~ 0.2 程度の値をとる。これに対して $\alpha > 0.6$ の範囲では地盤種別による差が大きい。

c) 係数 $\tilde{c}$ は, α の増加とともに一般に大きくなる。また, 1 種地盤の係数 $\tilde{c}$ は 2 種地盤および 3 種地盤の係数 $\tilde{c}$ よりも相対的に大きい。

d) 重相関係数 R は, 上記 1) d) と同様の特性を示す。

3) T_a に対する係数 $\tilde{a}$, $\tilde{b}$, $\tilde{c}$ および重相関係数 R について

a) 係数 $\tilde{a}$ は上記 2) a) と同様の特性を示す。

b) 係数 $\tilde{b}$ は上記 2) b) と同様の特性を示す。

c) 係数 $\tilde{c}$ は上記 2) c) と同様の特性を示す。

d) 重相関係数 R は上記 2) d) と同様の傾向を示す。ただし, R の値は 2) d) の場合よりも大きく, $\alpha < 0.6$ の範囲では地盤種別によって異なるが 0.6 ~ 0.77 程度の値をとる。

式 (5-3) による継続時間 T_{a1} , T_{a2} , T_a を予測式のもととなった実測値とともに示すと図 5-2 のようになる。

また, 式 (5-3) による試算例として, 継続時間 T_{a1} , T_{a2} , T_a に及ぼすマグニチュード M の影響, 震央距離 L の影響および地盤種別の影響を示すと, それぞれ図 5-4, 図 5-5, 図 5-6 のようになる。

これより, 同一条件であれば, 同一の α に対する継続時間 T_{a1} , T_{a2} , T_a は, いずれも一般に, 1) マグニチュードが大きい程, 2) 震央距離が長いほど, 3) 地盤が軟質なほど, 長くなる傾向にあることがわかる。なお, 図 5-4 ~ 図 5-6 からは継続時間としての特性だけでなく, 波形の形状を表わす傾向関数としての特性も読み取ることができる。

次に, 式 (5-3) による継続時間の推定値のばらつきを示すため, 実測値とこれが得られた地震の M および L から式 (5-3) により求めた推定値の比を次式により定義した。

$$\begin{aligned} U_{Ta1} &= T_{a1}^{OB} / T_{a1}^P \\ U_{Ta2} &= T_{a2}^{OB} / T_{a2}^P \\ U_{Ta} &= T_a^{OB} / T_a^P \end{aligned} \quad (5-4)$$

ここで,

U_{Ta1} , U_{Ta2} , U_{Ta} : それぞれ継続時間 T_{a1} , T_{a2} , T_a のばらつきの度合いを表わす指標

T_{a1}^{OB} , T_{a2}^{OB} , T_a^{OB} : 重回帰分析のもととなった実測の継続時間 T_{a1} , T_{a2} , T_a

T_{a1}^P , T_{a2}^P , T_a^P : 式 (5-3) から求められる継続時間 T_{a1} , T_{a2} , T_a

したがって, 実測の継続時間 T_{a1}^{OB} , T_{a2}^{OB} , T_a^{OB} は式 (5-4) から次式で与えられることになる。

$$\left. \begin{aligned} T_{a1}^{OB} &= U_{Ta1} \times T_{a1}^P = U_{Ta1} \\ T_{a2}^{OB} &= U_{Ta2} \times T_{a2}^P = U_{Ta2} \\ T_a^{OB} &= U_{Ta} \times T_a^P = U_{Ta} \end{aligned} \right\} \times \{ \tilde{a} \times 10^{\tilde{b}M} \times (L + 30)^{\tilde{c}} \} \quad (5-5)$$

式(5-4)により、 U_{Ta1} , U_{Ta2} , U_{Ta} を求め、これと M および d の関係を示すと、図5-7のようになる。これによれば、 U_{Ta1} , U_{Ta2} , U_{Ta} は M および d により顕著に変化しない。また、図5-8は $\log U_{Ta1}$, $\log U_{Ta2}$ および $\log U_{Ta}$ の頻度分布を示したものである。なお、式(5-4)の U_{Ta1} , U_{Ta2} , U_{Ta} の常用対数 ($\log U_{Ta1}$, $\log U_{Ta2}$, $\log U_{Ta}$) の標準偏差 σ_1 , σ_2 , σ はそれぞれ表5-1~表5-3に示した通りである。

表 5-1 式 (5-3) による継続時間 T_{a1} の回帰係数

α	全 地 盤 条 件					1 種 地 盤					2 種 地 盤					3 種 地 盤				
	$\tilde{a}$	$\tilde{b}$	$\tilde{c}$	R	σ_1	$\tilde{a}$	$\tilde{b}$	$\tilde{c}$	R	σ_1	$\tilde{a}$	$\tilde{b}$	$\tilde{c}$	R	σ_1	$\tilde{a}$	$\tilde{b}$	$\tilde{c}$	R	σ_1
0.9	3.04×10^{-4}	0.305	0.193	0.268	0.929	0.00215	0.188	0.0445	0.183	0.833	3.50×10^{-4}	0.325	0.0991	0.267	0.942	7.05×10^{-5}	0.225	0.825	0.322	0.962
0.8	1.27×10^{-4}	0.446	0.475	0.336	0.956	2.15×10^{-4}	0.233	0.619	0.279	0.973	1.07×10^{-4}	0.418	0.305	0.368	0.940	2.45×10^{-4}	0.213	0.802	0.301	0.979
0.7	8.87×10^{-5}	0.408	0.522	0.410	0.875	1.81×10^{-5}	0.264	1.254	0.444	0.879	8.32×10^{-5}	0.519	0.203	0.442	0.864	5.06×10^{-4}	0.395	0.236	0.316	0.896
0.6	1.62×10^{-4}	0.423	0.503	0.481	0.731	6.88×10^{-6}	0.397	1.202	0.588	0.703	2.71×10^{-4}	0.447	0.321	0.466	0.750	0.00108	0.417	0.179	0.399	0.690
0.5	3.23×10^{-4}	0.432	0.421	0.538	0.612	2.10×10^{-5}	0.360	1.167	0.622	0.604	4.41×10^{-4}	0.479	0.214	0.537	0.624	0.00214	0.480	-0.0666	0.467	0.551
0.4	8.60×10^{-4}	0.405	0.368	0.562	0.531	5.21×10^{-5}	0.378	1.013	0.695	0.476	0.00131	0.432	0.196	0.544	0.554	0.00448	0.418	0.0170	0.471	0.503
0.3	0.00139	0.394	0.344	0.562	0.513	1.19×10^{-4}	0.338	1.009	0.679	0.468	0.00205	0.443	0.114	0.548	0.536	0.00513	0.418	0.0262	0.493	0.476
0.2	0.00308	0.377	0.301	0.552	0.496	2.74×10^{-4}	0.365	0.819	0.699	0.423	0.00419	0.407	0.142	0.531	0.527	0.0193	0.264	0.309	0.446	0.464
0.1	0.0125	0.341	0.200	0.521	0.463	0.00312	0.313	0.548	0.653	0.378	0.0104	0.378	0.119	0.506	0.519	0.113	0.177	0.300	0.431	0.367

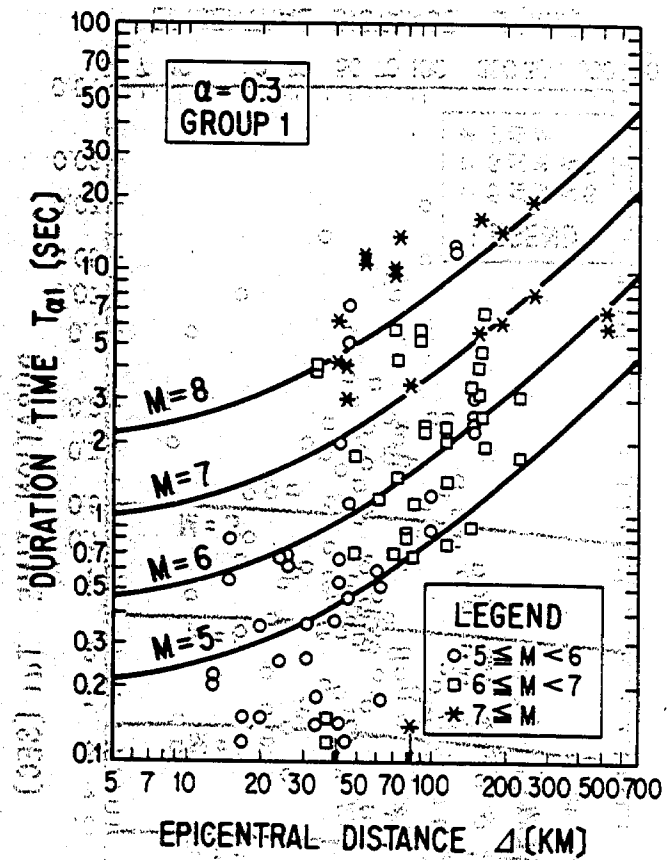
表 5-2 式 (5-3) による継続時間 T_{a2} の回帰係数

α	全 地 盤 条 件					1 種 地 盤					2 種 地 盤					3 種 地 盤				
	$\tilde{a}$	$\tilde{b}$	$\tilde{c}$	R	σ_2	$\tilde{a}$	$\tilde{b}$	$\tilde{c}$	R	σ_2	$\tilde{a}$	$\tilde{b}$	$\tilde{c}$	R	σ_2	$\tilde{a}$	$\tilde{b}$	$\tilde{c}$	R	σ_2
0.9	0.00157	3.37×10^{-4}	0.752	0.192	0.940	2.76×10^{-4}	-0.255	1.928	0.413	0.846	0.00198	0.169	0.167	0.168	0.949	0.00199	-0.293	1.667	0.254	0.961
0.8	1.33×10^{-4}	0.130	1.155	0.331	0.983	8.34×10^{-4}	-0.240	1.779	0.358	0.961	7.46×10^{-5}	0.294	0.777	0.368	0.970	6.96×10^{-5}	0.326	0.801	0.363	0.974
0.7	1.95×10^{-4}	0.225	1.008	0.389	0.890	6.81×10^{-5}	0.0283	1.758	0.440	0.875	1.39×10^{-4}	0.334	0.741	0.413	0.890	0.00129	0.258	0.604	0.317	0.873
0.6	0.00116	0.104	1.194	0.434	0.717	3.74×10^{-4}	-0.055	1.846	0.534	0.664	0.00123	0.184	0.936	0.440	0.707	0.00293	0.183	0.832	0.364	0.763
0.5	0.00247	0.213	0.855	0.509	0.563	3.92×10^{-4}	0.194	1.229	0.560	0.575	0.00284	0.227	0.785	0.538	0.531	0.0190	0.102	0.841	0.395	0.588
0.4	0.0125	0.188	0.708	0.533	0.449	0.00282	0.169	1.038	0.670	0.367	0.00118	0.191	0.694	0.522	0.479	0.0793	0.108	0.642	0.457	0.409
0.3	0.0528	0.158	0.589	0.553	0.356	0.00553	0.176	0.947	0.657	0.361	0.0609	0.131	0.635	0.566	0.348	0.511	0.129	0.277	0.465	0.268
0.2	0.296	1.149	0.335	0.518	0.287	0.0707	0.138	0.606	0.612	0.281	0.3213	0.142	0.341	0.531	0.283	1.488	0.132	0.111	0.433	0.221
0.1	0.632	0.139	0.0944	0.439	0.237	0.570	0.119	0.290	0.506	0.237	2.355	0.138	0.0201	0.454	0.209	2.328	0.179	-0.0881	0.385	0.232

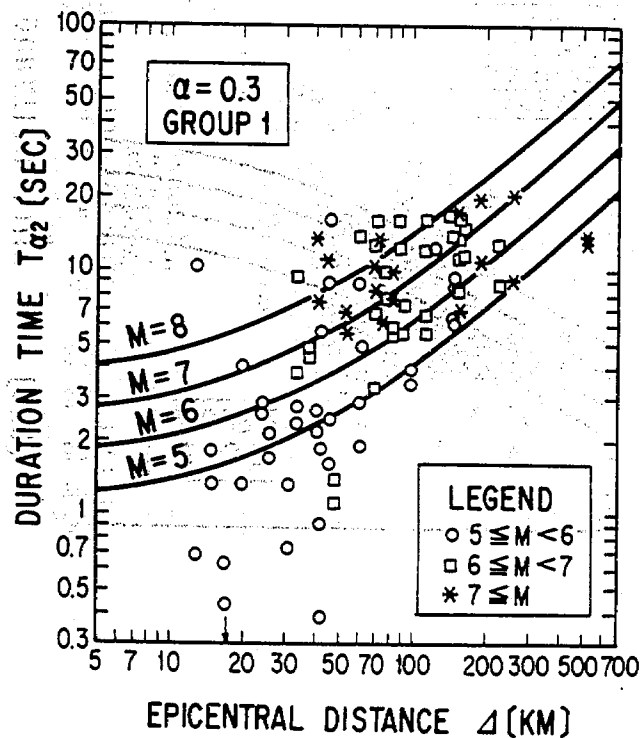
表 5-3 式(5-3)による継続時間 T_a の回帰係数

α	全 地 盤 条 件					1 種 地 盤					2 種 地 盤					3 種 地 盤				
	a	b	c	R	σ	$\bar{a}$	$\bar{b}$	$\bar{c}$	R	σ	$\bar{a}$	$\bar{b}$	$\bar{c}$	R	σ	$\bar{a}$	$\bar{b}$	$\bar{c}$	R	σ
0.9	35×10^{-4}	0.207	0.665	0.293	0.938	0.00224	-0.0106	0.800	0.206	0.888	3.57×10^{-4}	0.317	0.337	0.309	0.935	8.34×10^{-5}	0.155	1.210	0.359	0.957
0.8	1.95×10^{-4}	0.312	0.788	0.430	0.805	3.80×10^{-5}	0.167	1.502	0.481	0.792	4.44×10^{-4}	0.374	0.430	0.414	0.800	1.00×10^{-4}	0.440	0.619	0.454	0.801
0.7	4.33×10^{-4}	0.348	0.693	0.514	0.647	5.00×10^{-5}	0.207	1.546	0.631	0.573	4.54×10^{-4}	0.453	0.353	0.518	0.669	0.00307	0.288	0.539	0.432	0.619
0.6	0.00133	0.280	0.807	0.619	0.465	2.15×10^{-4}	0.229	1.293	0.714	0.414	0.00226	0.304	0.624	0.605	0.468	0.00244	0.270	0.779	0.587	0.466
0.5	0.00410	0.296	0.620	0.647	0.396	4.43×10^{-4}	0.292	1.041	0.732	0.380	0.00691	0.301	0.498	0.641	0.390	0.0149	0.207	0.691	0.607	0.368
0.4	0.0160	0.254	0.551	0.657	0.335	0.00234	0.251	0.919	0.772	0.293	0.0223	0.256	0.471	0.642	0.343	0.0617	0.172	0.583	0.614	0.302
0.3	0.0449	0.225	0.490	0.644	0.308	0.00468	0.241	0.863	0.746	0.301	0.0642	0.212	0.453	0.631	0.310	0.254	0.157	0.406	0.651	0.217
0.2	0.200	0.196	0.343	0.617	0.266	0.0421	0.204	0.586	0.710	0.255	0.259	0.184	0.325	0.598	0.273	0.764	0.126	0.338	0.672	0.168
0.1	0.964	0.176	0.143	0.577	0.218	0.341	0.176	0.298	0.657	0.208	1.446	0.169	0.090	0.560	0.212	1.539	0.148	0.167	0.602	0.171

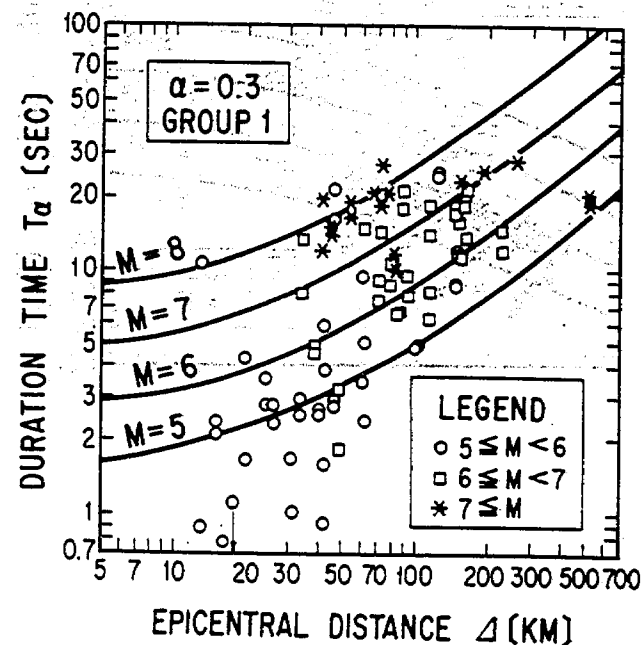
0.9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



(a) T_{a1}

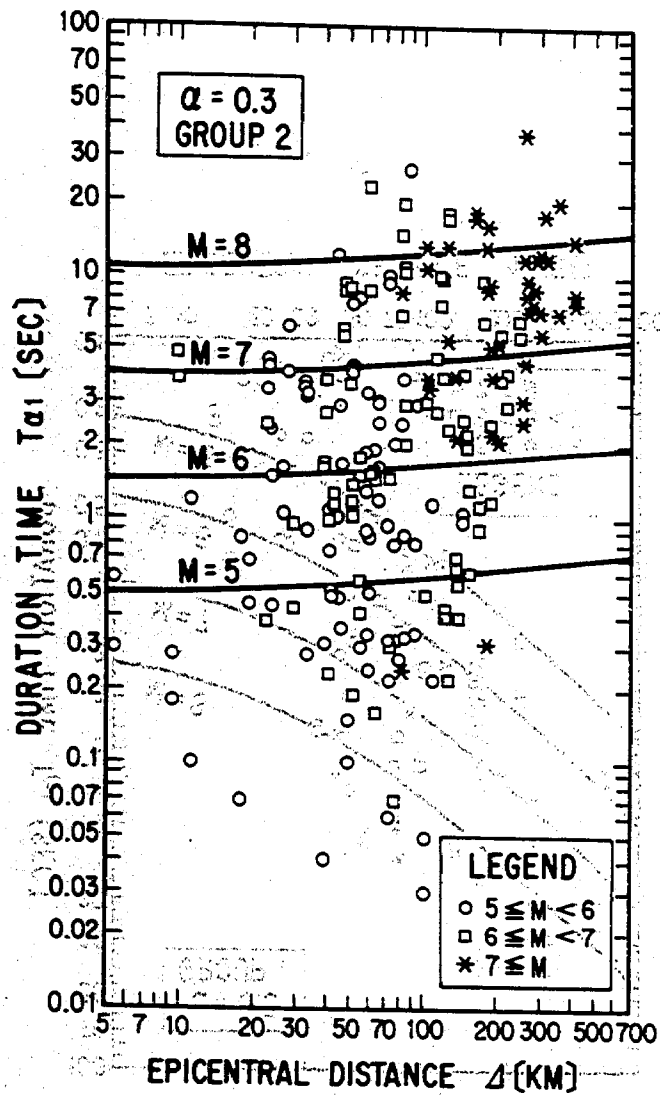


(b) T_{a2}

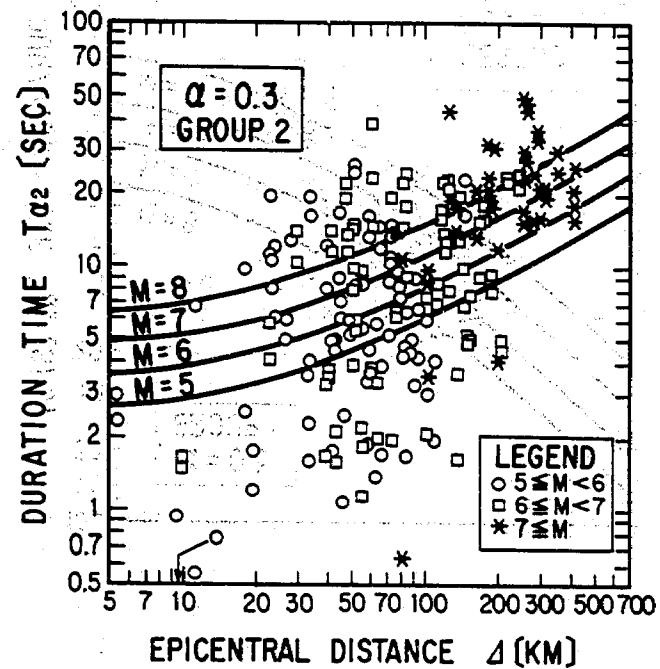


(c) T_a

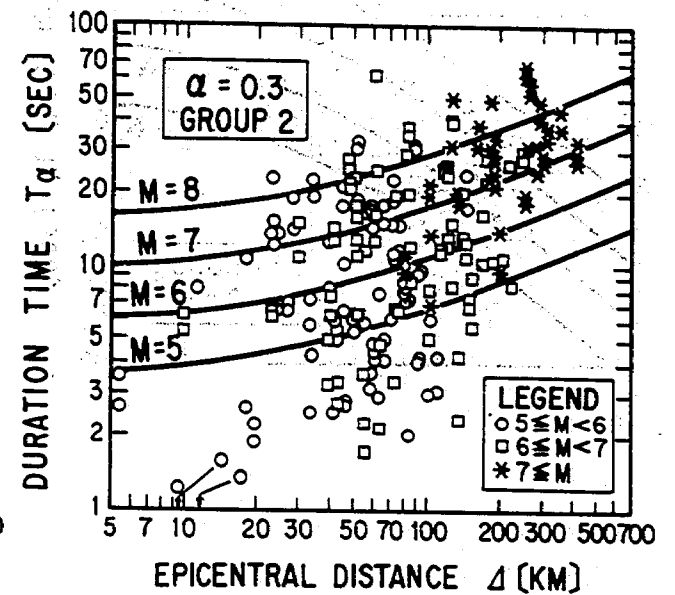
図 5-2 (1) 継続時間 T_{a1} , T_{a2} および T_a の距離減衰特性 ($\alpha = 0.3$, 1 種地盤)



(a) T_{a1}

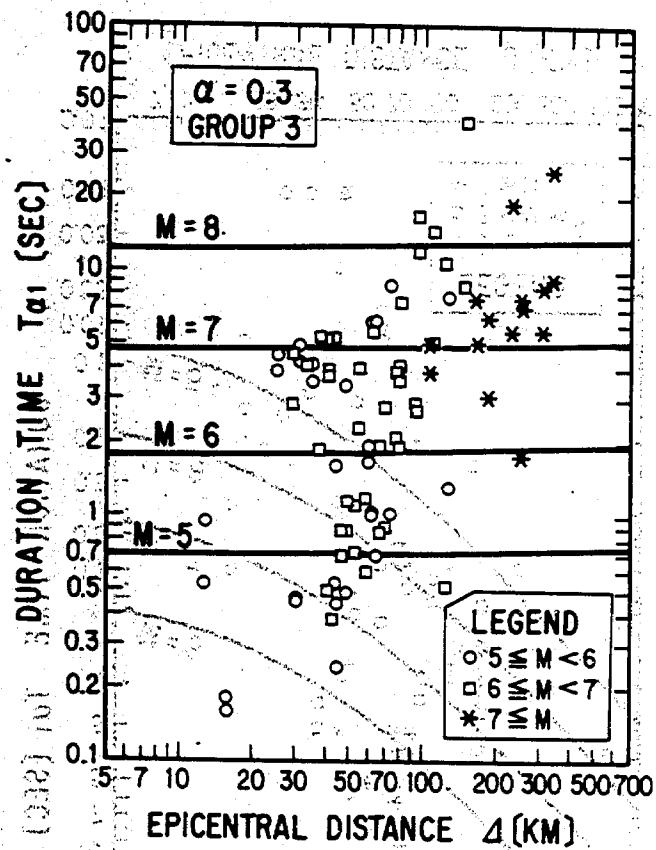


(b) T_{a2}

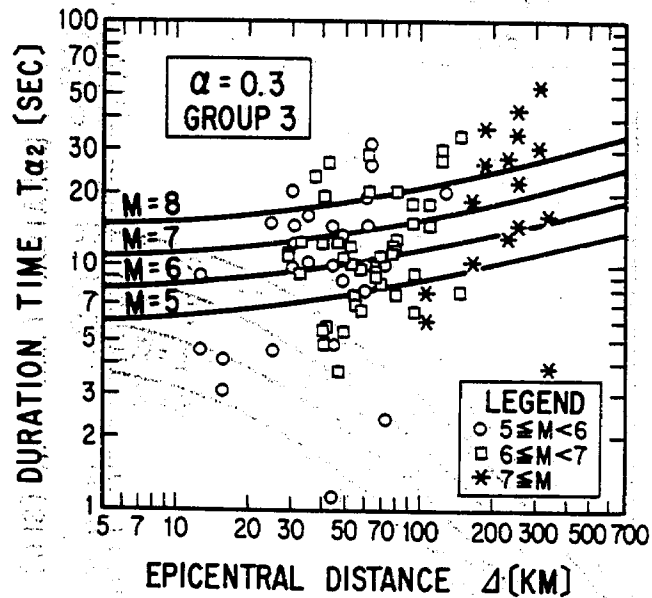


(c) T_a

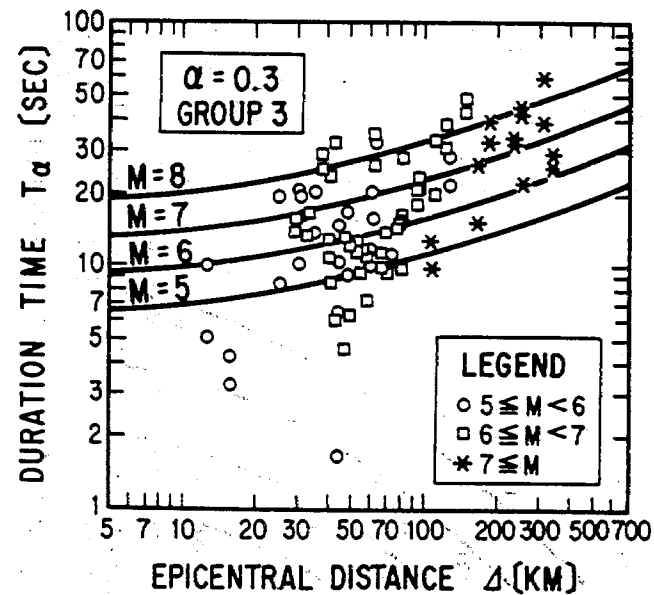
図 5 - 2 (2) 継続時間 T_{a1} , T_{a2} および T_a の距離減衰特性 ($\alpha = 0.3$, 2 種地盤)



(a) T_{a1}

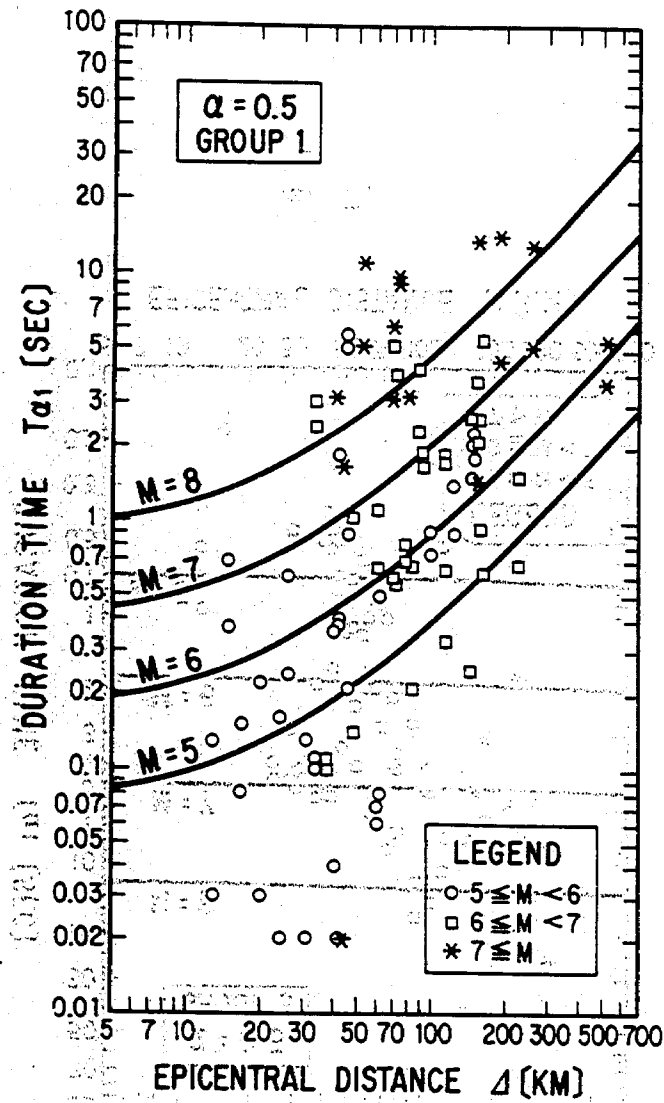


(b) T_{a2}

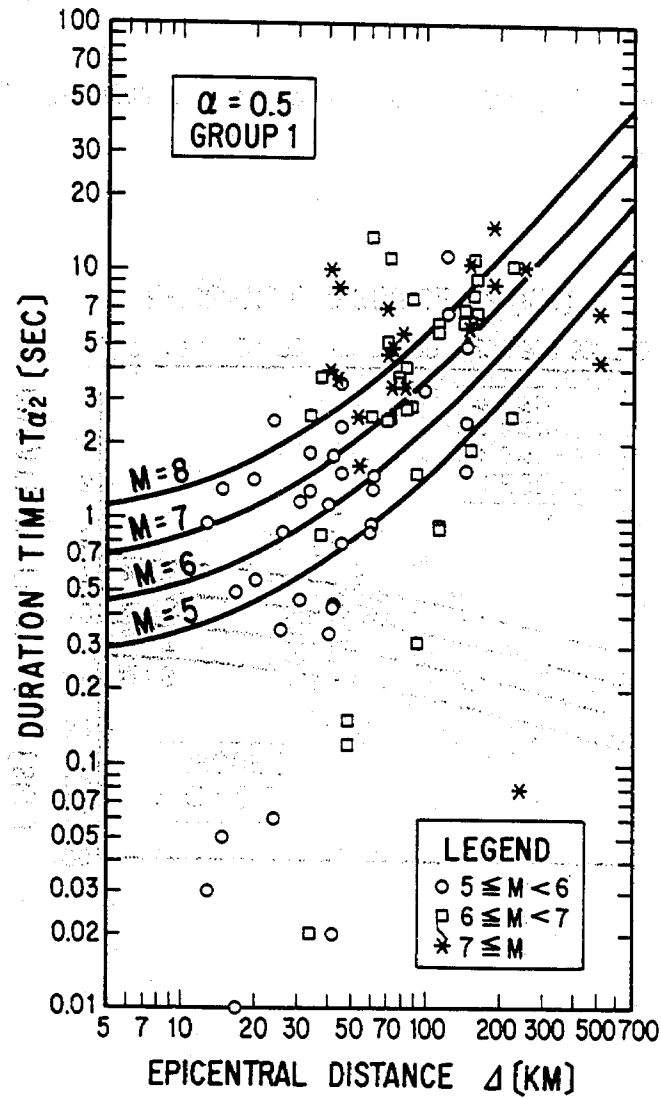


(c) T_a

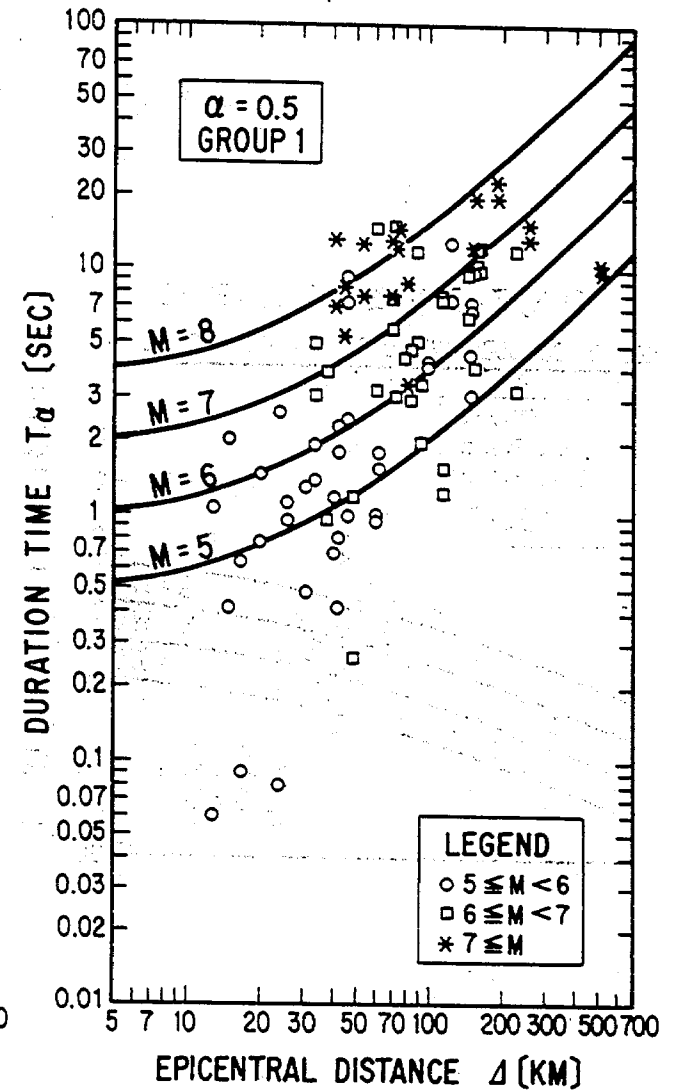
図 5 - 2 (3) 継続時間 T_{a1} , T_{a2} および T_a の距離減衰特性 ($\alpha = 0.3$, 3 種地盤)



(a) T_{a1}



(b) T_{a2}



(c) T_a

図 5 - 2 (4) 継続時間 T_{a1} , T_{a2} および T_a の距離減衰特性 ($\alpha = 0.5$, 1 種地盤)

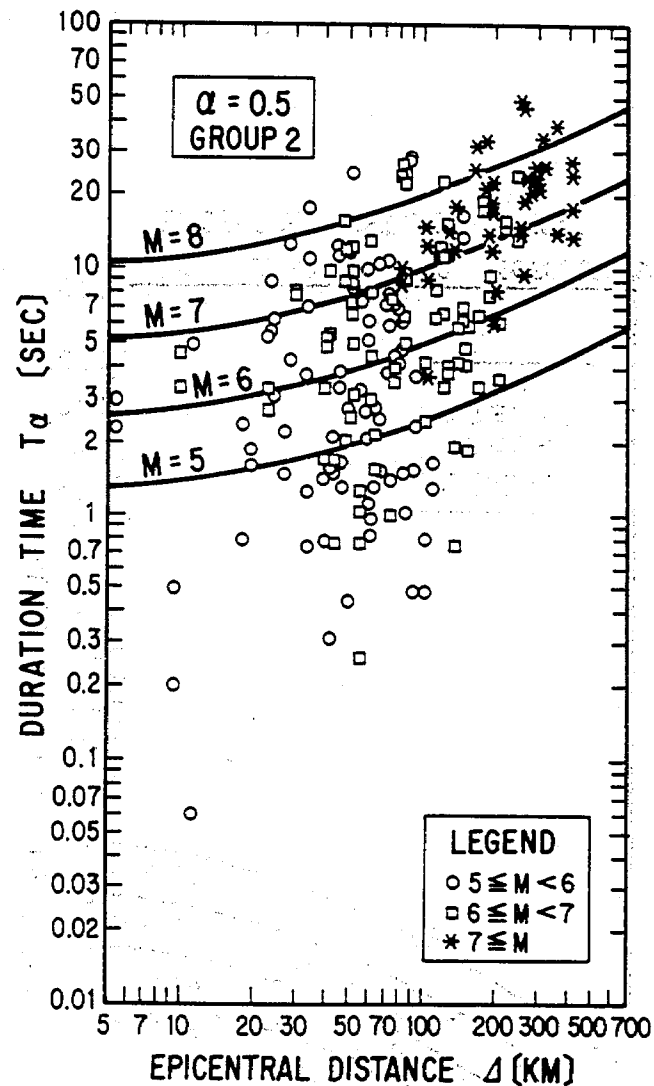
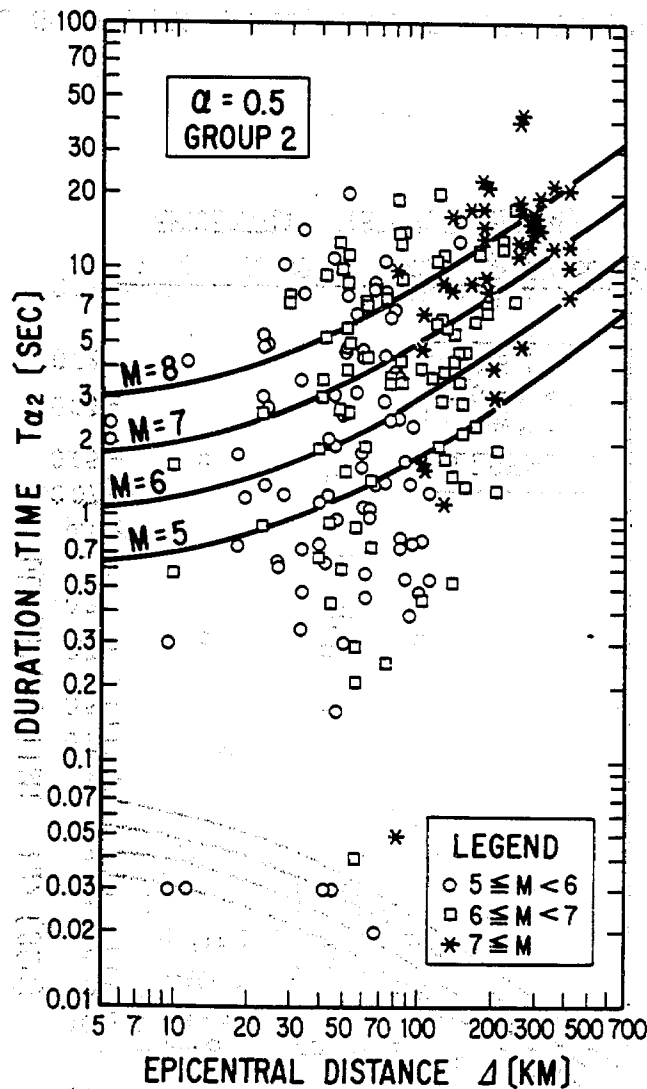
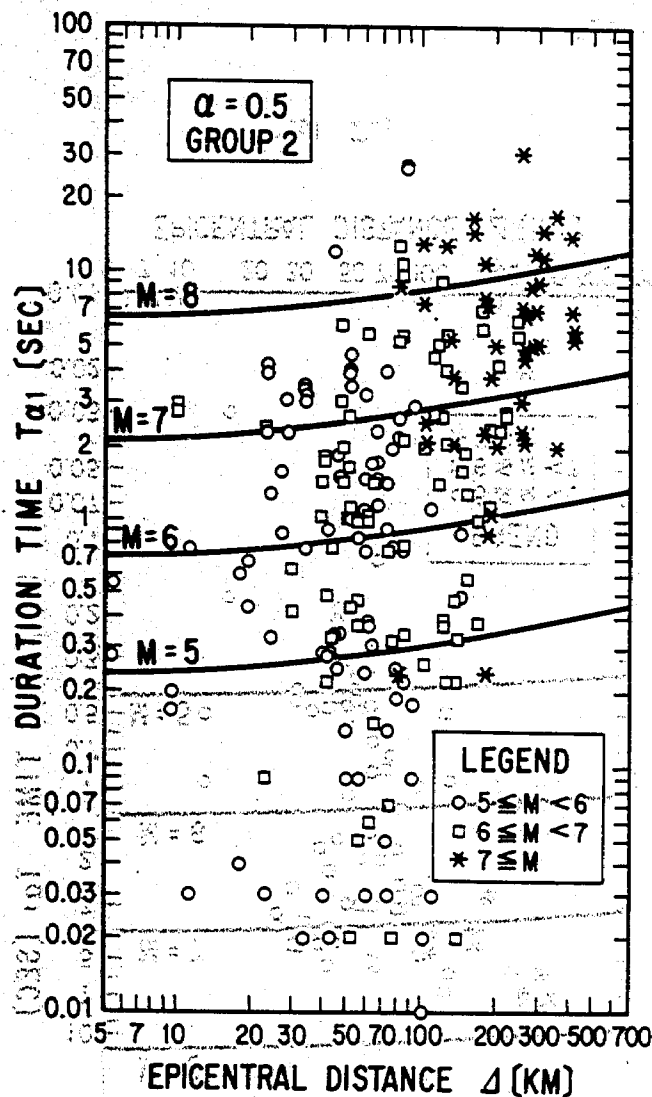
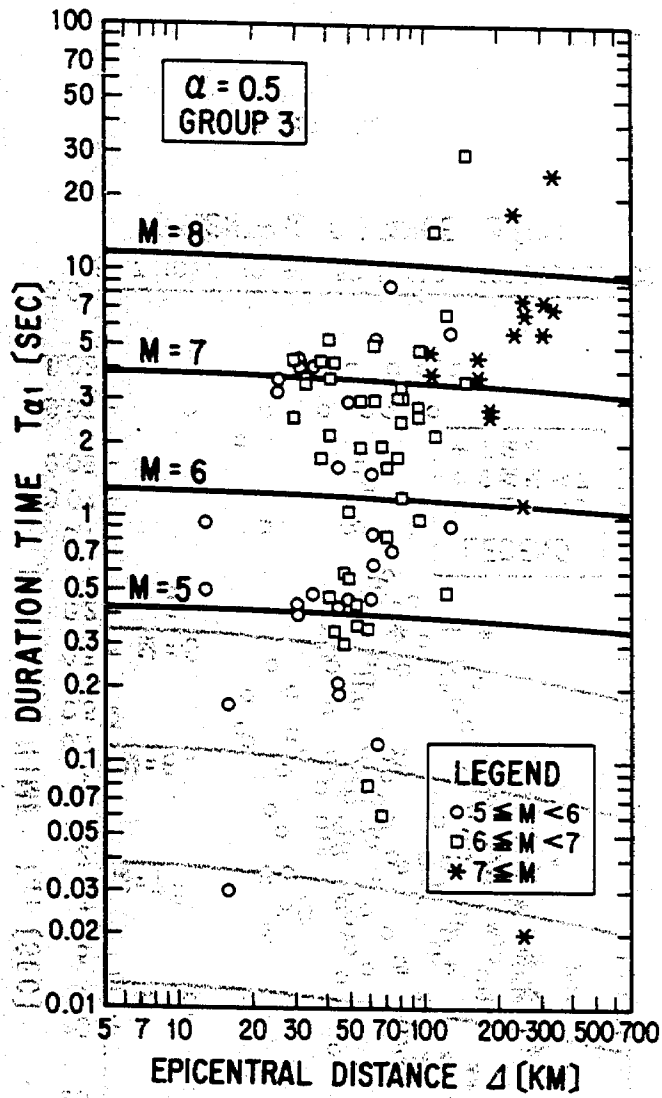
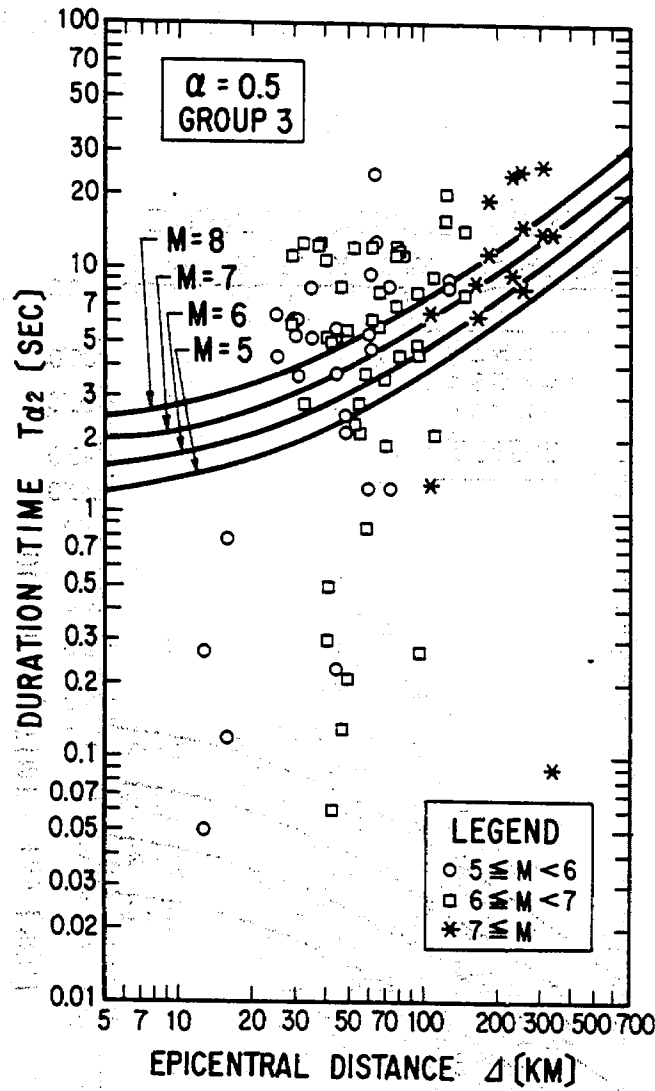


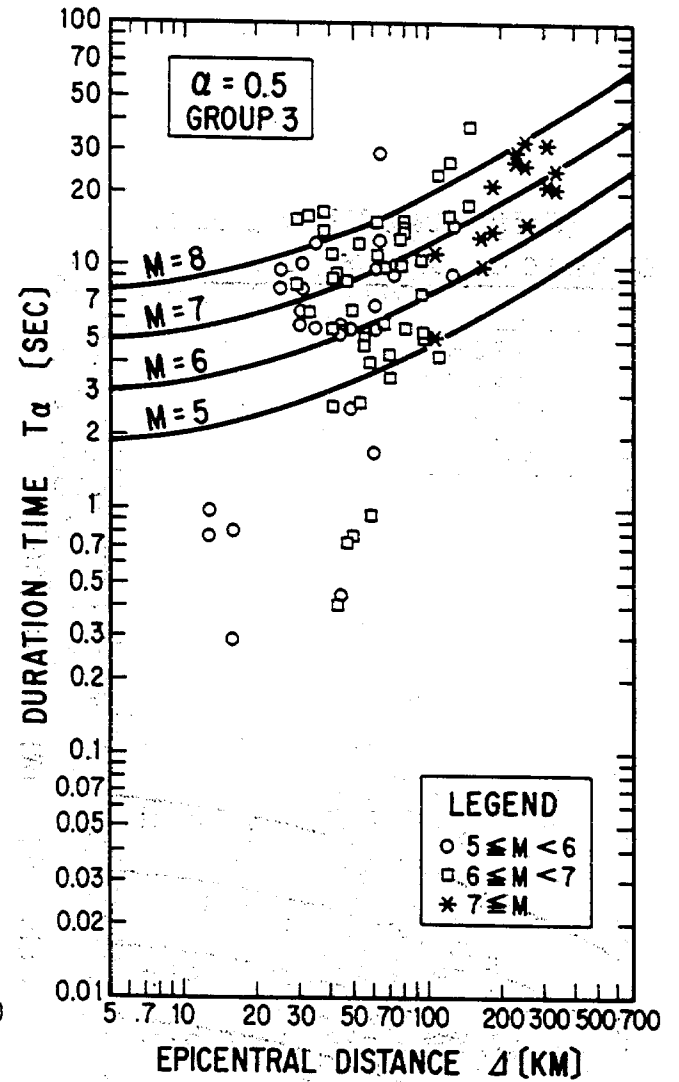
図 5-2 (5) 継続時間 T_{a1} , T_{a2} および T_a の距離減衰特性 ($\alpha = 0.5$, 2 種地盤)



(a) T_{a1}

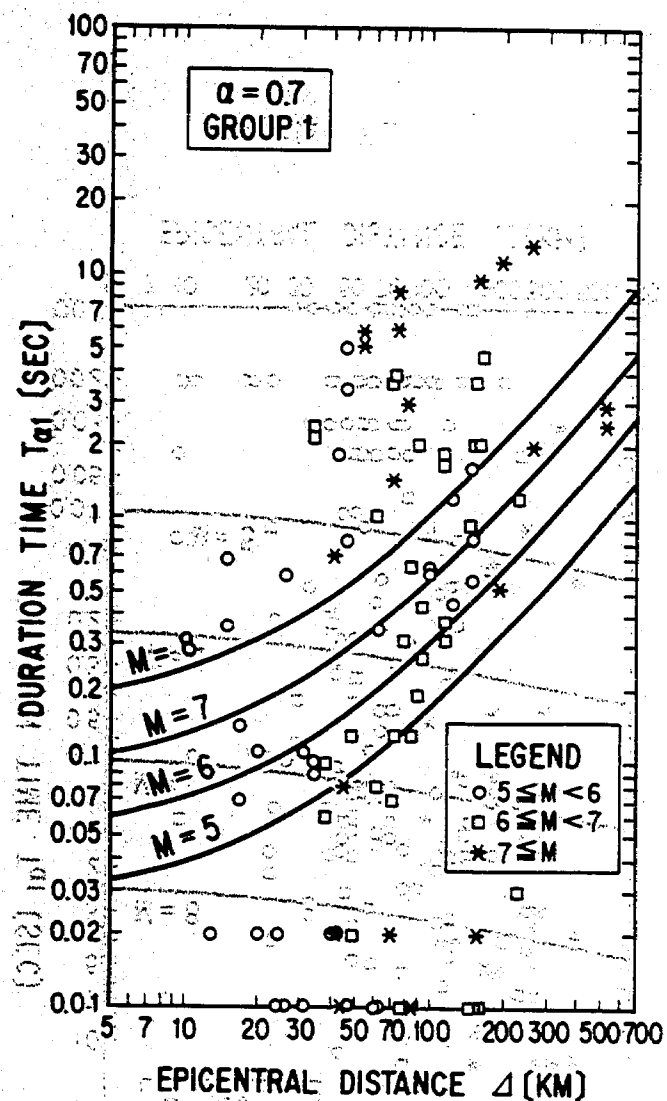


(b) T_{a2}

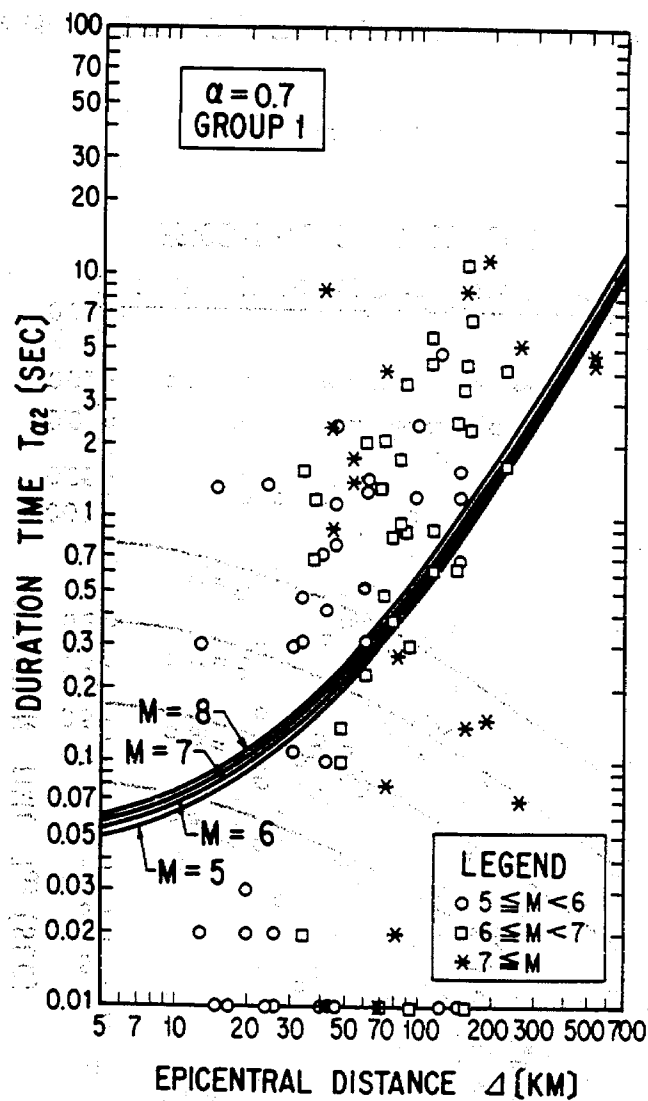


(c) T_a

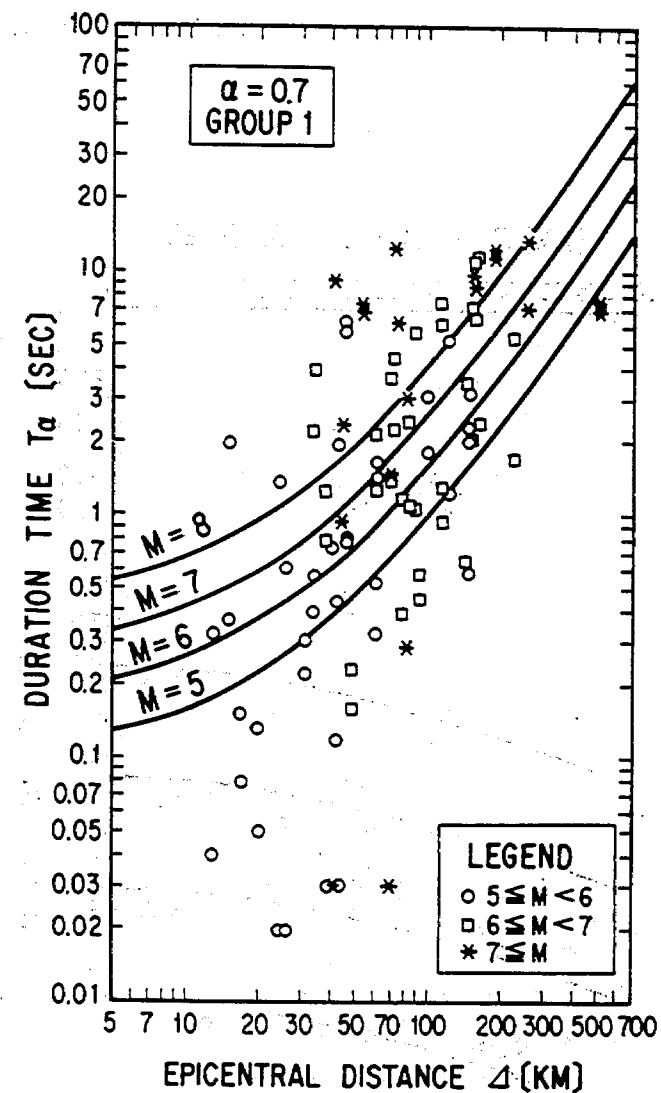
図 5-2 (6) 継続時間 T_{a1} , T_{a2} および T_a の距離減衰特性 ($\alpha = 0.5$, 3 種地盤)



(a) T_{a1}

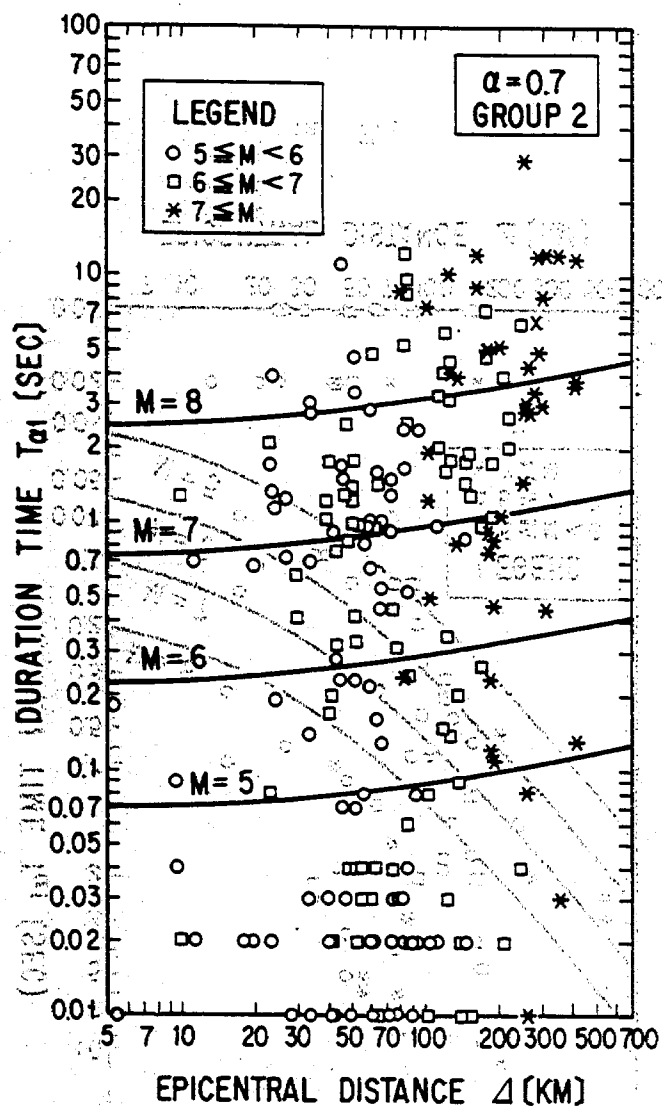


(b) T_{a2}

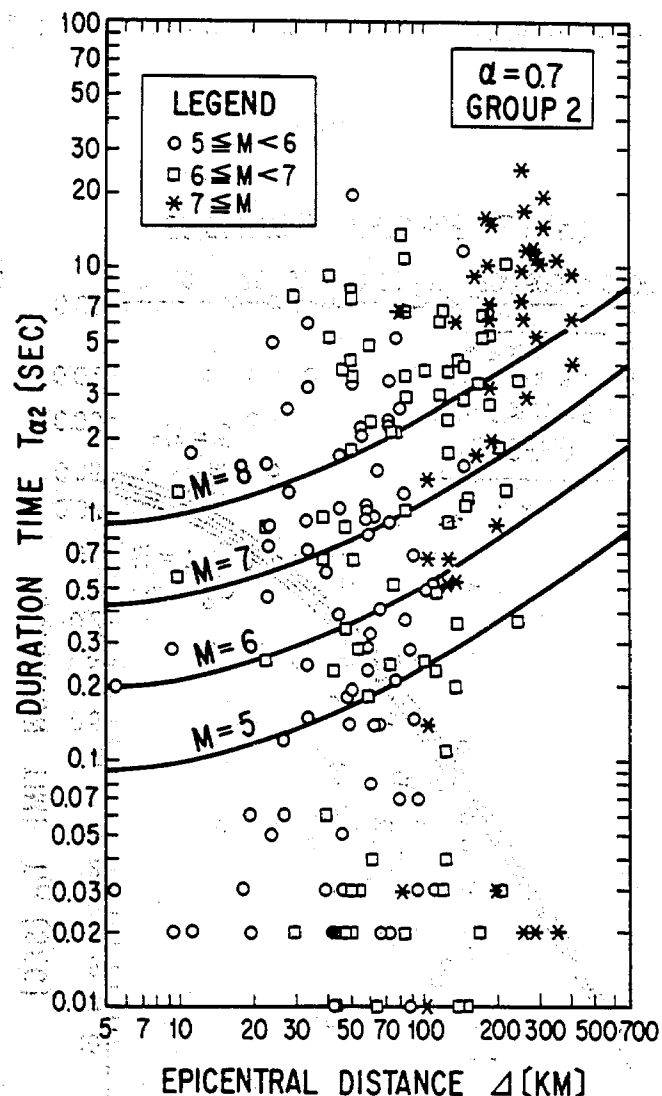


(c) T_a

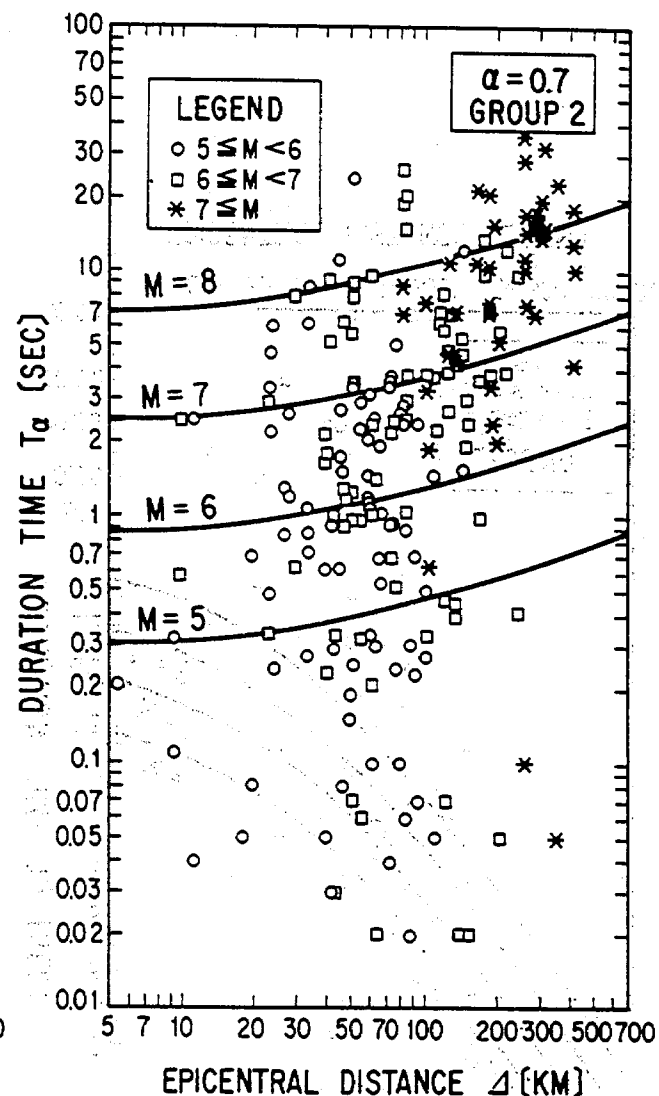
図 5-2 (7) 継続時間 T_{a1} , T_{a2} および T_a の距離減衰特性 ($\alpha = 0.7$, 1種地盤)



(a) T_{a1}

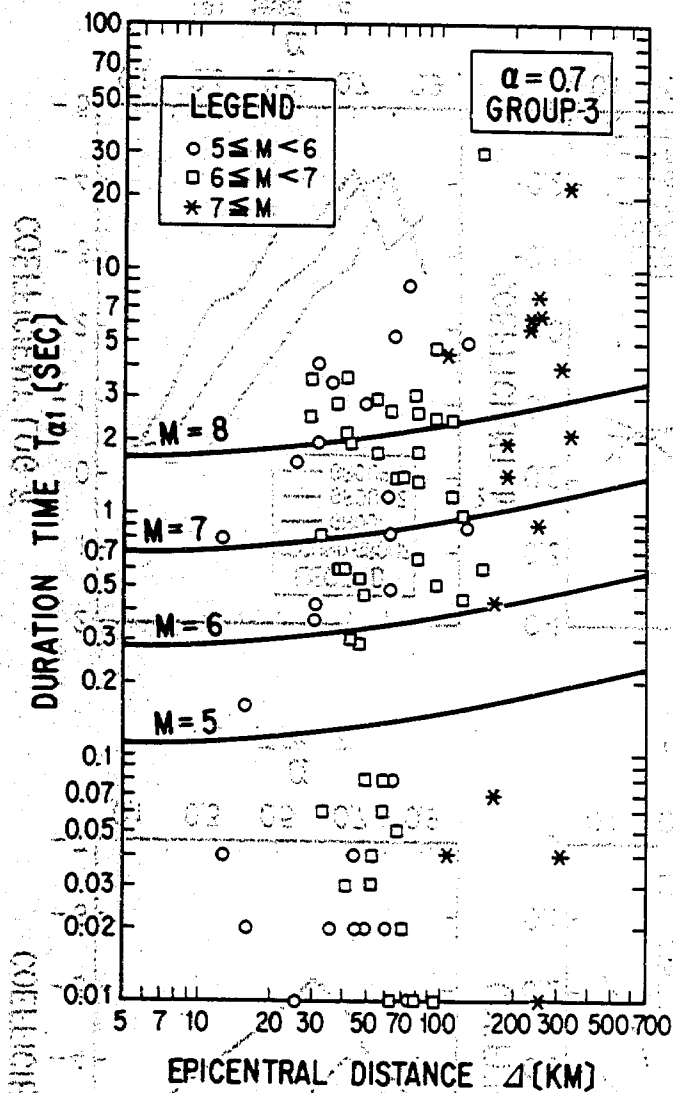


(b) T_{a2}

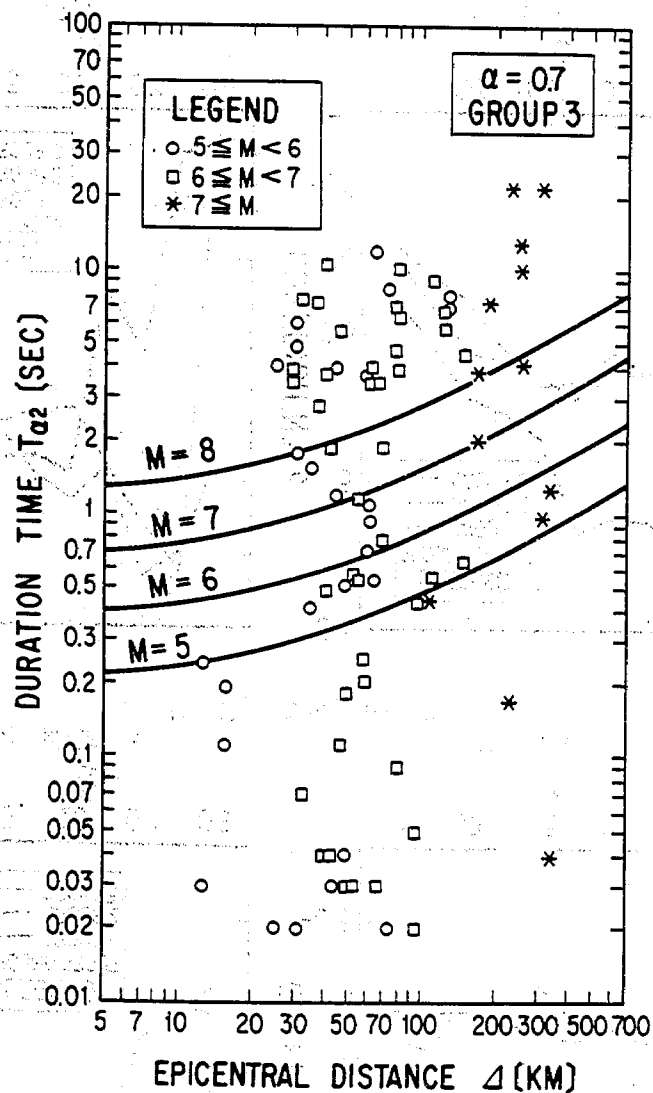


(c) T_a

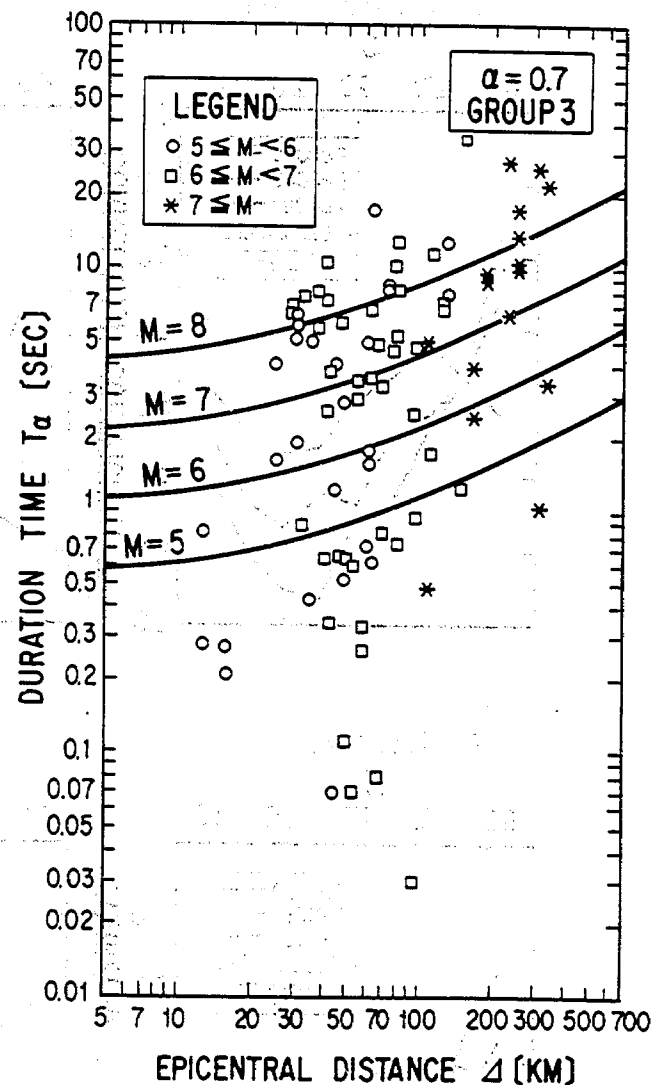
図5-2(8) 継続時間 T_{a1} , T_{a2} および T_a の距離減衰特性 ($\alpha=0.7$, 2種地盤)



(a) $T_{\alpha 1}$

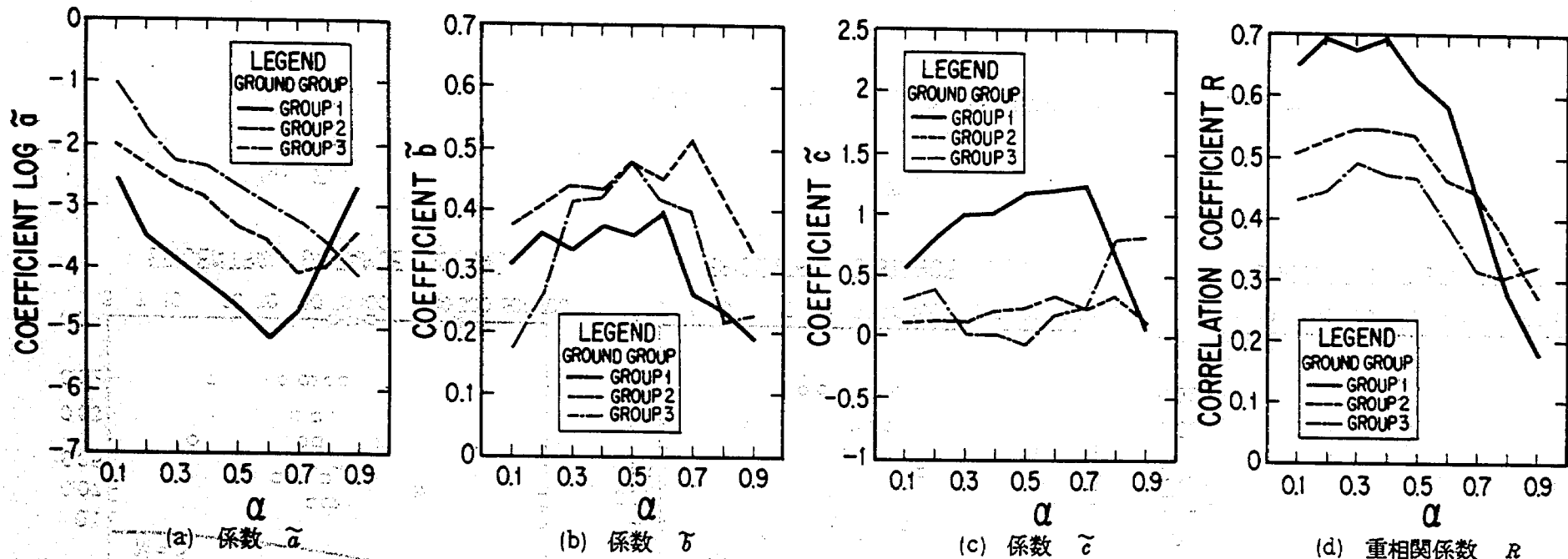


(b) $T_{\alpha 2}$

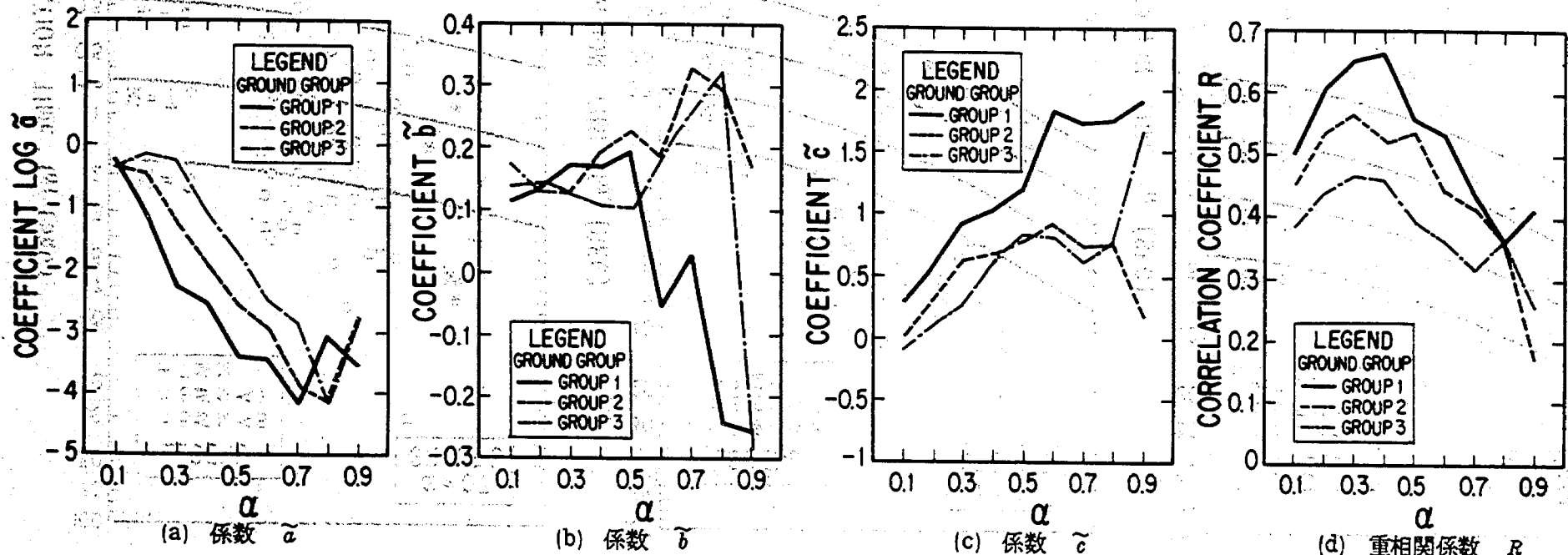


(c) T_{α}

図 5-2 (9) 継続時間 $T_{\alpha 1}$, $T_{\alpha 2}$ および T_{α} の距離減衰特性 ($\alpha = 0.7$, 3 種地盤)



(1) T_{a1} に対する係数



(2) T_{a2} に対する係数

図 5-3(1) 継続時間 T_{a1} , T_{a2} , T_a に対する係数 $\tilde{a}$, $\tilde{b}$, $\tilde{c}$ および重相関係数 R

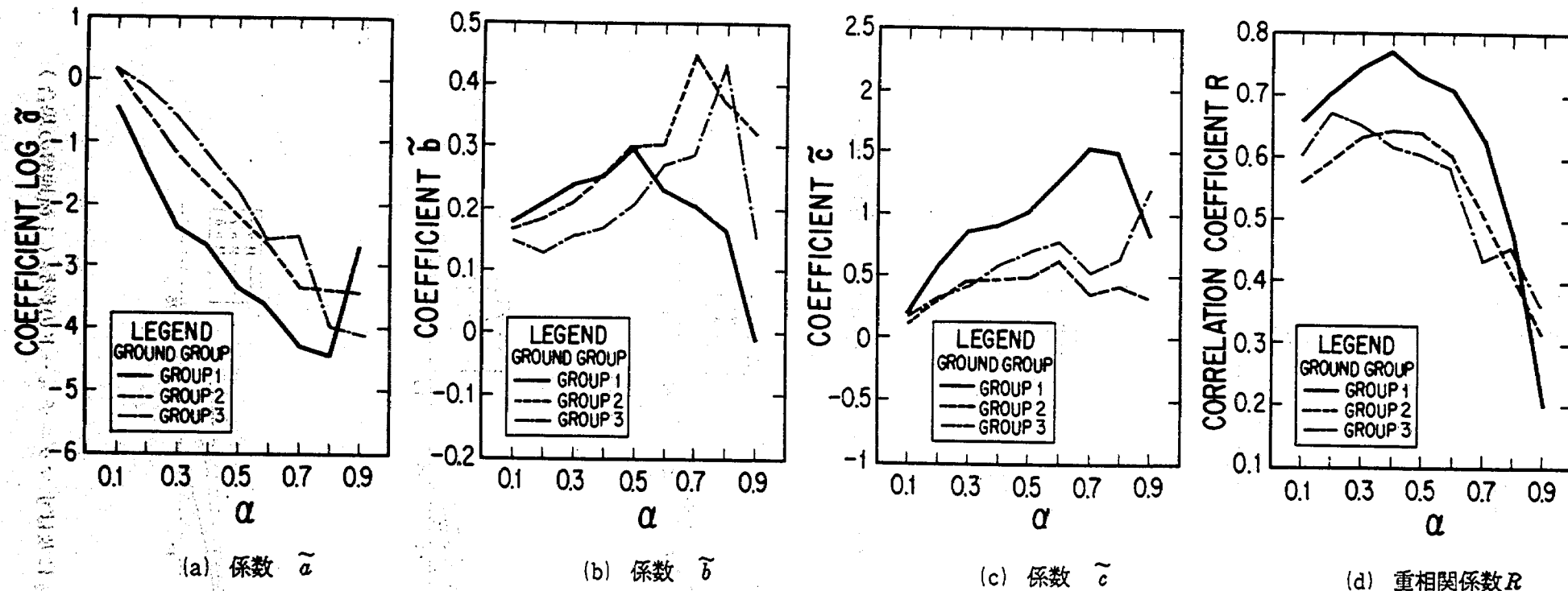
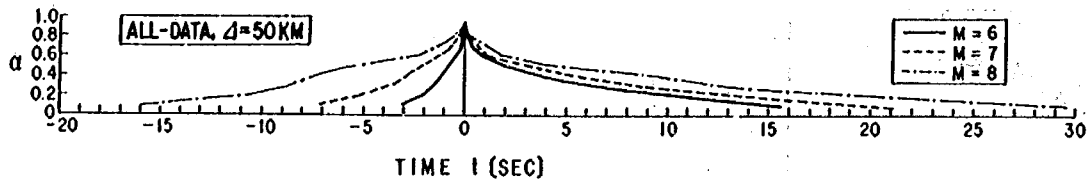
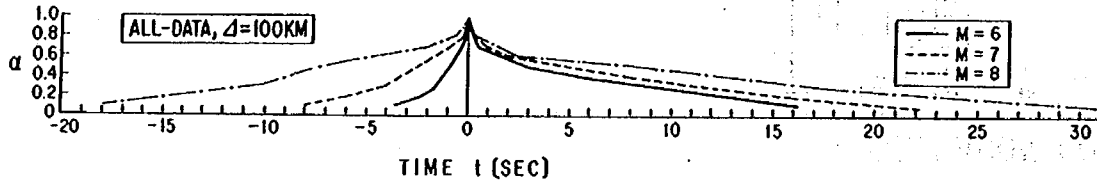


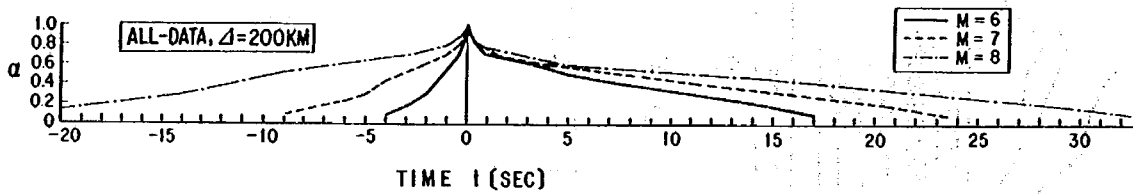
図 5-3(2) 継続時間 T_{a1} , T_{a2} , T_a に対する係数 $\tilde{a}$, $\tilde{b}$, $\tilde{c}$ および重相関係数 R



(a) $\Delta = 50 \text{ KM}$

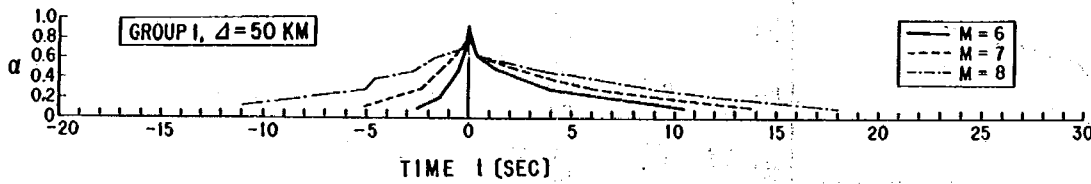


(b) $\Delta = 100 \text{ KM}$

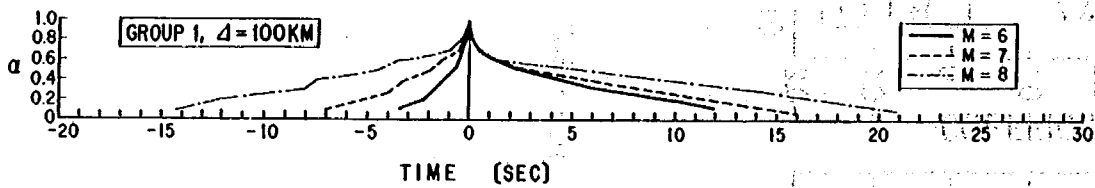


(c) $\Delta = 200 \text{ KM}$

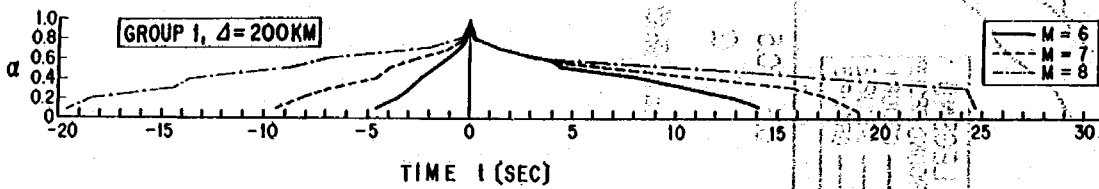
図 5-4 (1) 加速度の継続時間 T_{a1} および T_{a2} に及ぼすマグニチュードの影響 (全地盤種別)



(a) $\Delta = 50 \text{ KM}$

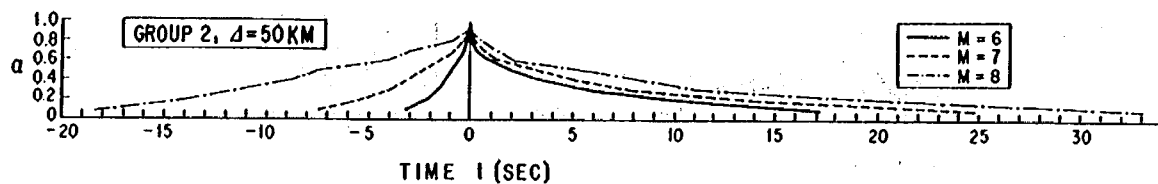


(b) $\Delta = 100 \text{ KM}$

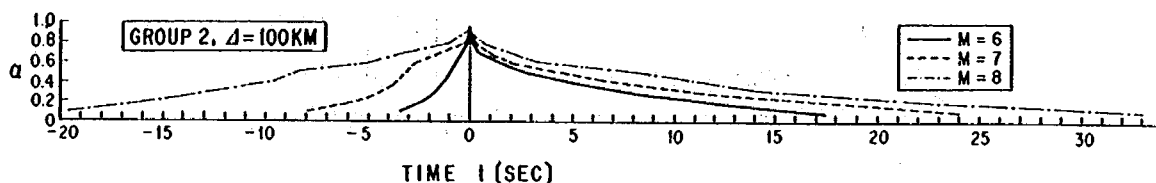


(c) $\Delta = 200 \text{ KM}$

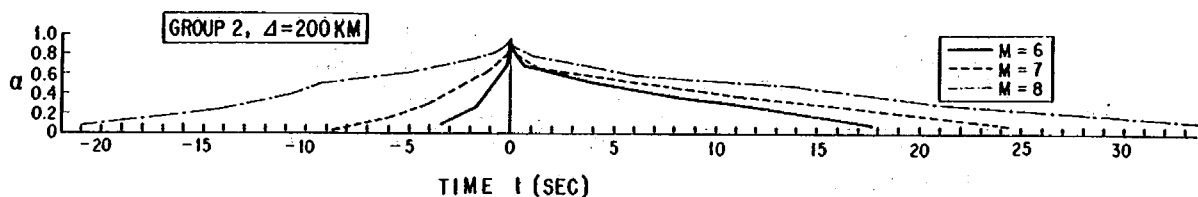
図 5-4 (2) 加速度の継続時間 T_{a1} および T_{a2} に及ぼすマグニチュードの影響 (1種地盤の場合)



(a) $\Delta = 50 \text{ KM}$

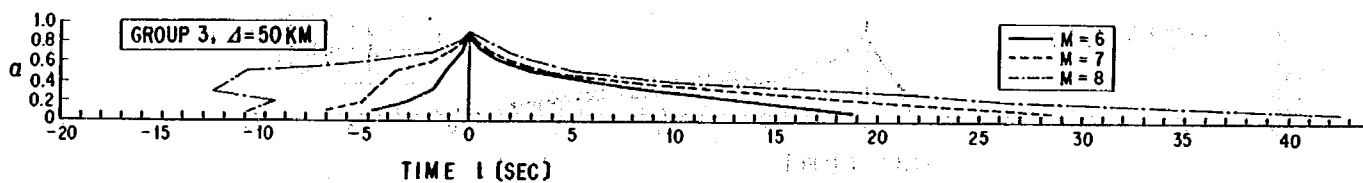


(b) $\Delta = 100 \text{ KM}$

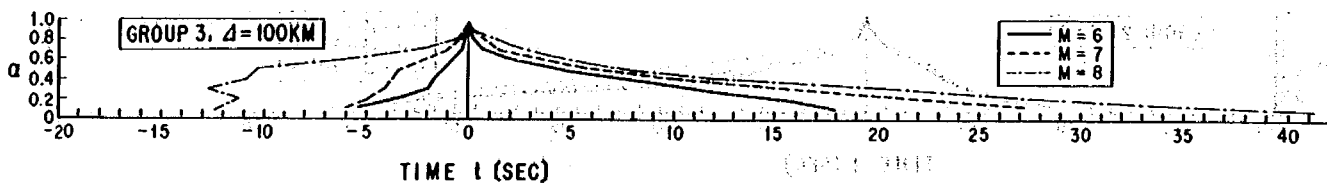


(c) $\Delta = 200 \text{ KM}$

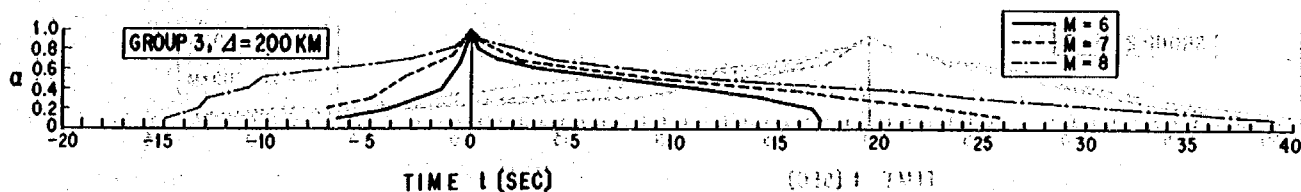
図 5-4 (3) 加速度の継続時間 T_{a1} および T_{a2} に及ぼすマグニチュードの影響 (2 種地盤の場合)



(a) $\Delta = 50 \text{ KM}$

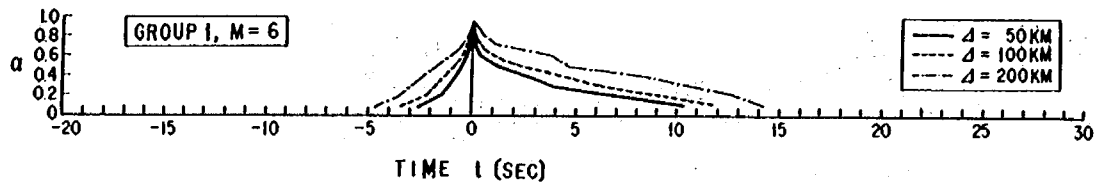


(b) $\Delta = 100 \text{ KM}$

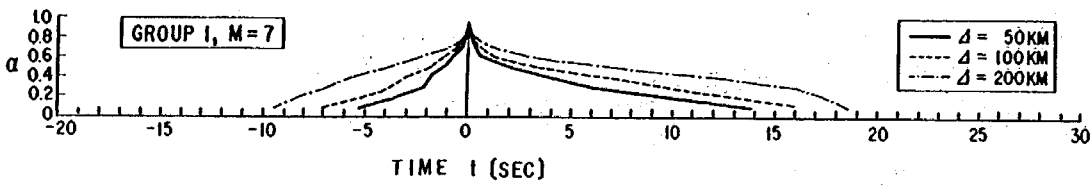


(c) $\Delta = 200 \text{ KM}$

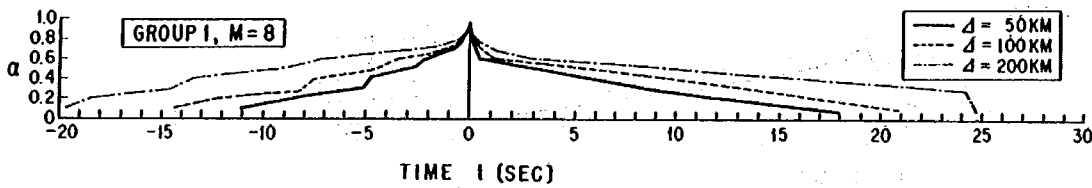
図 5-4 (4) 加速度の継続時間 T_{a1} および T_{a2} に及ぼすマグニチュードの影響 (3 種地盤の場合)



(a) $M = 6$

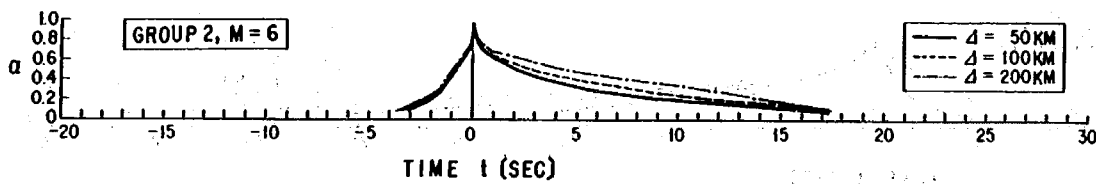


(b) $M = 7$

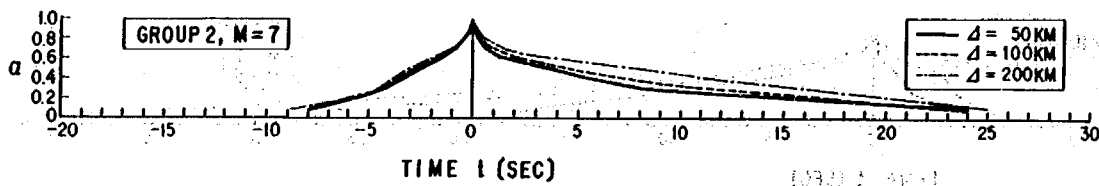


(c) $M = 8$

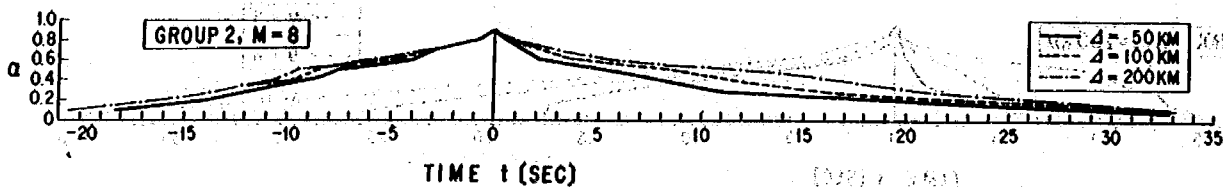
図 5-5 (1) 加速度の継続時間 T_{a1} および T_{a2} に及ぼす震央距離 Δ の影響 (1 種地盤の場合)



(a) $M = 6$

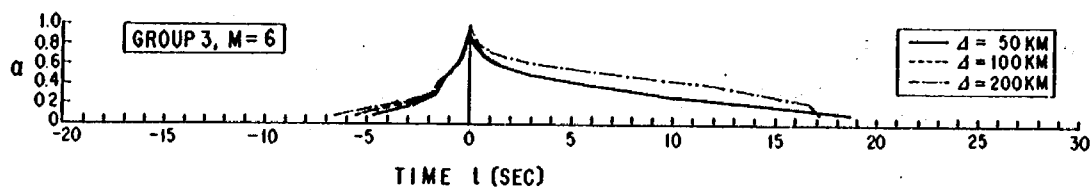


(b) $M = 7$

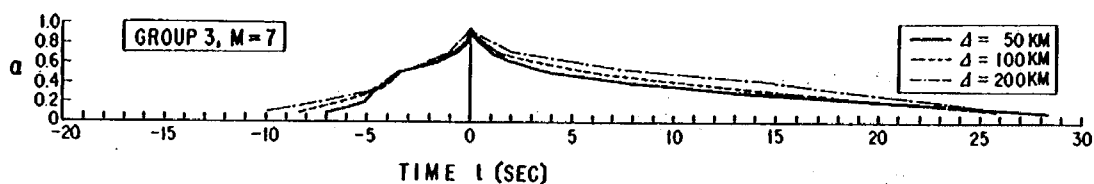


(c) $M = 8$

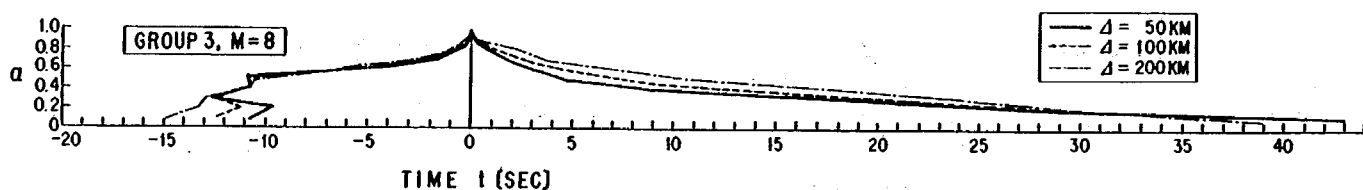
図 5-5 (2) 加速度の継続時間 T_{a1} および T_{a2} に及ぼす震央距離 Δ の影響 (2 種地盤の場合)



(a) $M = 6$

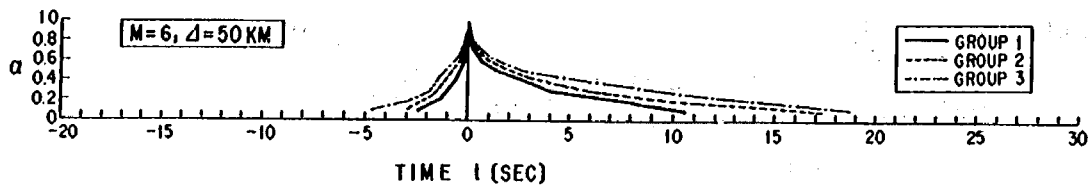


(b) $M = 7$

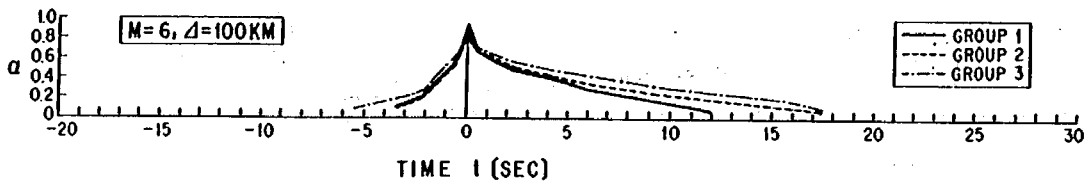


(c) $M = 8$

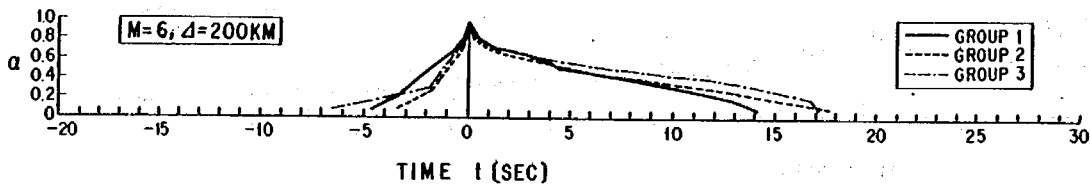
図 5-5 (3) 加速度の継続時間 T_{d1} および T_{d2} に及ぼす震央距離 Δ の影響 (3 種地盤の場合)



(a) $\Delta = 50 \text{ KM}$

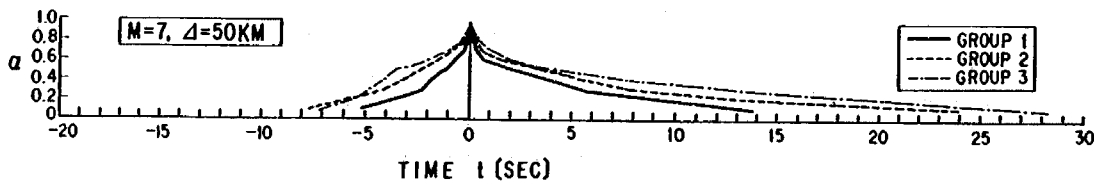


(b) $\Delta = 100 \text{ KM}$

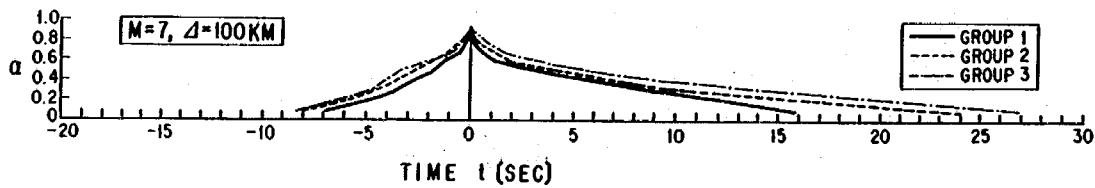


(c) $\Delta = 200 \text{ KM}$

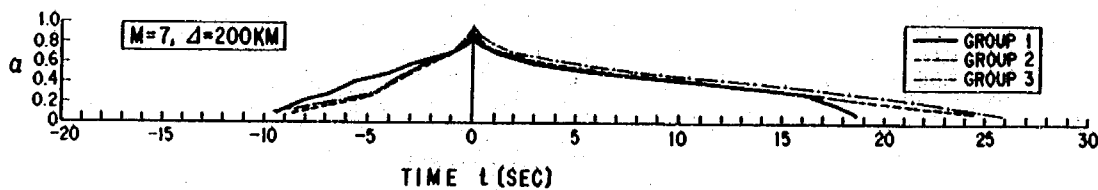
図5-6(1) 加速度の継続時間 T_{a1} および T_{a2} に及ぼす地盤種別の影響 ($M=6$ の場合)



(a) $\Delta = 50 \text{ KM}$

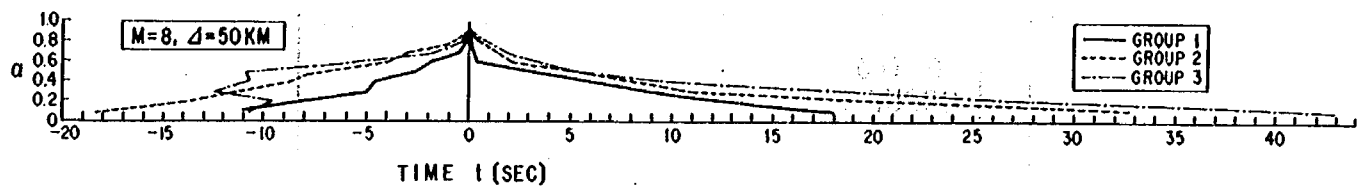


(b) $\Delta = 100 \text{ KM}$

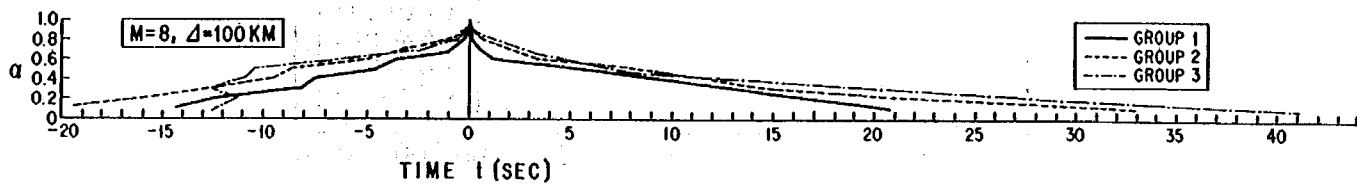


(c) $\Delta = 200 \text{ KM}$

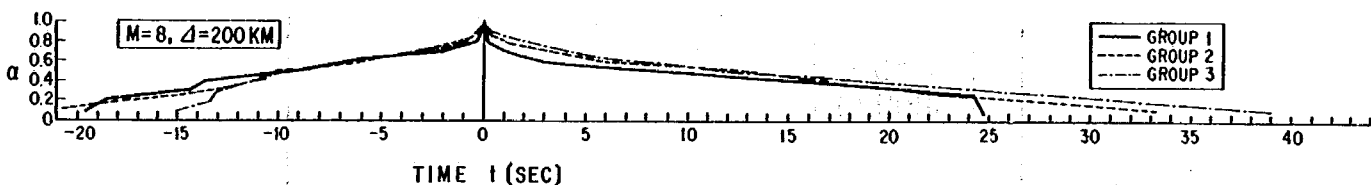
図5-6(2) 加速度の継続時間 T_{a1} および T_{a2} に及ぼす地盤種別の影響 ($M=7$ の場合)



(a) $\Delta = 50 \text{ KM}$

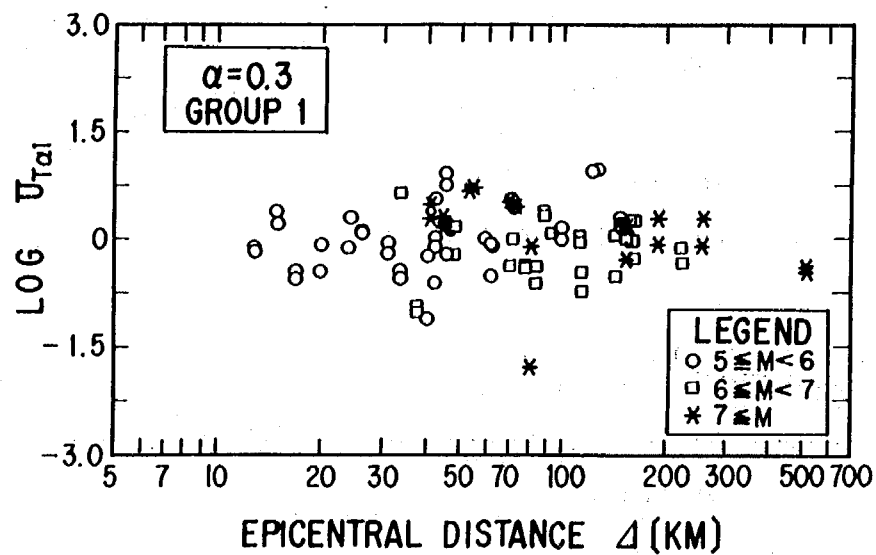


(b) $\Delta = 100 \text{ KM}$

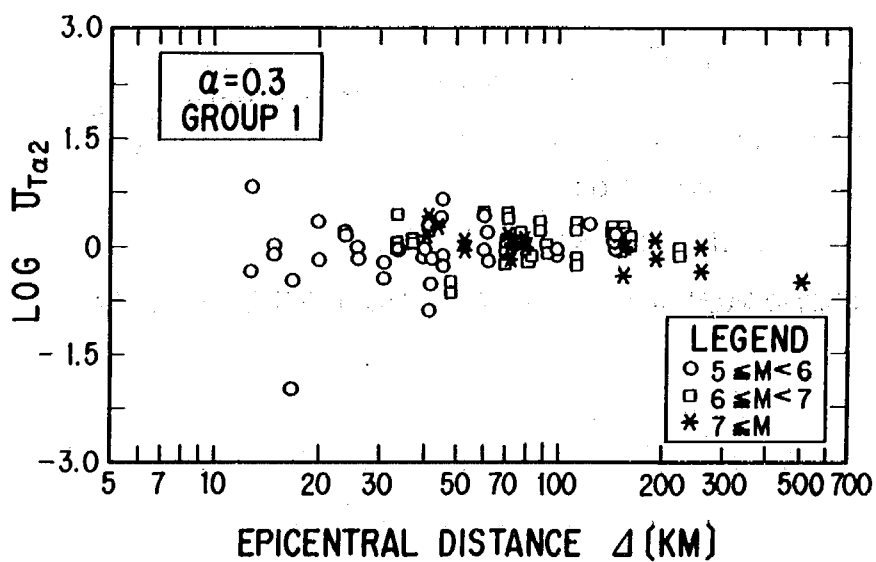


(c) $\Delta = 200 \text{ KM}$

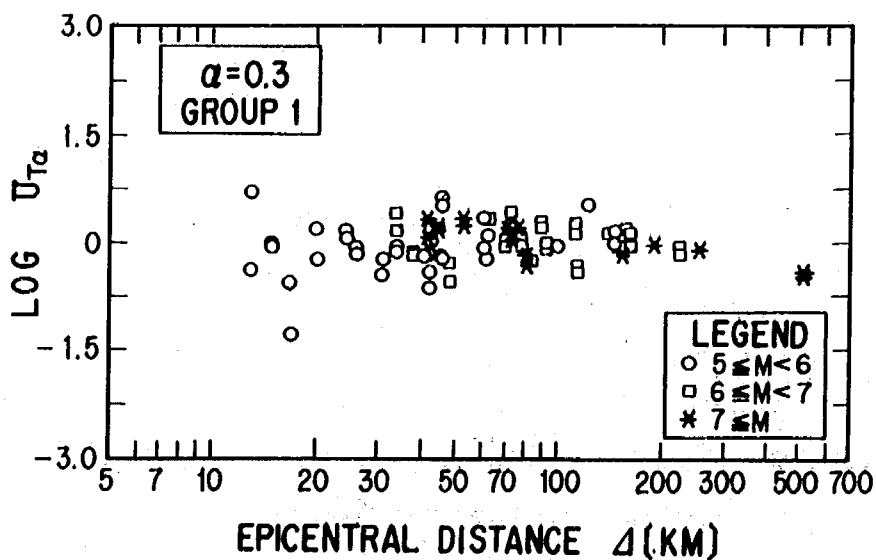
図 5-6 (3) 加速度の継続時間 T_{a1} および T_{a2} に及ぼす地盤種別の影響 ($M=8$ の場合)



(a) U_{Ta1}

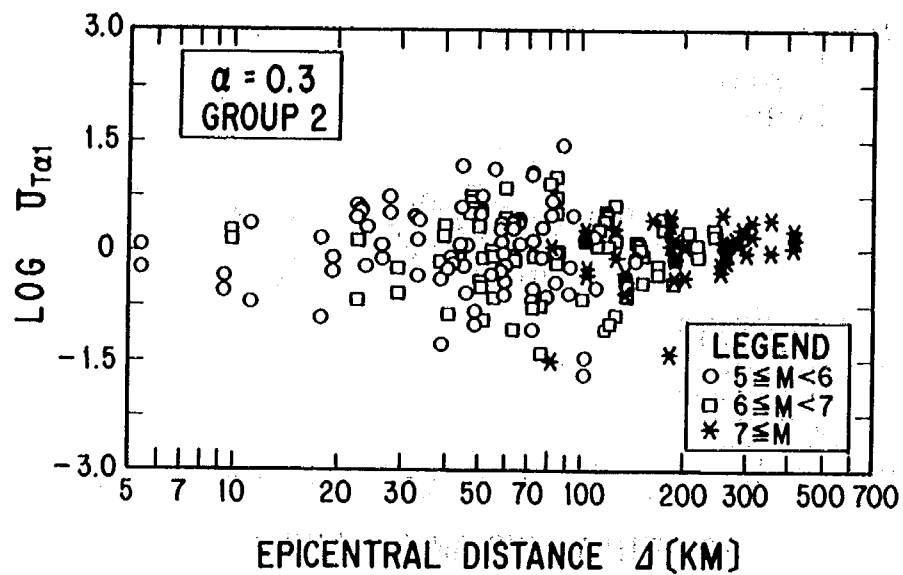


(b) U_{Ta2}

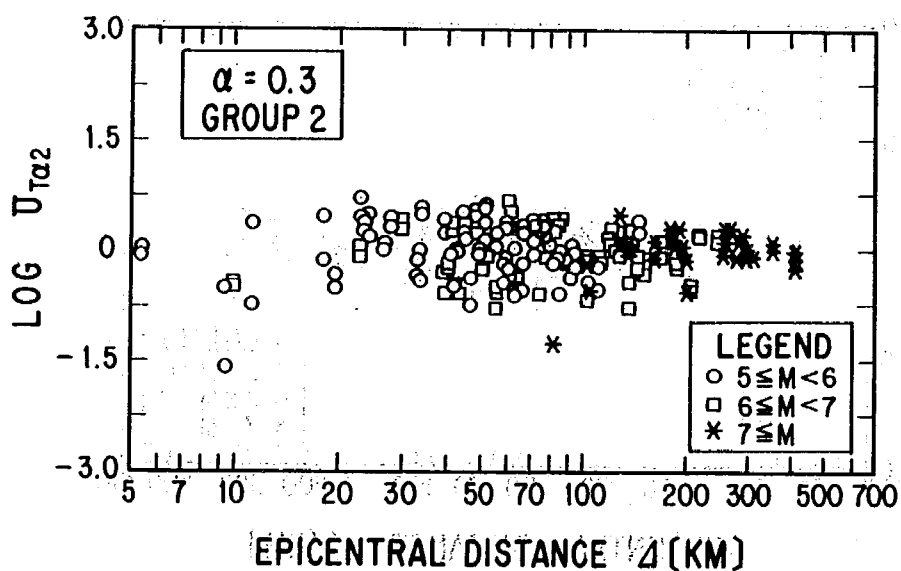


(c) U_{Ta}

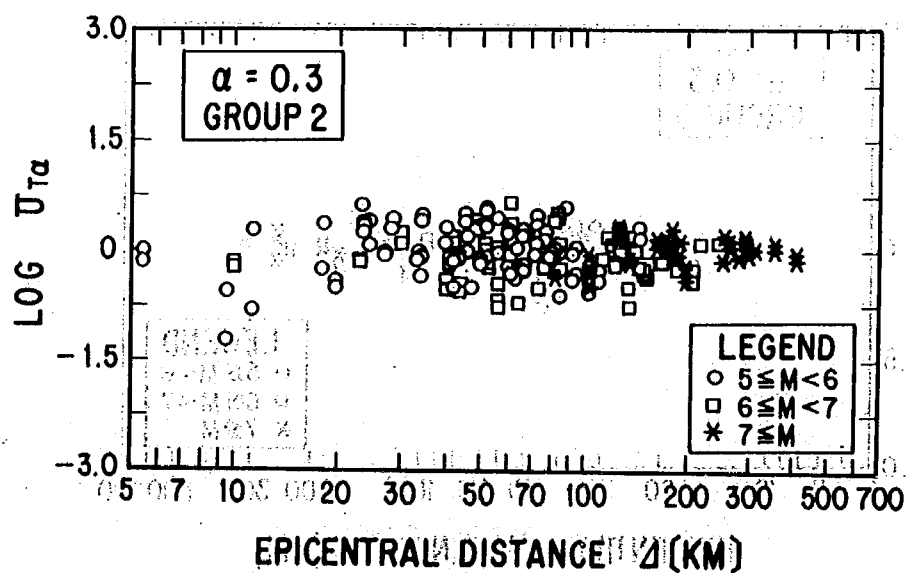
図 5-7 (1) $\text{Log } U_{Ta1}$, $\text{Log } U_{Ta2}$, $\text{Log } U_a \sim \Delta \sim M$ の関係 ($\alpha = 0.3$, 1種地盤)



(a) U_{Ta1}

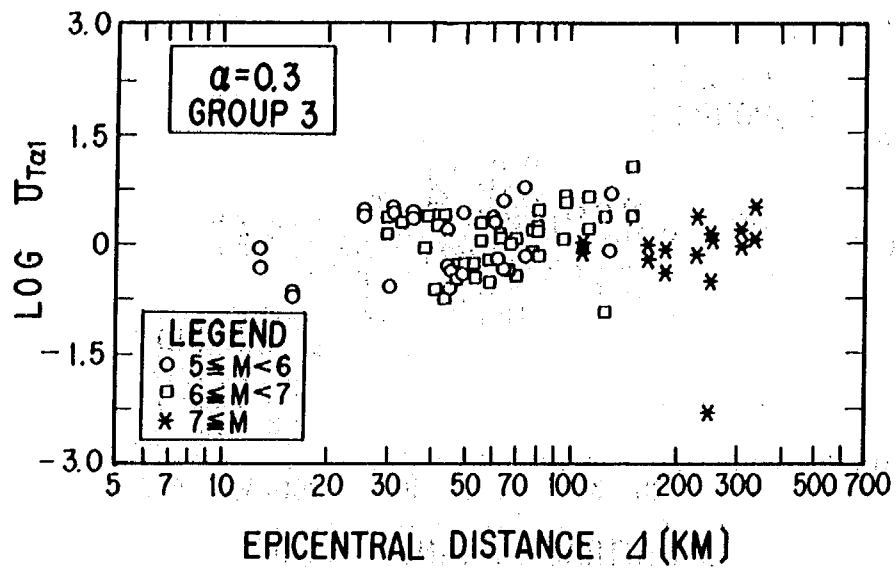


(b) U_{Ta2}

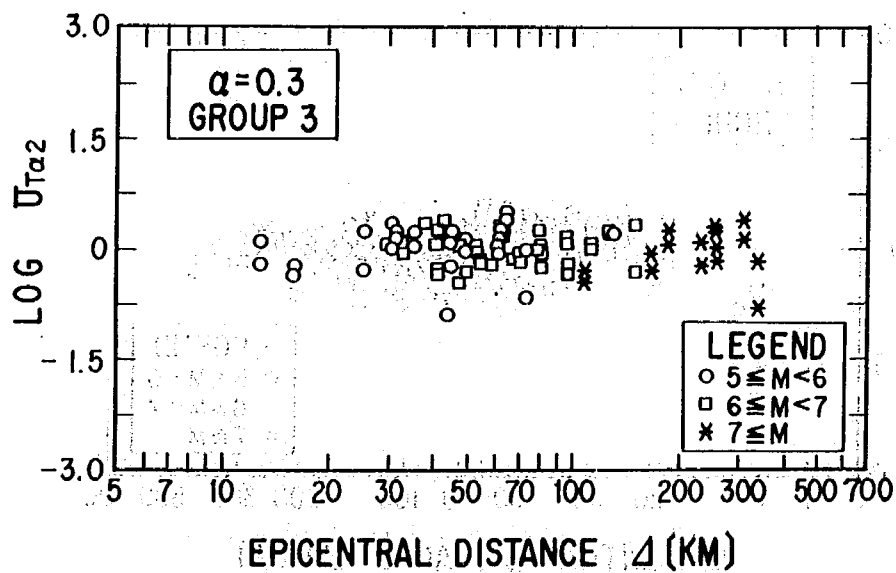


(c) U_{Ta}

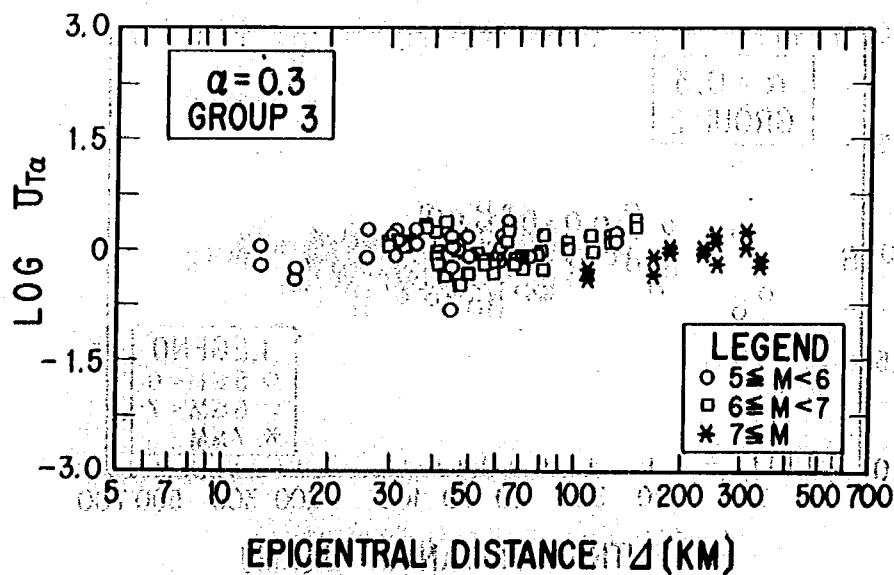
図 5-7 (2) $\text{Log } U_{Ta1}$, $\text{Log } U_{Ta2}$, $\text{Log } U_{Ta} \sim \Delta \sim M$ の関係 ($\alpha = 0.3$, 2 種地盤)



(a) U_{Ta1}

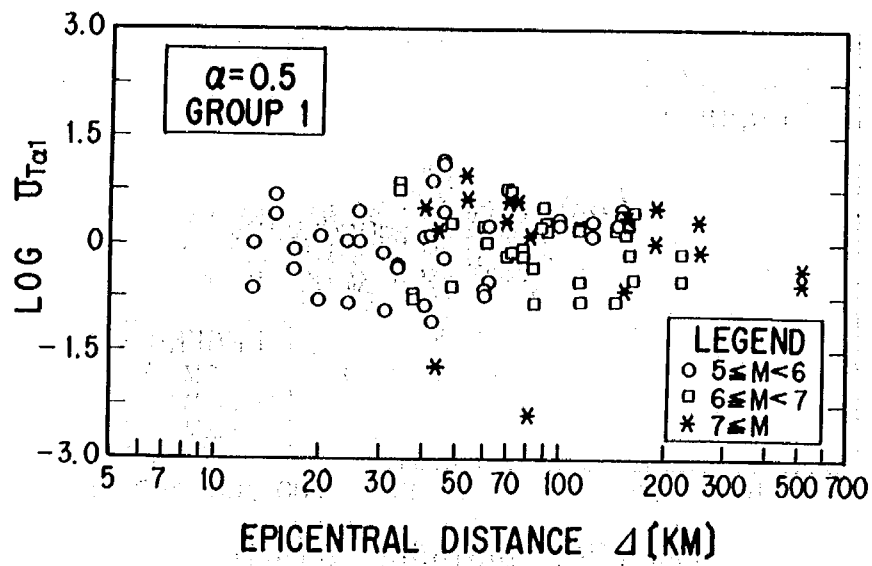


(b) U_{Ta2}

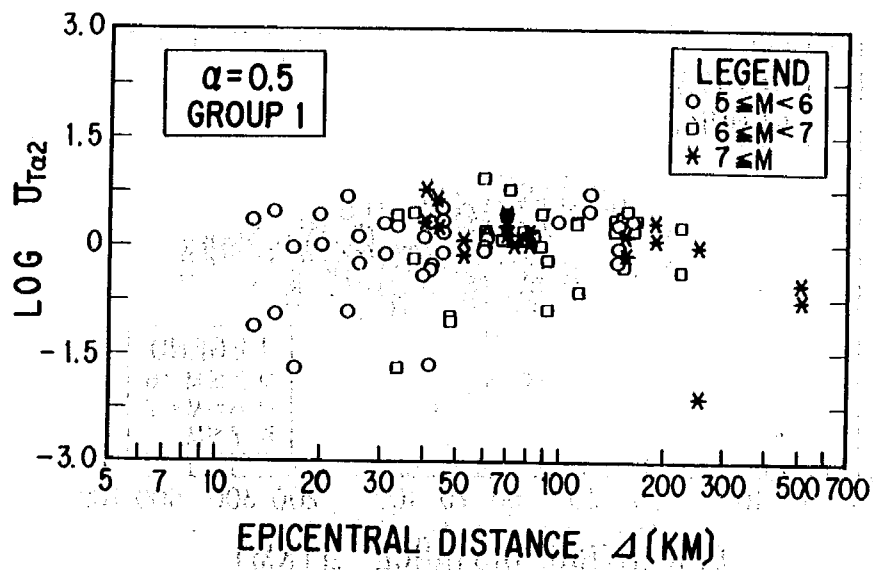


(c) U_{Ta}

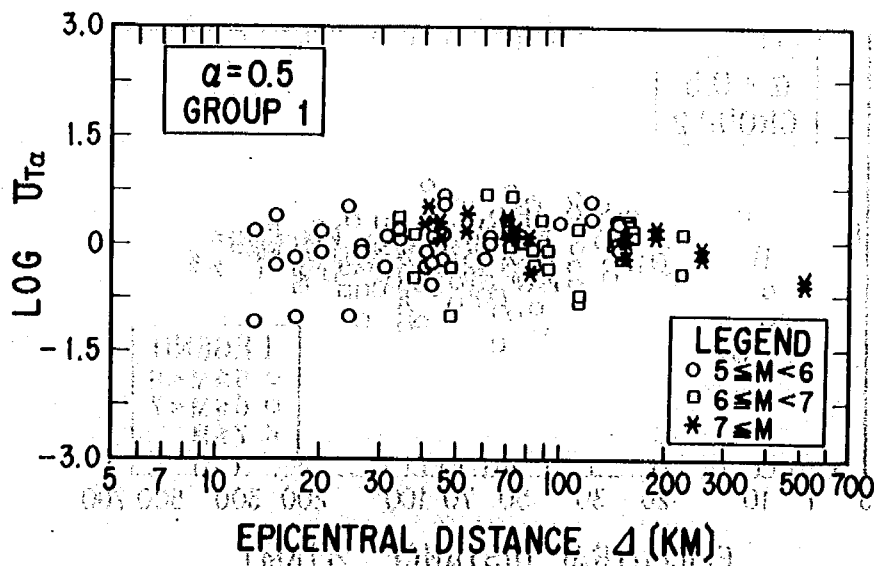
図5-7(3) $\text{Log } U_{Ta1}$, $\text{Log } U_{Ta2}$, $\text{Log } U_{Ta}$ vs $\Delta \sim M$ の関係 ($\alpha = 0.3$, 3種地盤)



(a) U_{Ta1}

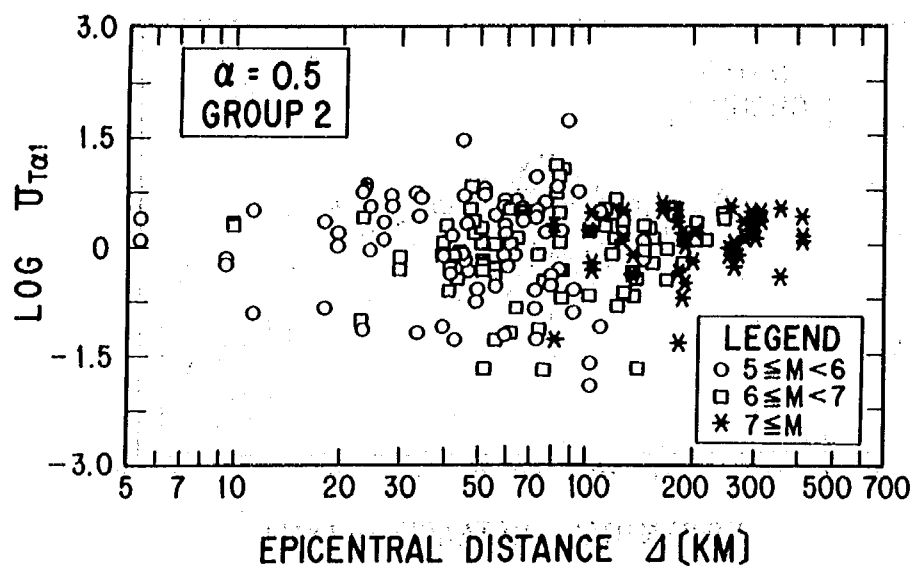


(b) U_{Ta2}

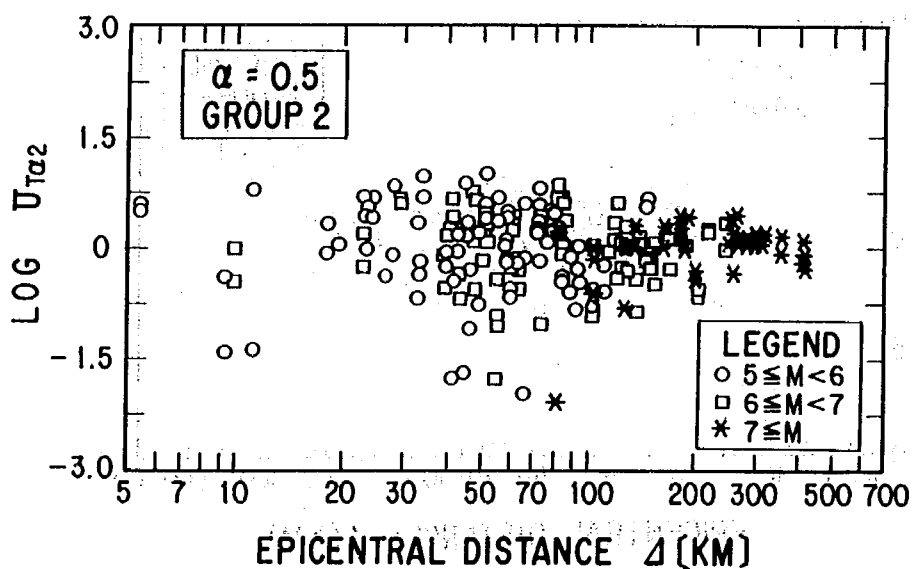


(c) U_{Ta}

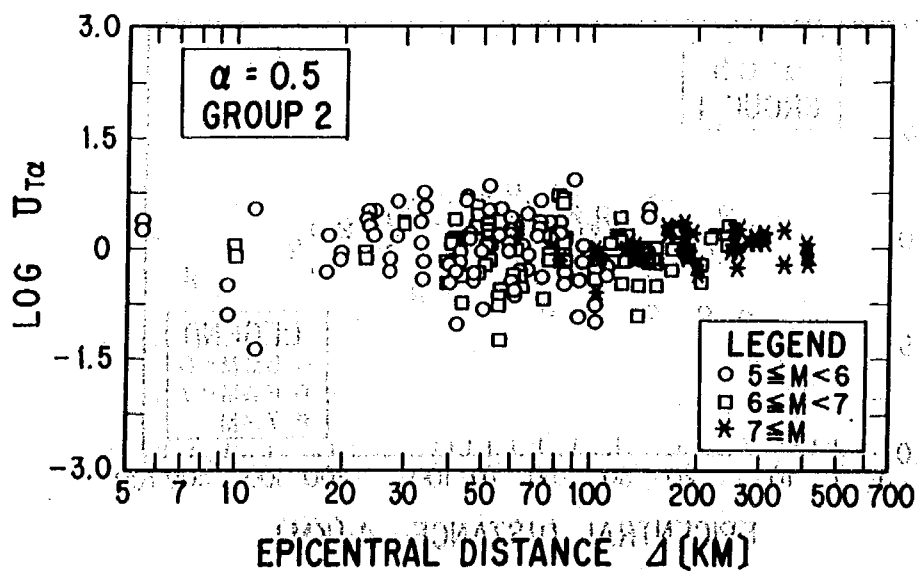
図 5 - 7 (4) $\text{Log } U_{Ta1}$, $\text{Log } U_{Ta2}$, $\text{Log } U_{Ta} \sim \Delta \sim M$ の関係 ($\alpha = 0.5$, 1 種地盤)



(a) U_{Ta1}

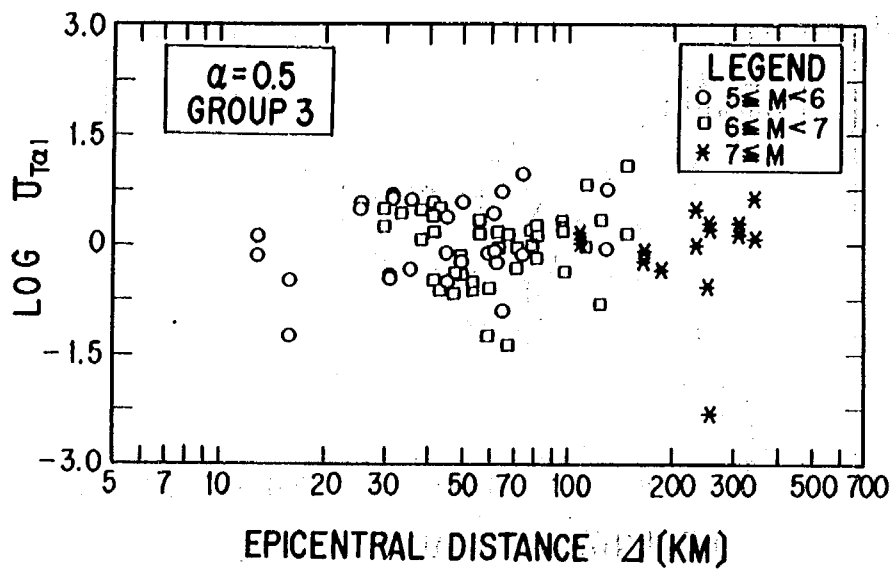


(b) U_{Ta2}

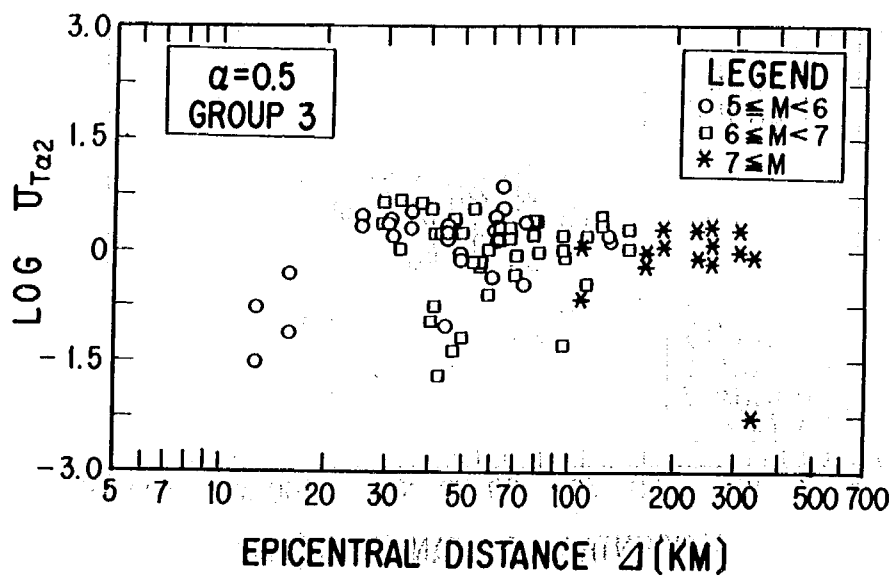


(c) U_{Ta}

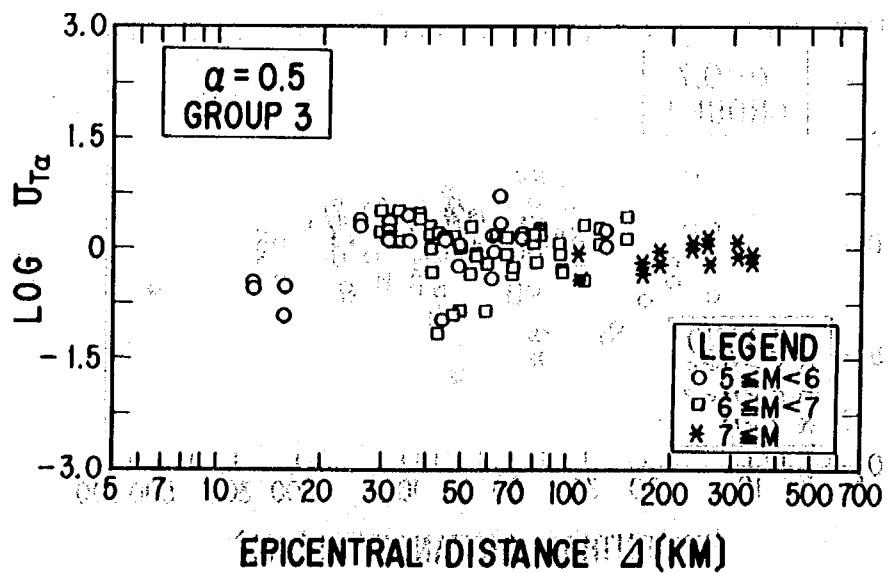
図 5 - 7 (5) $\text{Log } U_{Ta1}$, $\text{Log } U_{Ta2}$, $\text{Log } U_{Ta} \sim \Delta \sim M$ の関係 ($\alpha = 0.5$, 2 種地盤)



(a) U_{Ta1}

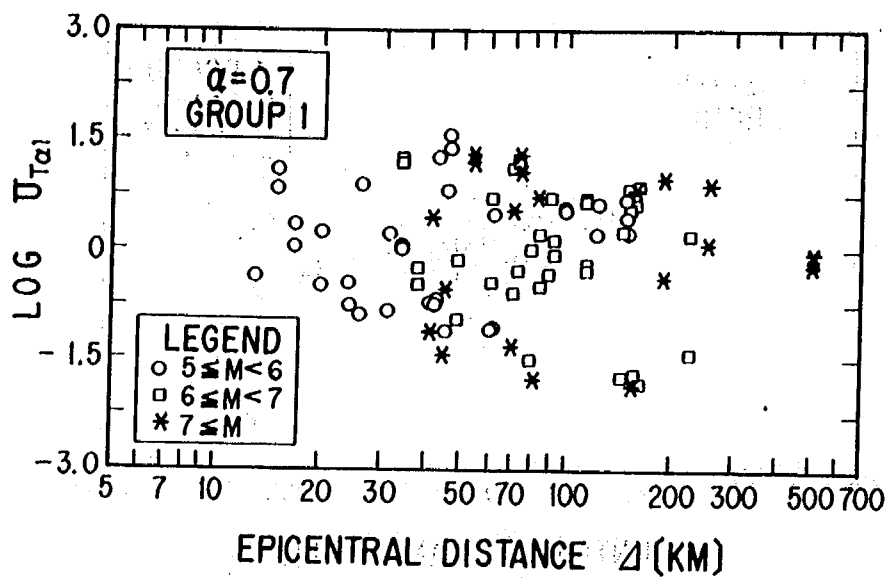


(b) U_{Ta2}

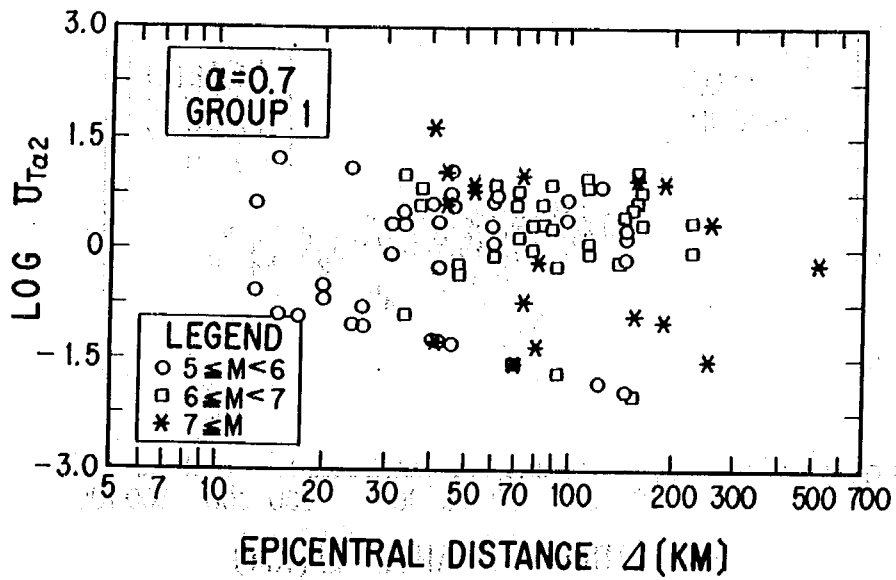


(c) U_{Ta}

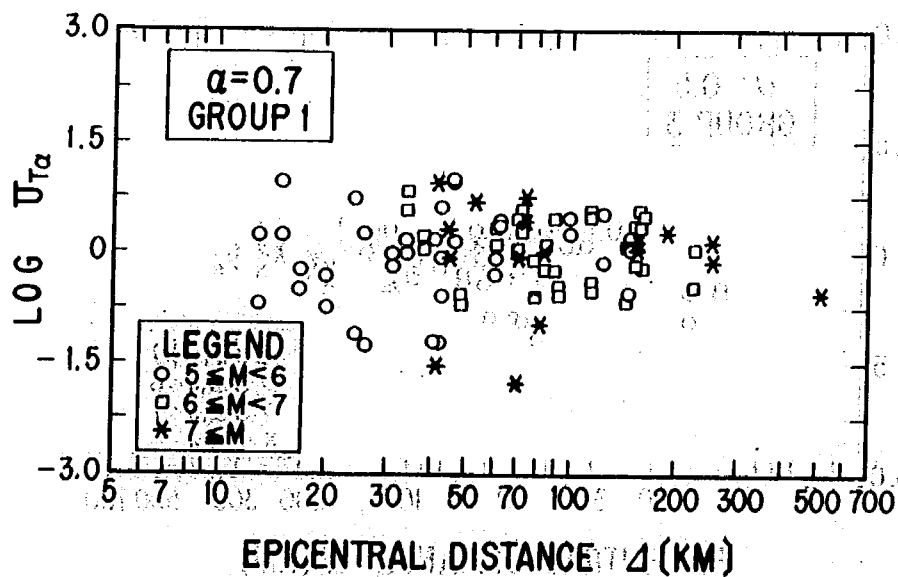
図 5-7. (6) $\text{Log } U_{Ta1}$, $\text{Log } U_{Ta2}$, $\text{Log } U_{Ta} \sim \Delta \sim M$ の関係 ($\alpha = 0.5$, 3 種地盤)



(a) U_{Ta1}

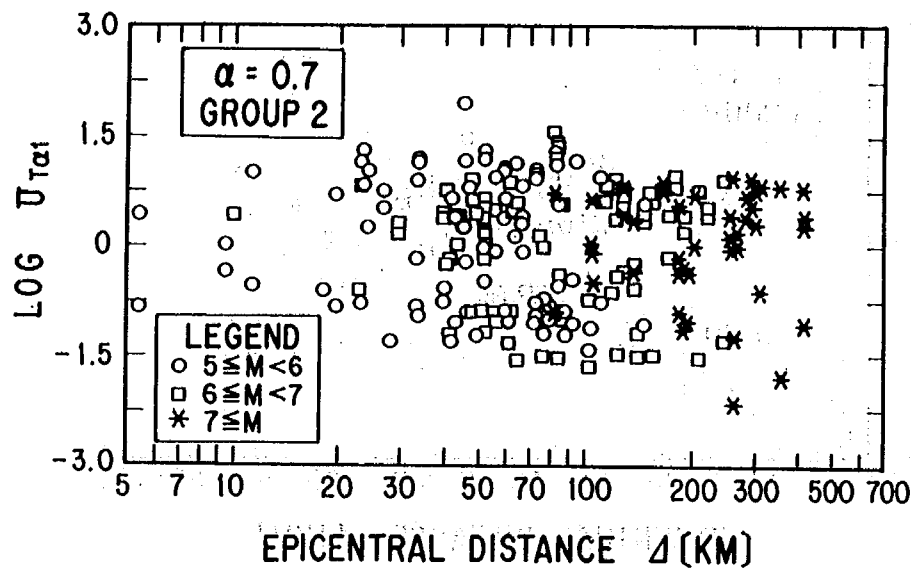


(b) U_{Ta2}

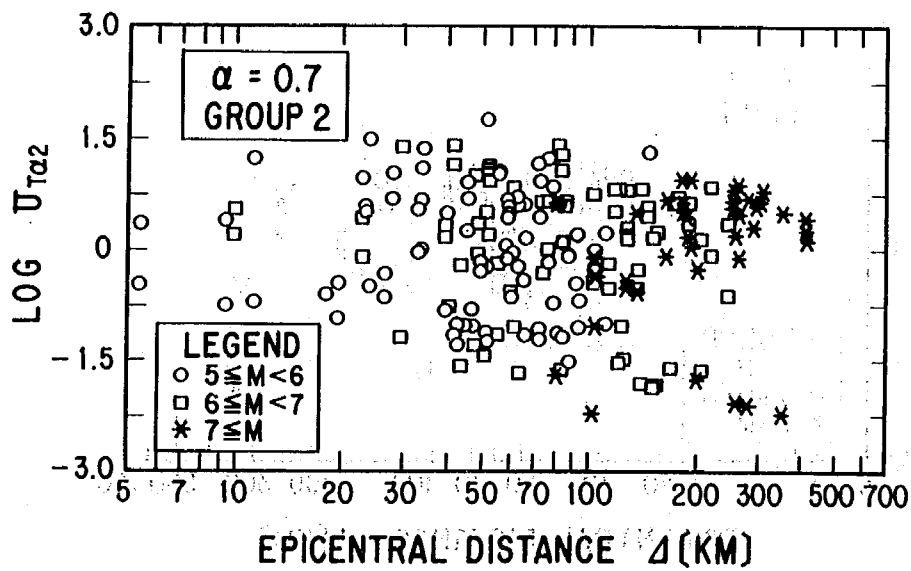


(c) U_{Ta}

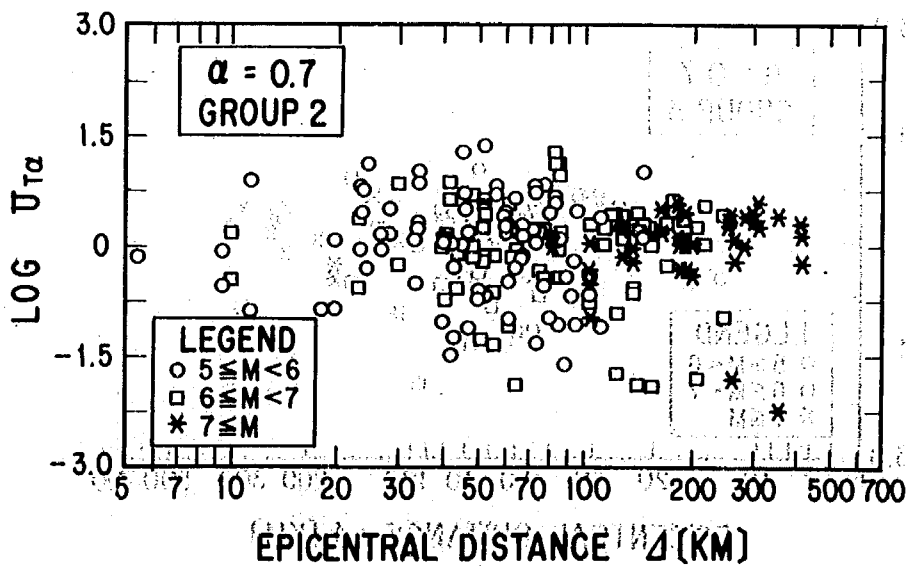
図 5-7 (7) $\text{Log } U_{Ta1}$, $\text{Log } U_{Ta2}$, $\text{Log } U_{Ta} \sim \Delta \sim M$ の関係 ($\alpha = 0.7$, 1 種地盤)



(a) U_{Ta1}

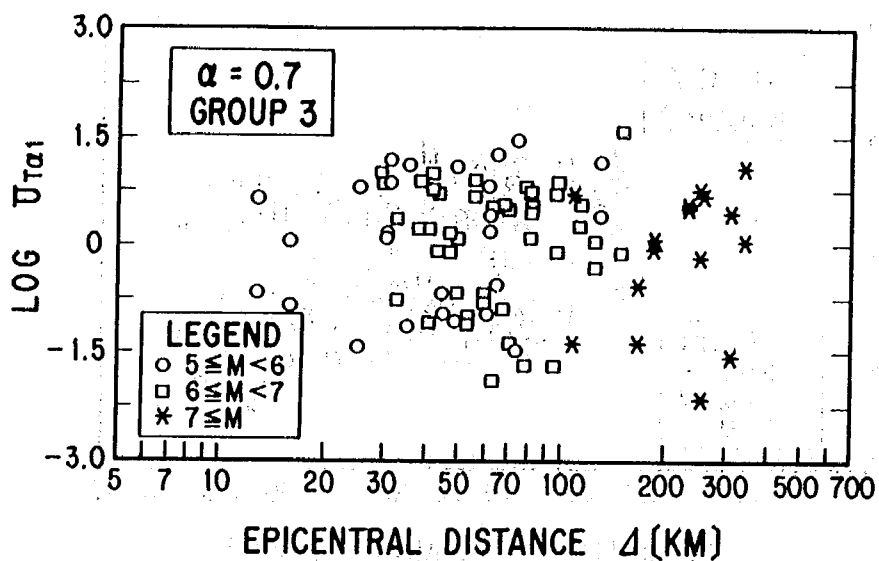


(b) U_{Ta2}

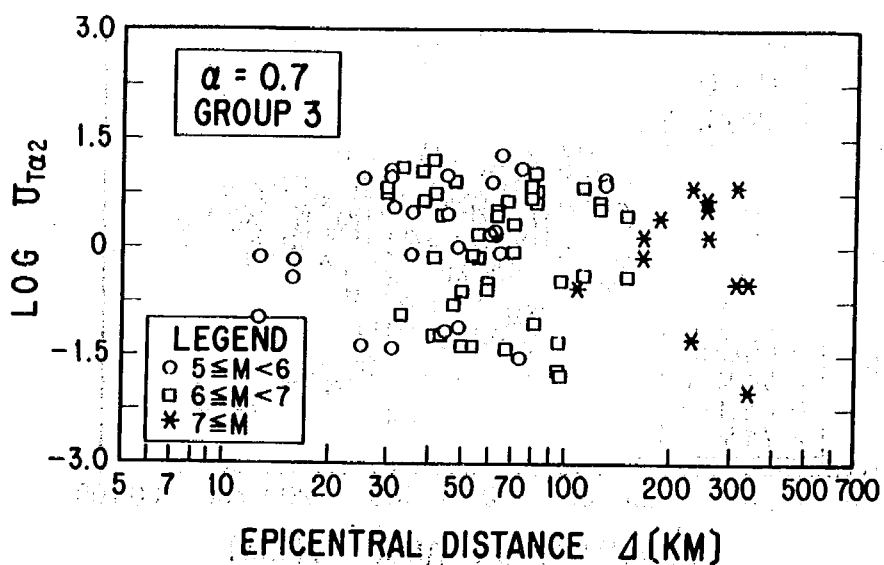


(c) U_{Ta}

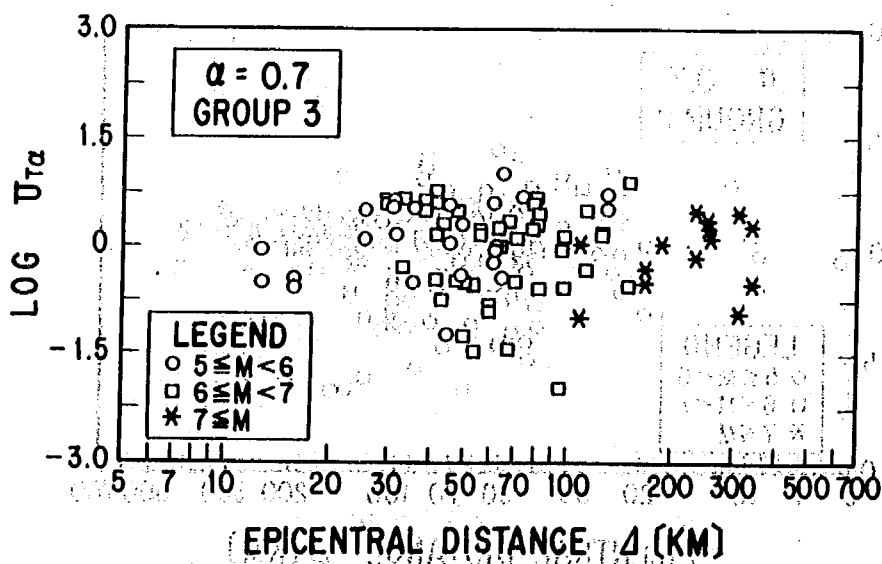
図 5-7(8) $\text{Log } U_{Ta1}$, $\text{Log } U_{Ta2}$, $\text{Log } U_{Ta} \sim \Delta \sim M$ の関係 ($\alpha = 0.7$, 2 種地盤)



(a) U_{Ta1}



(b) U_{Ta2}



(c) U_{Ta}

図 5-7 (9) $\text{Log } U_{Ta1}$, $\text{Log } U_{Ta2}$, $\text{Log } U_{Ta} \sim \Delta \sim M$ の関係 ($\alpha = 0.7$, 3 種地盤)

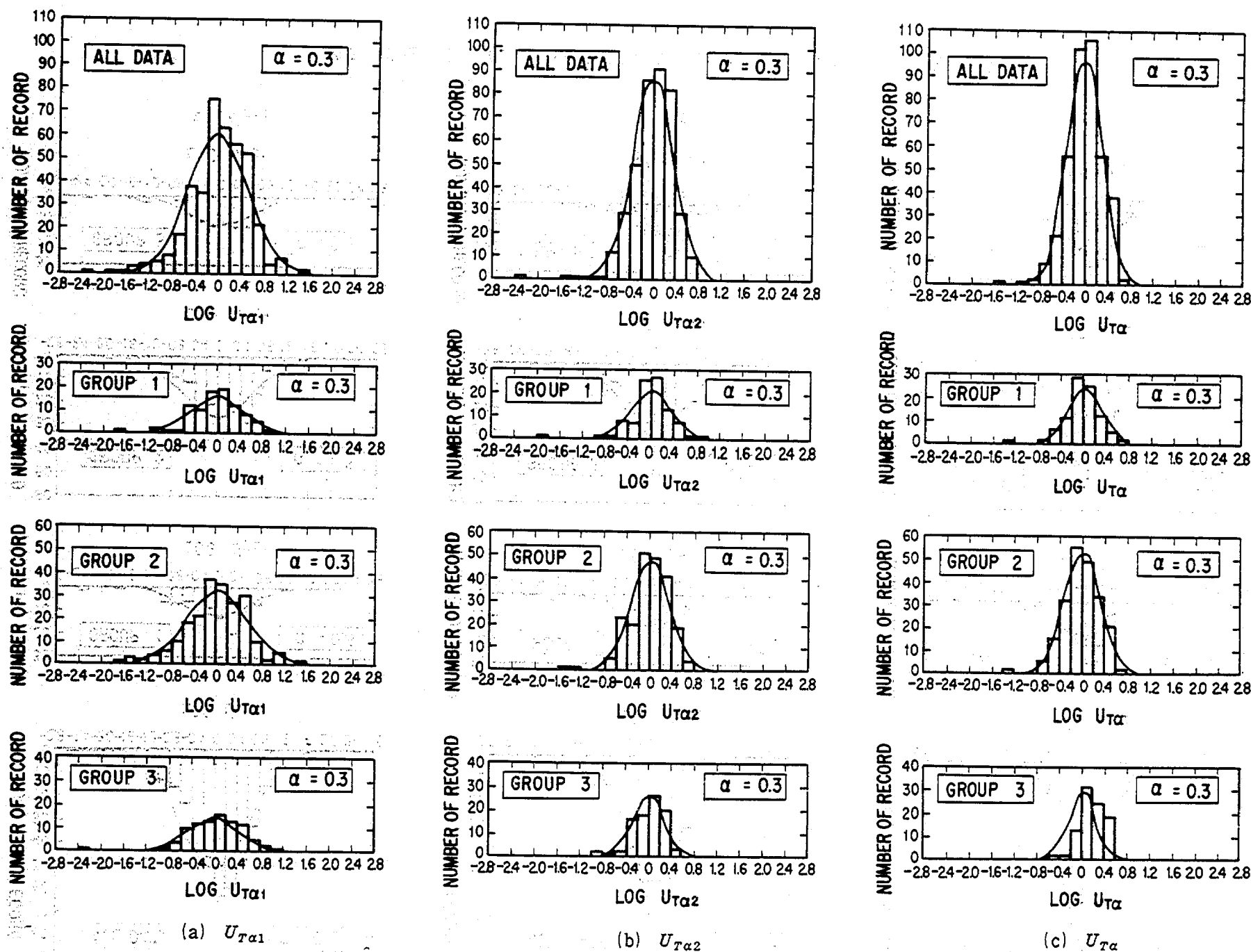


図 5-8 (1) $\text{Log } U_{a1}$, $\text{Log } U_{a2}$, および $\text{Log } U_{Ta}$ の頻度分布 ($\alpha = 0.3$ の場合)

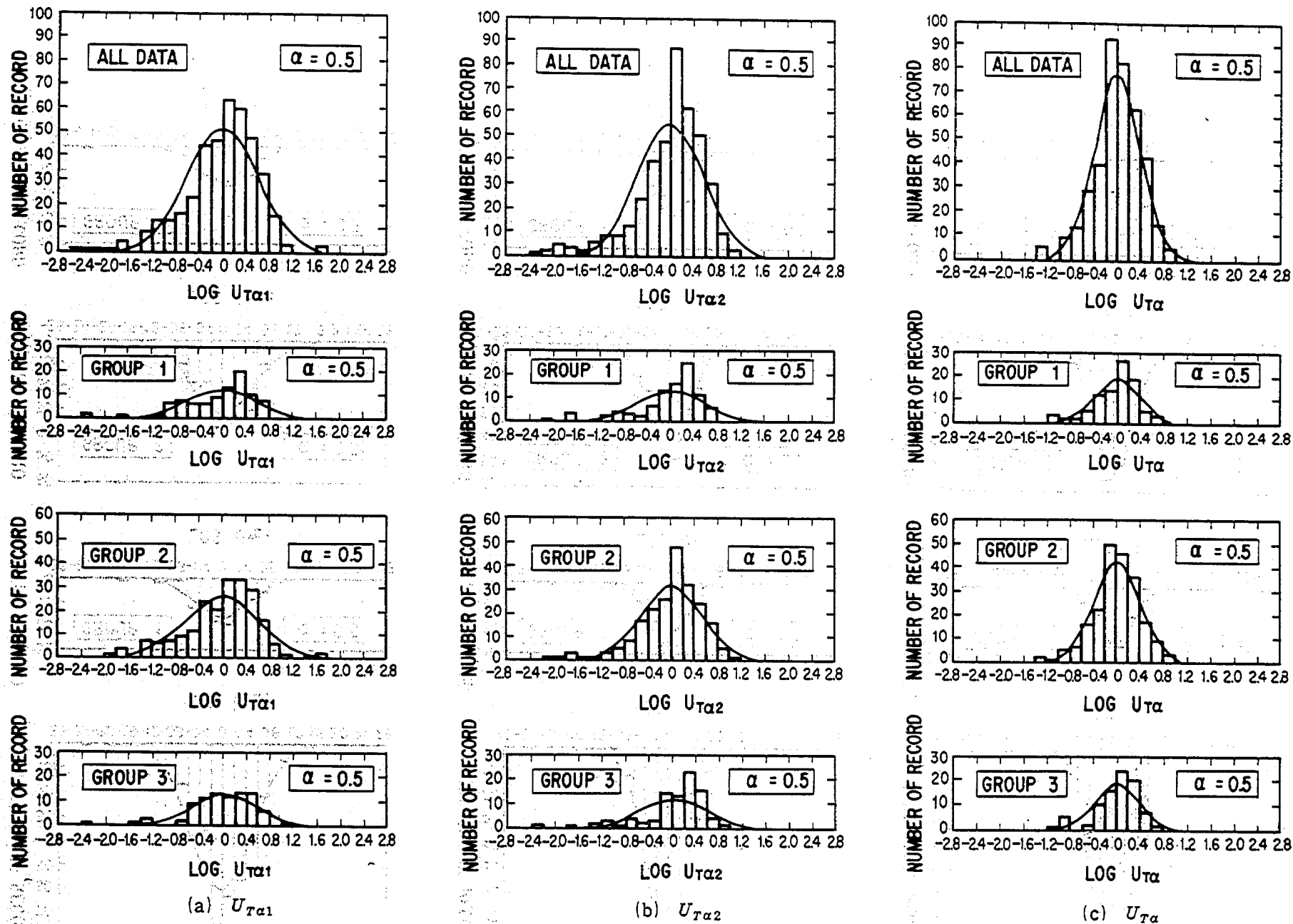


図 5 - 8 (2) $\text{Log } U_{\alpha_1}$, $\text{Log } U_{\alpha_2}$, および $\text{Log } U_{\tau\alpha}$ の頻度分布 ($\alpha = 0.5$ の場合)

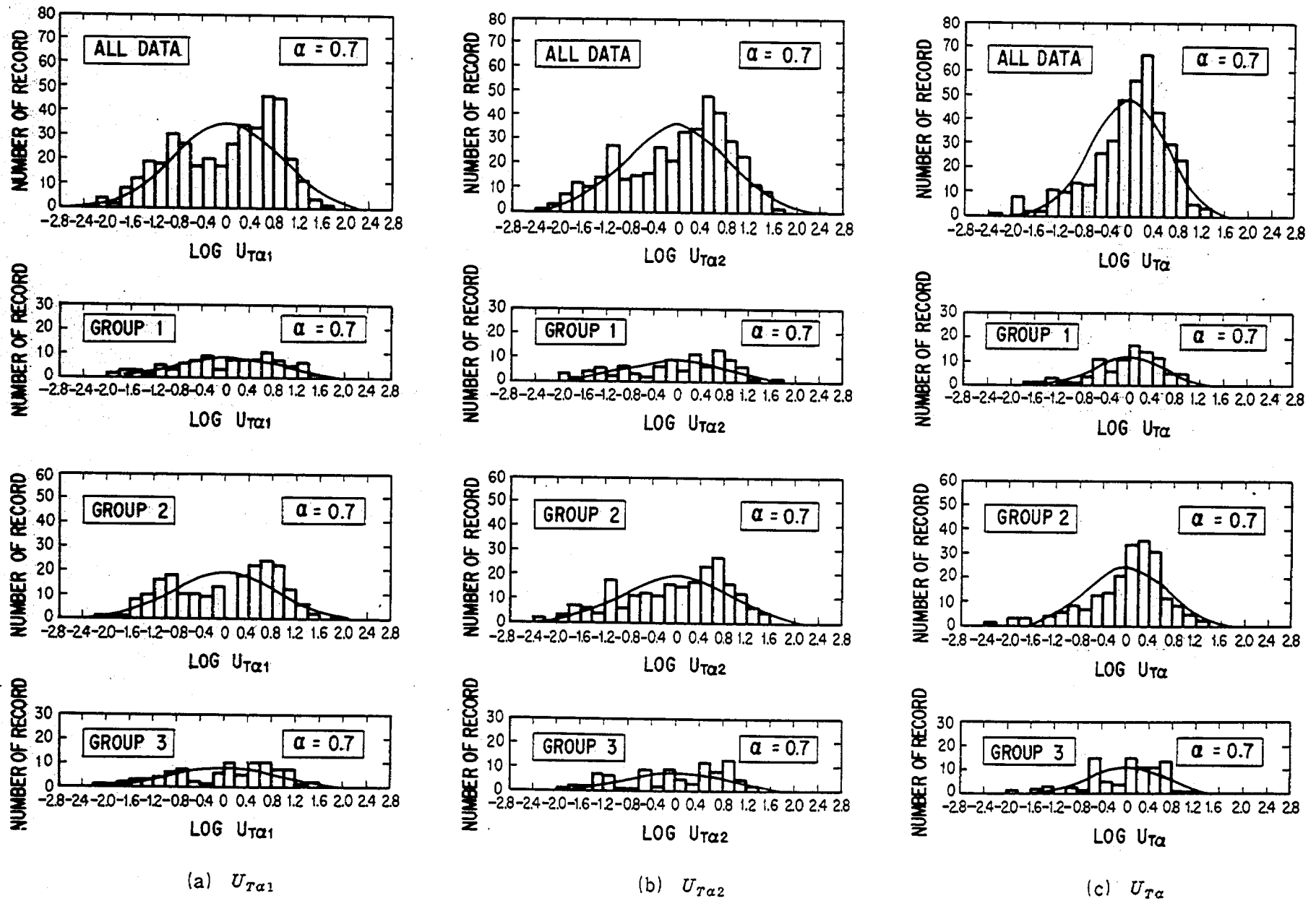
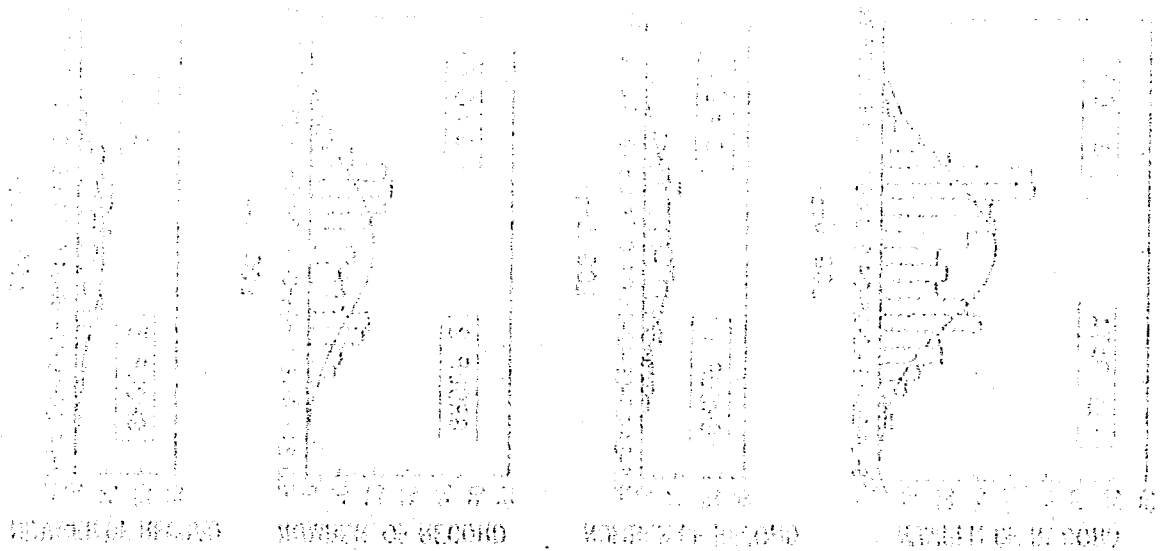


図 5-8 (3) $\text{Log } U_{a1}$, $\text{Log } U_{a2}$, および $\text{Log } U_{Ta}$ の頻度分布 ($\alpha = 0.7$ の場合)

6. ま と め

地震動加速度の継続時間を Ⅰ) ある一定以上の加速度が継続する時間、および、Ⅱ) 最大加速度に対するある一定比率以上の加速度が継続する時間の 2 種類の方法で定義し、両者の特性を検討した。この結果、いずれの定義によっても、同一のマグニチュードおよび震央距離に対する継続時間は地震記録ごとに大きくばらつき回帰の精度は必ずしも十分ではないが、一応、平均値な特性を与える推定式を求めた。推定式まわりのばらつきが大きいことを考慮した上で、結果を利用していくことが必要とされよう。



参 考 文 献

- 1) 建設省土木研究所振動研究室：最大地震動および地震応答スペクトルの推定法 — (その1) 水平2成分合成の影響 — ，土木研究所資料，第1765号，昭和57年3月。
- 2) 建設省土木研究所振動研究室：最大地震動および地震応答スペクトルの推定法 — (その2) 地震応答加速度スペクトルに及ぼす減衰定数の影響 — ，土木研究所資料，第1841号，昭和57年7月。
- 3) 建設省土木研究所振動研究室：最大地震動および地震応答スペクトルの推定法 — (その3) 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開発 — ，土木研究所資料，第1864号，昭和57年11月。
- 4) 建設省土木研究所振動研究室：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。
- 5) 建設省土木研究所振動研究室：最大地震動および地震応答スペクトルの推定法 — (その5) 減衰定数による地震応答加速度スペクトルの補正式の開発 — ，土木研究所資料，第2001号，昭和58年7月。
- 6) 建設省土木研究所振動研究室：最大地震動および地震応答スペクトルの推定法 — (その6) 上下方向の最大地震動および加速度応答スペクトルの距離減衰式 — ，土木研究所資料，第2038号。

付 属 資 料

入力地震動が作用した後，1自由度系の応答が最大となるまでの時間

梓 資 風 抄

開闢のつまらふ大量の客の来迎を自1、新式、用(新)の曲線組式入

付属資料 入力地震動が作用した後，1自由度系の応答が最大となるまでの時間

地震動加速度 $\ddot{z}_B(t)$ が作用した場合の質量 m ，減衰係数 c ，ばね係数 k の1自由度系の運動方程式は次のようになる。

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{z}_B \quad (\text{A-1})$$

ここで， $\ddot{u}$ ， $\dot{u}$ ， u はそれぞれ基盤に対する質点の相対加速度，相対速度，相対変位である。式(A-1)は，両辺を m で割ることにより次式となる。

$$\ddot{u} + 2h\left(\frac{2\pi}{T}\right)\dot{u} + \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 u = -\ddot{z}_B \quad (\text{A-2})$$

ここで，

$$T : \text{固有周期} \quad \left(T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{h}} \right)$$

$$h : \text{減衰定数} \quad \left(h = c/2\sqrt{mk} \right)$$

式(A-2)を解くことにより時刻 t における絶対応答加速度は $\ddot{u}(t) + \ddot{z}_B(t)$ と求めることができる。ここで，地震動が作用した後 t 秒後までの間の絶対応答加速度の最大値を時刻 t までの加速度応答スペクトル $S_A(T, h, t)$ と定義する。すなわち，

$$S_A(T, h, t) \equiv \{ \ddot{u}(t) + \ddot{z}_B(t) \}_{\max \text{ for } t} \quad (\text{A-3})$$

入力地震動の全継続時間を t_D とすれば，一般の加速度応答スペクトル（絶対加速度応答スペクトル） $S_A(T, h)$ はその定義から次のようになる。

$$S_A(T, h) \equiv S_A(T, h, t_D) \quad (\text{A-4})$$

ここでは，式(A-3)による時刻 t までの加速度応答スペクトル $S_A(T, h, t)$ を $S_A(T, h)$ で正規化し，次式により加速度応答スペクトル比 $R(T, h)$ を定義する。

$$R(T, h) = \frac{S_A(T, h, t)}{S_A(T, h)} \quad (\text{A-5})$$

式(A-5)を8種類の強震記録に対して系の減衰定数 h および固有周期 T を変化させて計算した結果が図A-1である。ただし，図中の横軸は時間 t を継続時間 t_D で正規化している。これによれば，加速度応答スペクトル比 $R(T, h)$ は，一般に減衰定数 h が小さい程， $R(T, h) = 1$ となる時間 t/t_D は長くなること，また，固有周期 T の影響は複雑で，どの固有周期の場合に $R(T, h) = 1$ となる時間 t/t_D が最も短いかは地震記録ごとに変化することがわかる。また，図A-1のうち，減衰定数5%の場合に限って，地震動波形により，加速度応答スペクトル比 $R(T, h)$ がどのように変化するかを示した結果が図A-2である。

いま， $R(T, h) = 0.1$ となる時間を t_1 ， $R(T, h) = 1$ となる最初の時間を t_2 とし，入力地震動が

作用した後 1 自由度系の応答加速度最大となるまでの時間 t^* を次式で定義する。

$$t^* = t_2 - t_1 \quad (A-6)$$

t^* は図 A-1, A-2 に示したように固有周期 T および減衰定数 h の関数であるので $t^*(T, h)$ と表わすこととし、継続時間比 $\eta(T, h)$ を次式で定義する。

$$\eta(T, h) = \frac{t^*(T, h)}{t^*(T, 0.05)} \quad (A-7)$$

式 (A-7) による $\eta(T, h)$ を 2@197 成分の強震記録について試算し、平均値を求めると図 A-3 のようになる。図 A-4 は、これを各固有周期ごとに示したものである。これによれば、 $t^*(T, 0.05)$ がわかれば、式 (A-7) により、 $t^*(T, h)$ が推定できそうであるから、いま、 $h = 5\%$ の場合に着目し、 $t^*(T, 0.05)$ を次式で回帰する。

$$t^*(T, 0.05) = a(T) \times 10^{b(T)M} \times (d + 30)^{c(T)} \quad (A-8)$$

係数 $a(T)$, $b(T)$, $c(T)$ は表 A-1 に示す通りであり、これを図示すると図 A-5 となる。

図 A-6 は、式 (A-8) による $t^*(T, 0.05)$ と回帰式を求めるもととなった値とを $T = 0.5$ 秒および 1 秒について比較したものである。また、実測値と予測値の比 U_D を

$$U_D(T) = \frac{t_{OB}^*(T, 0.05)}{t_P^*(T, 0.05)} \quad (A-9)$$

と定義し、 $U_P(T) \sim d \sim M$ の関係を示したのが図 A-7 である。図 A-8 は $U_D(T)$ の頻度分布を示したものである。

図 A-9 は式 (A-8) を $M = 6, 8$ に対して試算した結果である。

表A-1 式(A-8)の係数 $a(T)$, $b(T)$, $c(T)$

周 期	地 盤 種 別	a	b	c	重相関係数
$T = 0.1$	全 体	0.0426	0.312	0.066	0.527
	1 種	0.0169	0.250	0.432	0.633
	2 種	0.0478	0.362	-0.113	0.510
	3 種	0.0839	0.244	0.170	0.496
$T = 0.15$	全 体	0.0368	0.287	0.163	0.536
	1 種	0.0109	0.291	0.369	0.691
	2 種	0.0507	0.302	0.050	0.495
	3 種	0.0902	0.096	0.616	0.518
$T = 0.2$	全 体	0.0207	0.288	0.286	0.608
	1 種	0.00643	0.305	0.436	0.692
	2 種	0.0229	0.282	0.285	0.602
	3 種	0.0841	0.185	0.350	0.524
$T = 0.3$	全 体	0.0244	0.277	0.285	0.591
	1 種	0.00857	0.246	0.558	0.675
	2 種	0.0255	0.294	0.221	0.582
	3 種	0.0776	0.230	0.233	0.535
$T = 0.5$	全 体	0.0414	0.253	0.266	0.547
	1 種	0.0226	0.215	0.479	0.556
	2 種	0.0508	0.273	0.166	0.544
	3 種	0.0482	0.270	0.202	0.548
$T = 0.7$	全 体	0.0480	0.218	0.365	0.561
	1 種	0.0258	0.280	0.287	0.636
	2 種	0.0718	0.176	0.410	0.515
	3 種	0.0423	0.162	0.579	0.612
$T = 1.0$	全 体	0.0605	0.194	0.402	0.545
	1 種	0.0210	0.227	0.509	0.632
	2 種	0.0918	0.185	0.352	0.524
	3 種	0.0721	0.165	0.452	0.498
$T = 1.5$	全 体	0.0891	0.174	0.408	0.521
	1 種	0.153	0.199	0.207	0.507
	2 種	0.0733	0.165	0.470	0.521
	3 種	0.131	0.002	0.882	0.575
$T = 2.0$	全 体	0.151	0.165	0.350	0.484
	1 種	0.254	0.197	0.127	0.484
	2 種	0.145	0.144	0.418	0.471
	3 種	0.148	0.032	0.790	0.554
$T = 3.0$	全 体	0.122	0.198	0.316	0.507
	1 種	0.0895	0.261	0.174	0.552
	2 種	0.148	0.164	0.377	0.480
	3 種	0.159	0.045	0.764	0.564

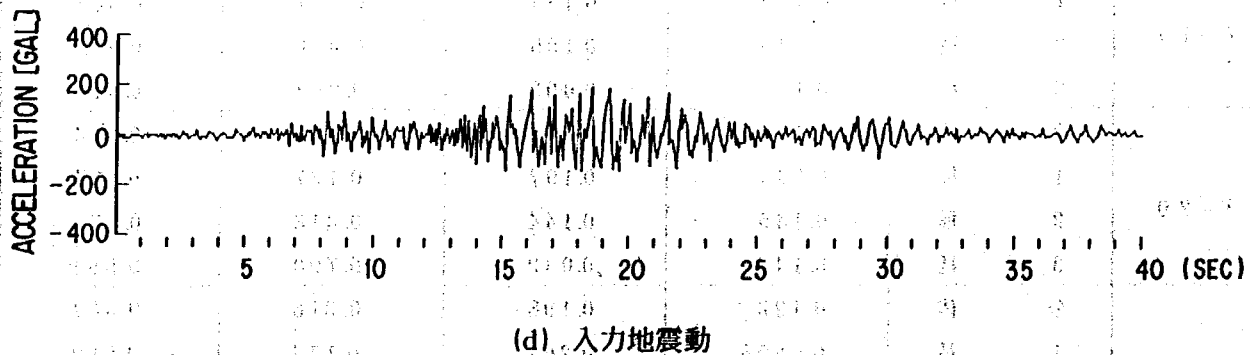
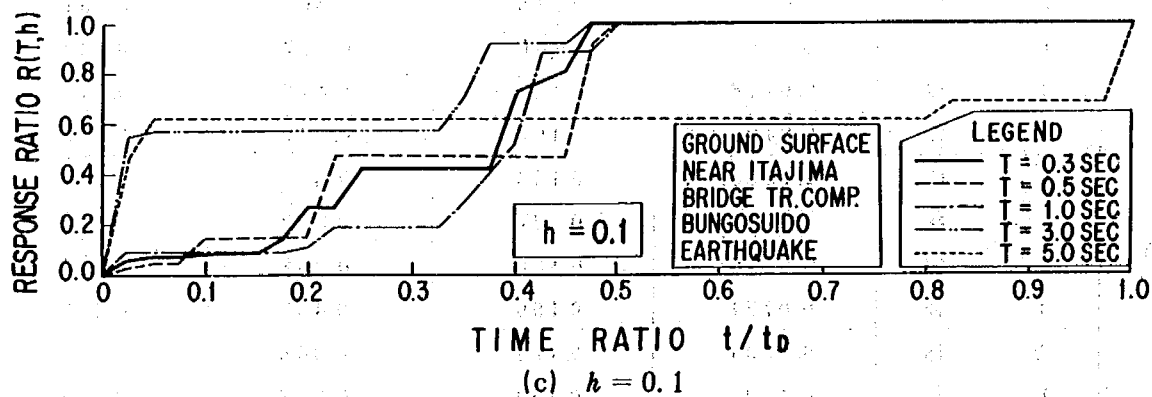
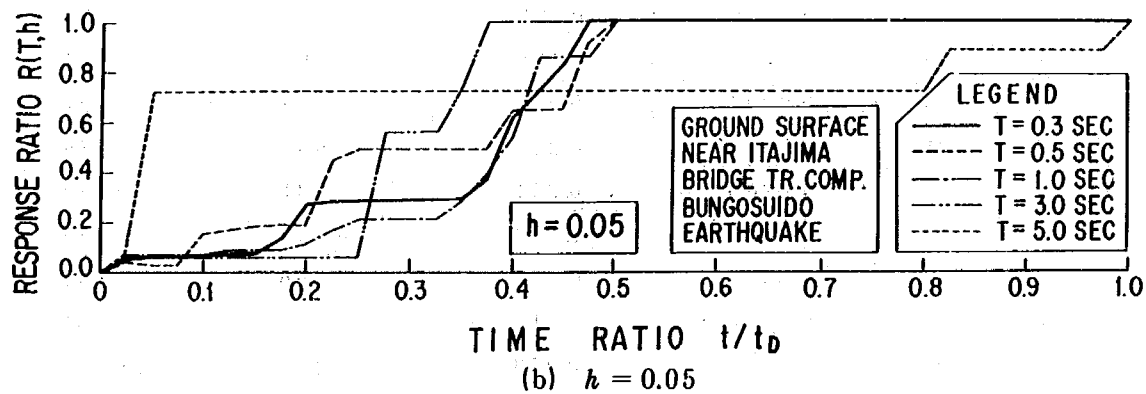
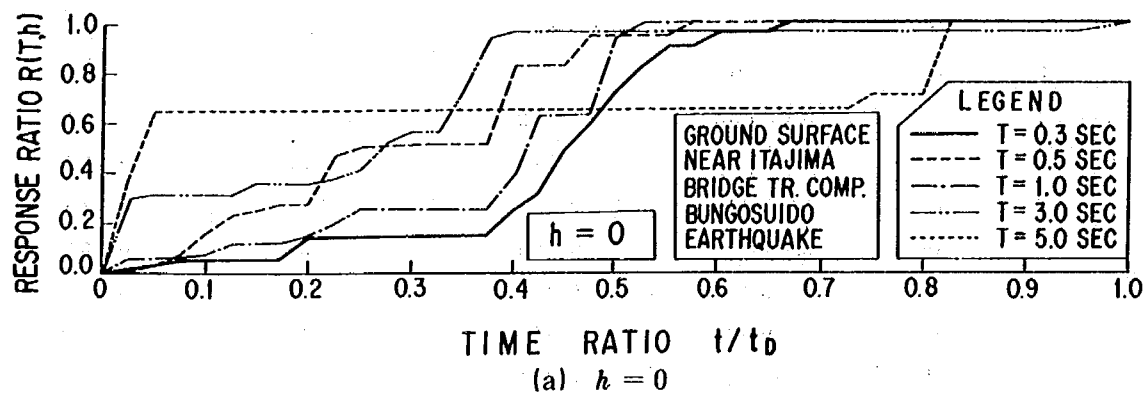
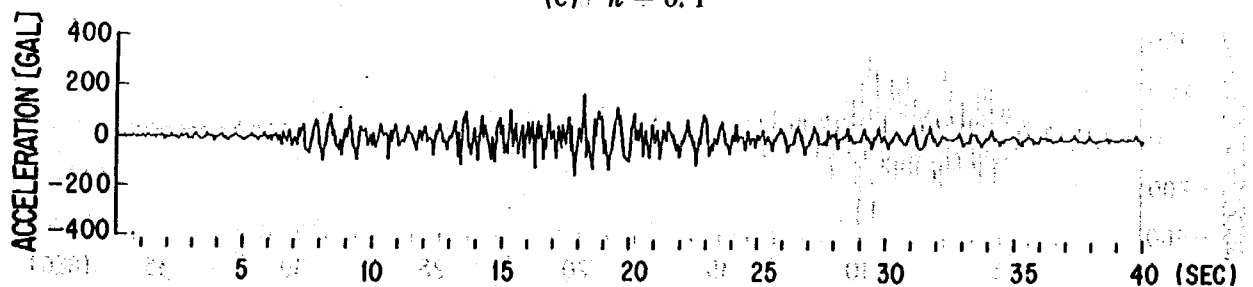
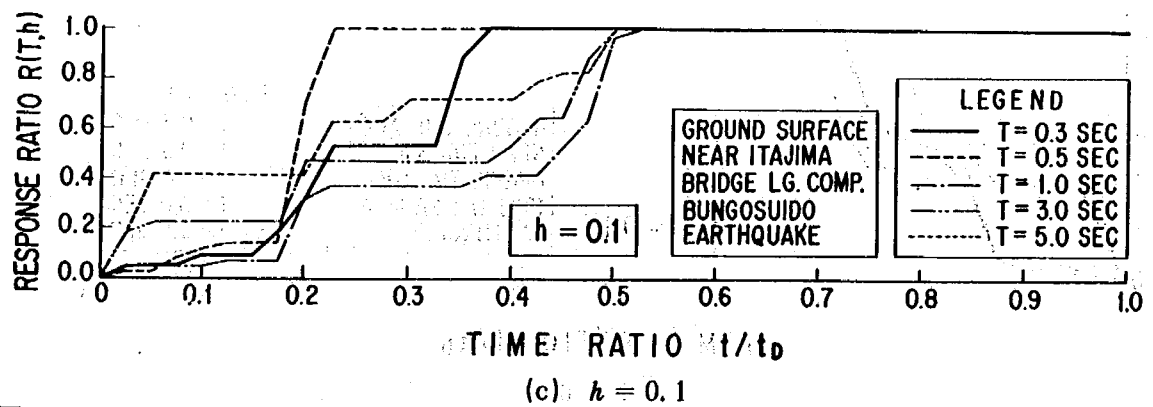
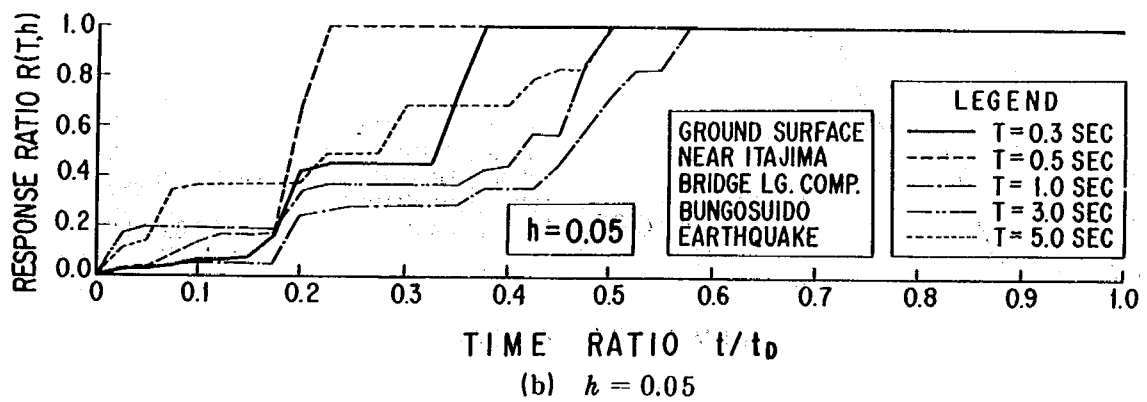
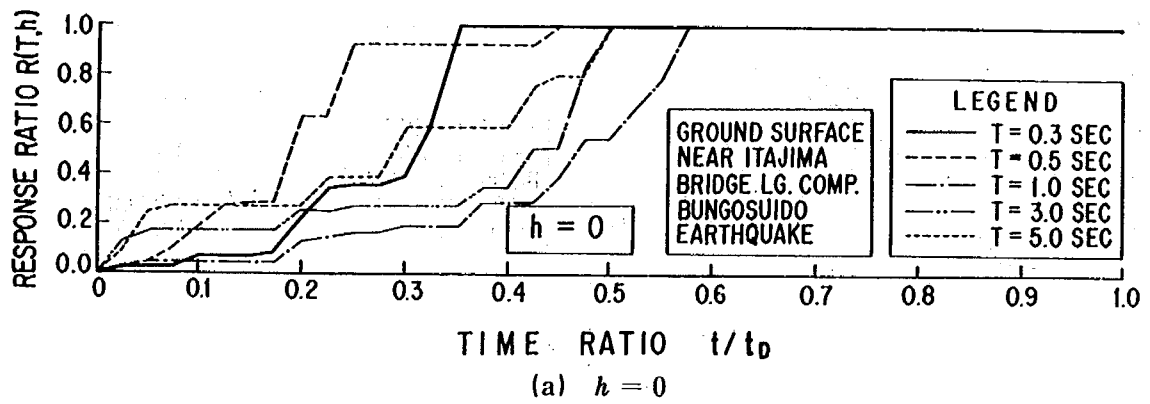


図 A - 1 (1) 加速度応答スペクトル比の試算例 (日向灘沖地震による板島橋周辺地盤記録, TR. 成分)

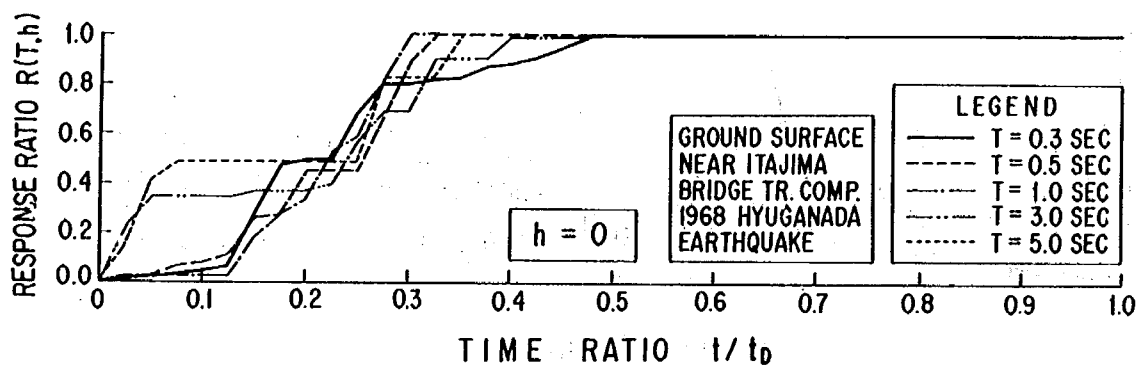
板 島 橋 LG 68026



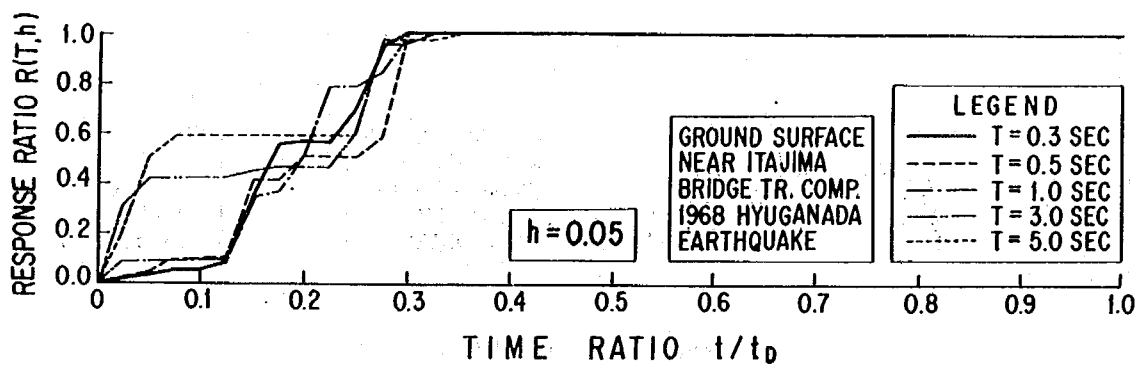
(d) 入力地震動

(c) 図A-1(2) 加速度応答スペクトル比の試算例(日向灘沖地震による板島橋周辺地盤記録, LG成分)

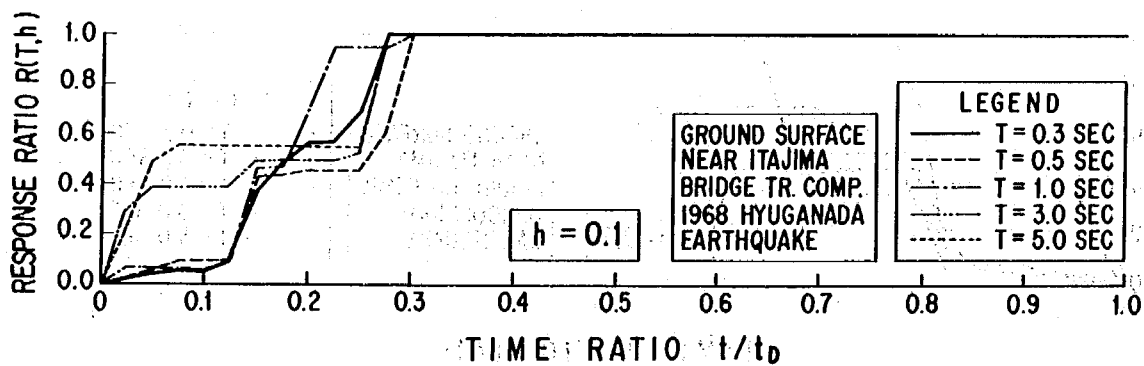
板 島 橋 TR 68066



(a) $h = 0$



(b) $h = 0.05$



(c) $h = 0.1$

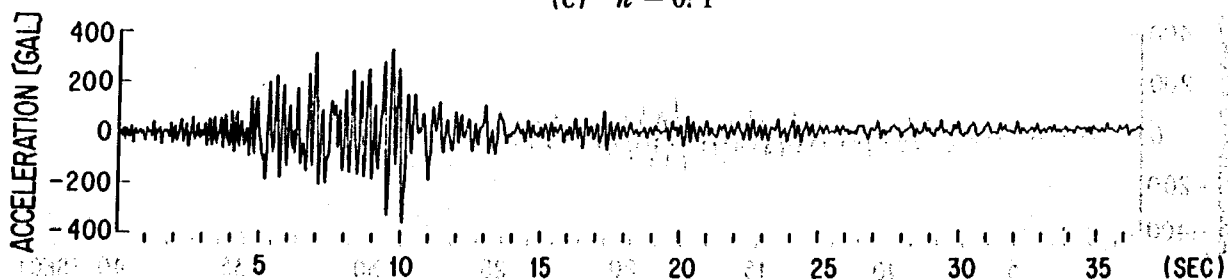
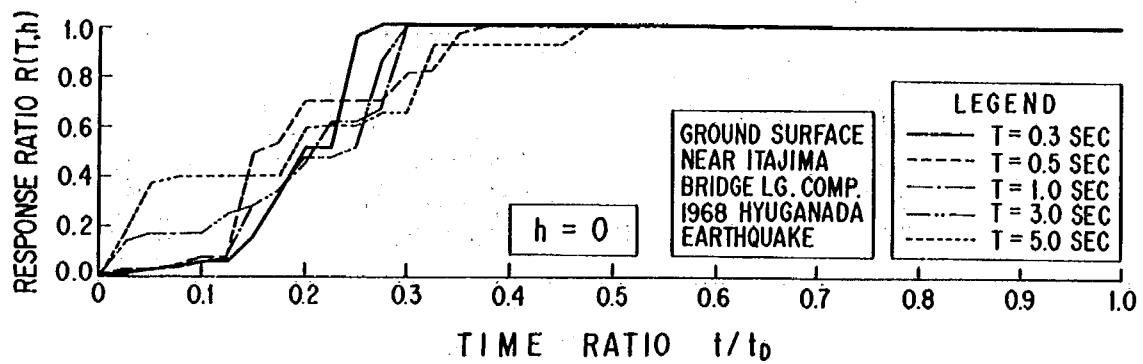
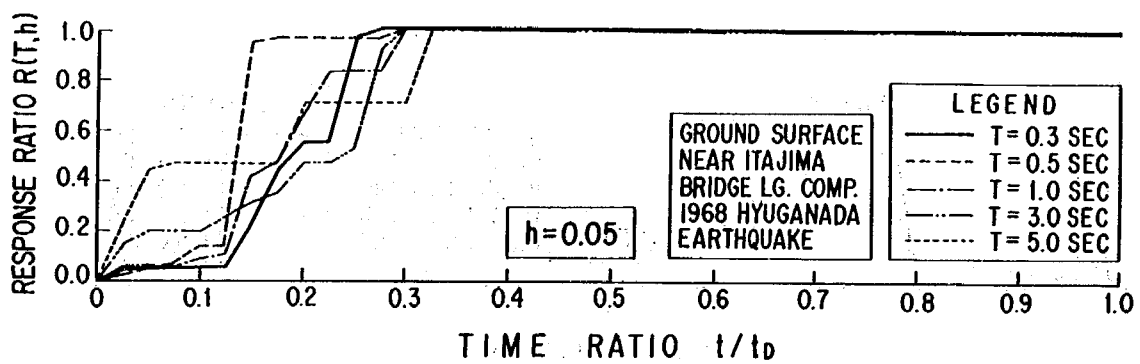


図 A-1 (3) 加速度応答スペクトル比の試算例 (豊後水道沖地震による板島橋周辺地盤記録, TR 成分)

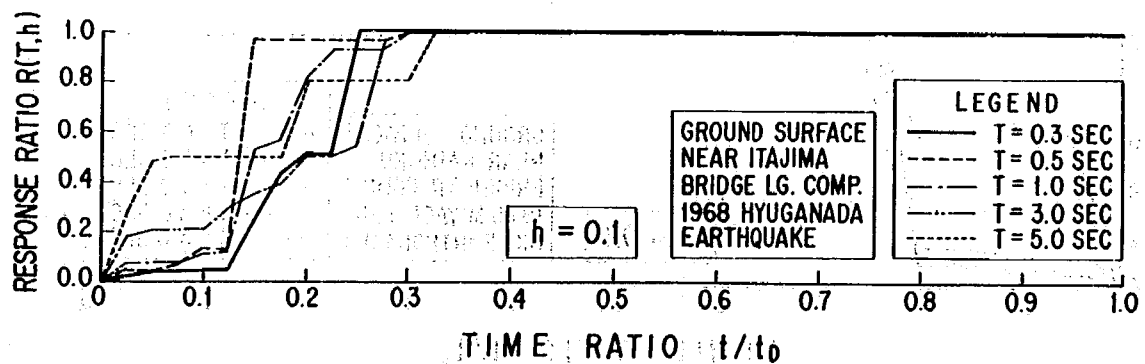
板 島 橋 LG 68066



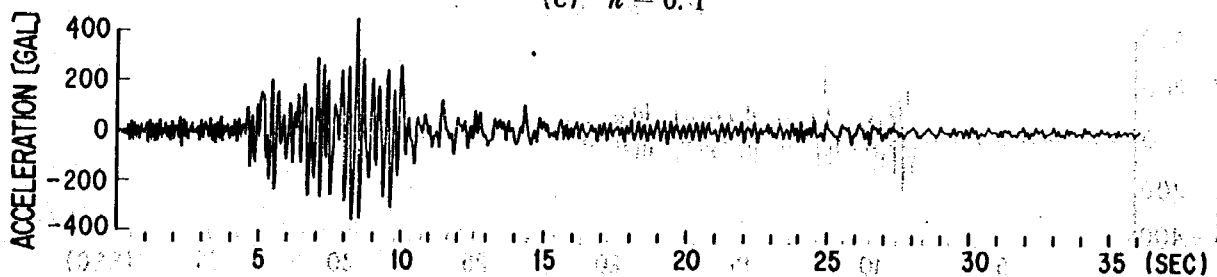
(a) $h = 0$



(b) $h = 0.05$



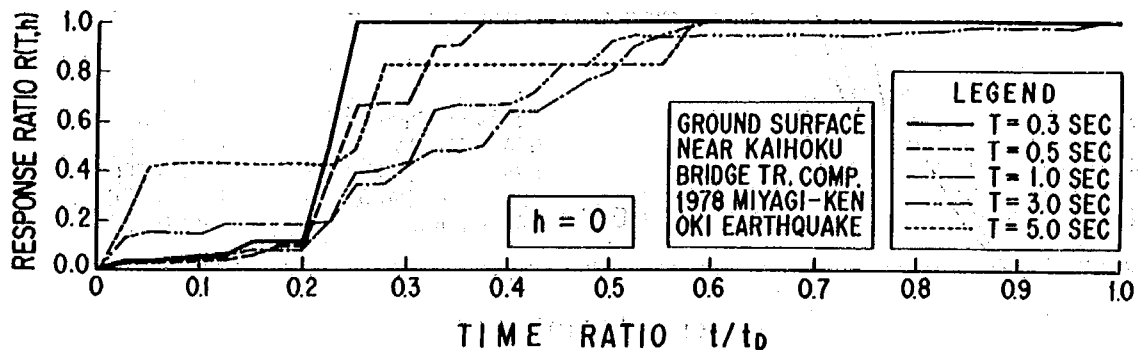
(c) $h = 0.1$



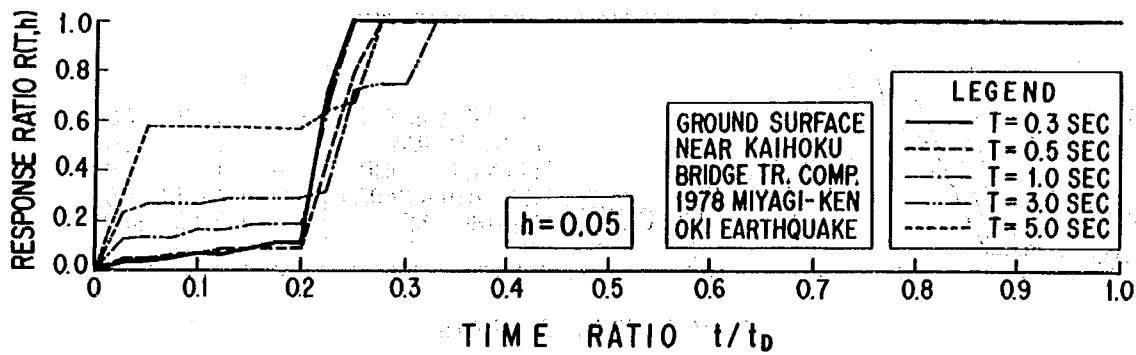
(d) 入力地震動

(参考) 図 A-1 (4) 加速度応答スペクトル比の試算例 (豊後水道沖地震による板島橋周辺地盤記録, LG 成分)

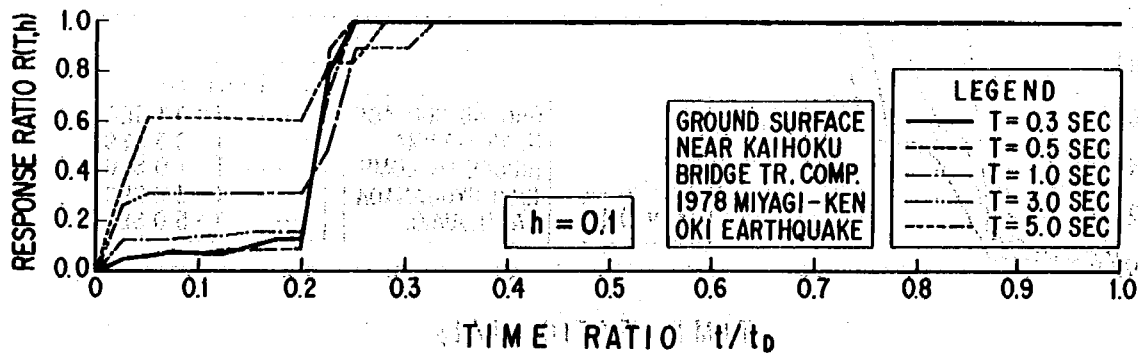
開北橋 TR 78012



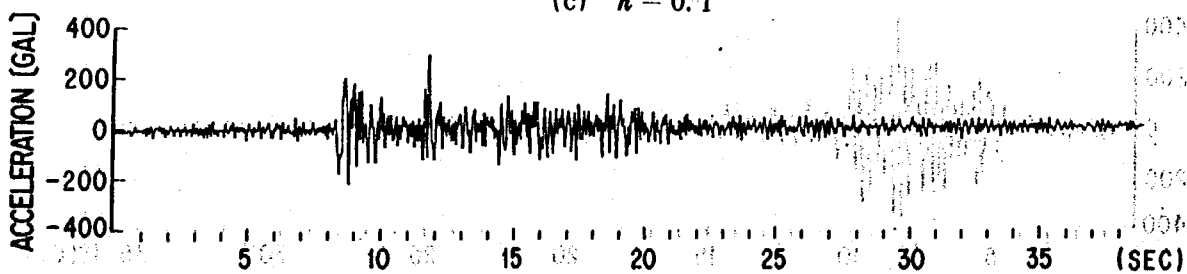
(a) $h = 0$



(b) $h = 0.05$

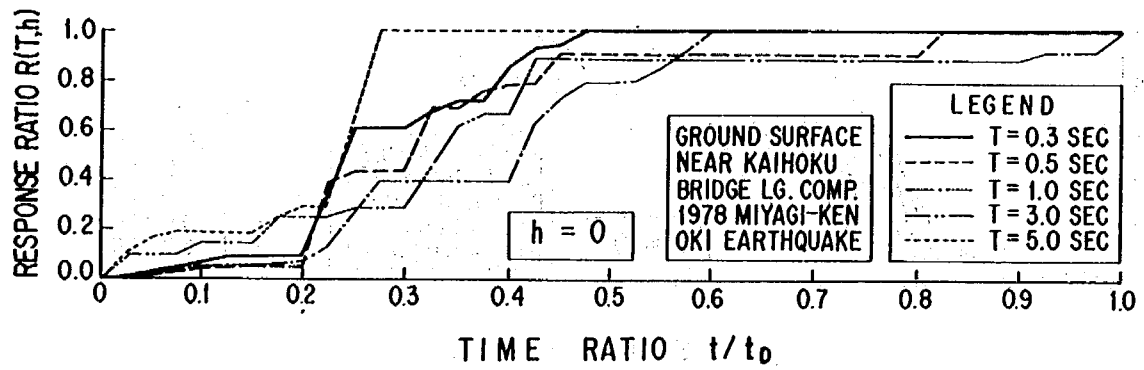


(c) $h = 0.1$

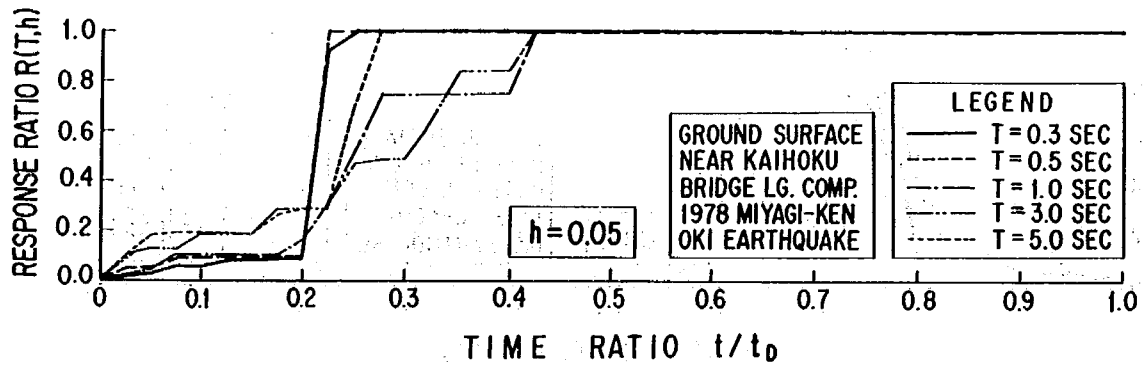


(d) 入力地震動

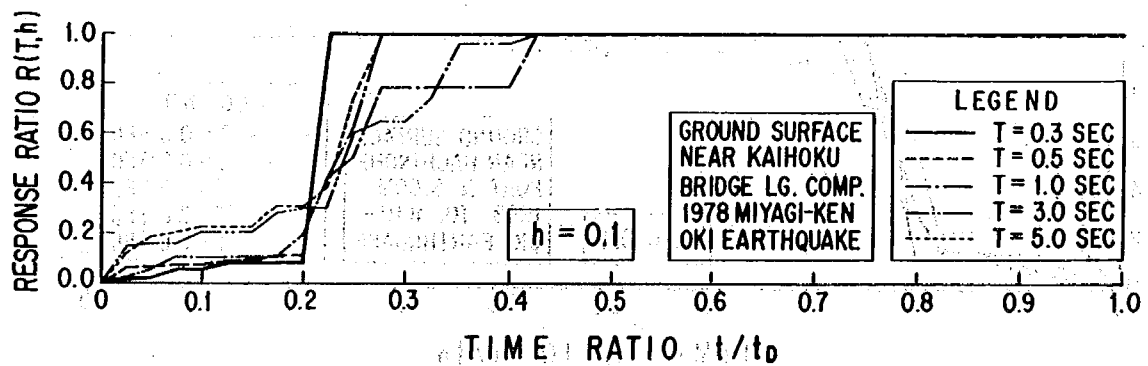
図A-1(5) 加速度応答スペクトル比の試算例(宮城県沖地震による開北橋周辺地盤上の記録, TR. 成分)



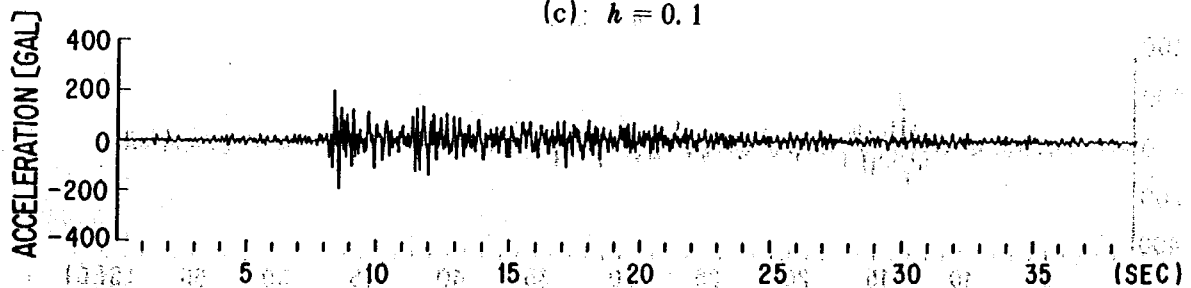
(a) $h = 0$



(b) $h = 0.05$



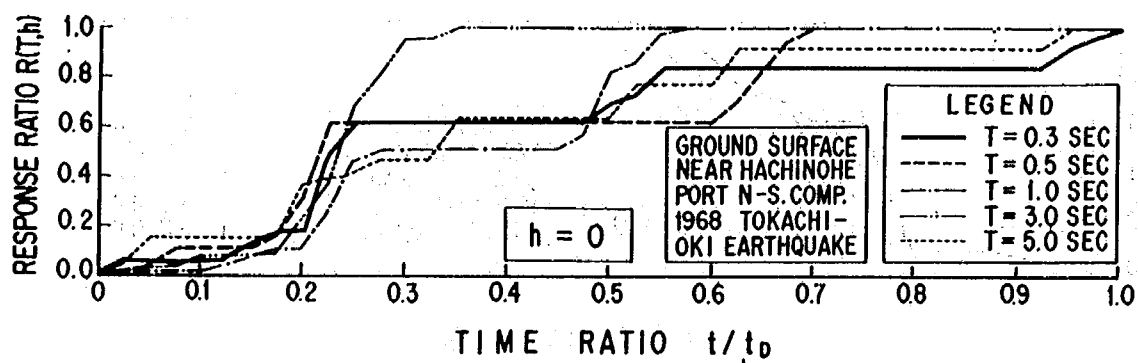
(c) $h = 0.1$



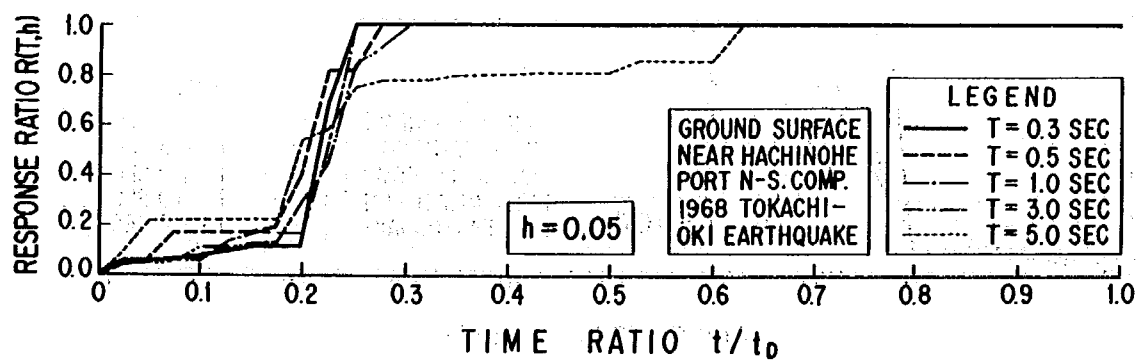
(d) 入力地震動

図A-1(6) 加速度応答スペクトル比の試算例(宮城県沖地震による開北橋周辺地盤上の記録, LG.成分)

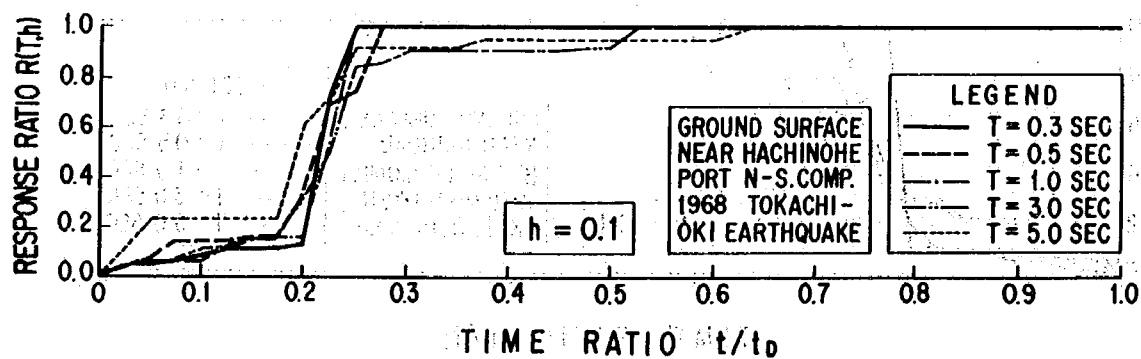
八 戸 港 N - S



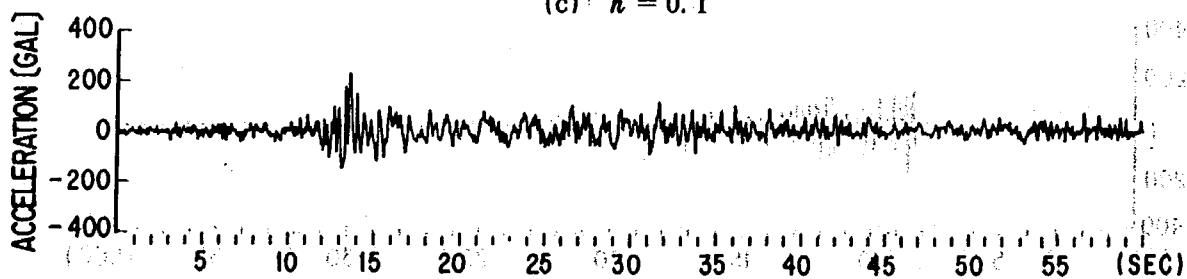
(a) $h = 0$



(b) $h = 0.05$



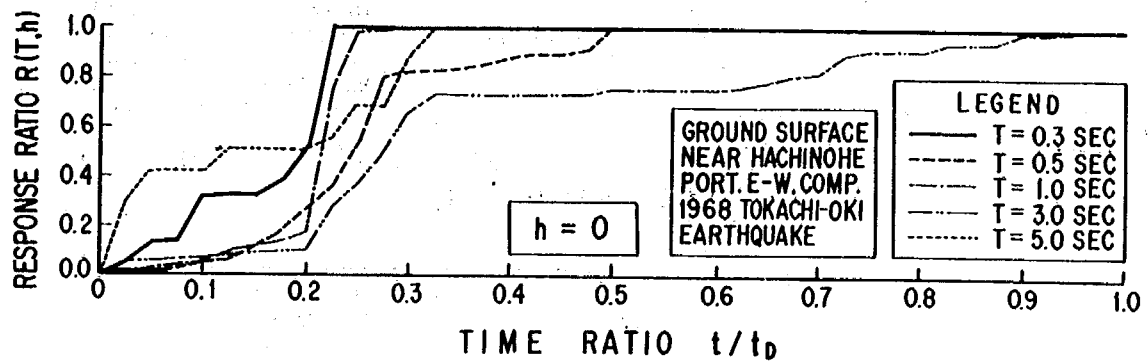
(c) $h = 0.1$



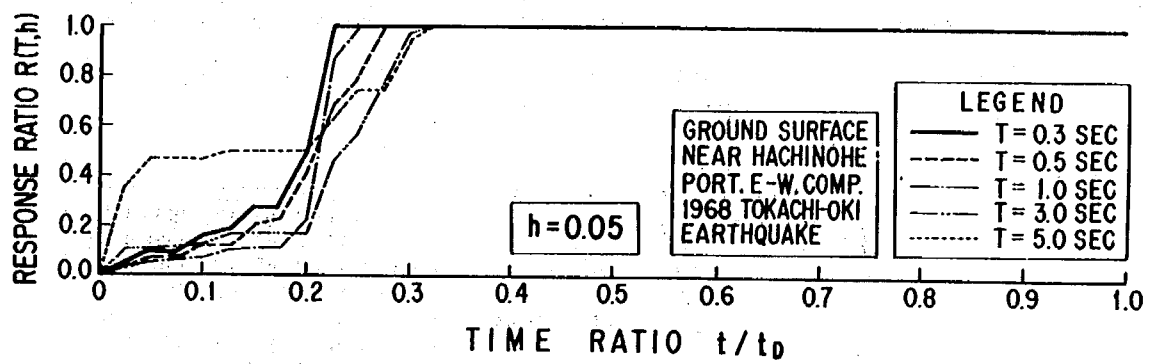
(d) 入力地震動

図 A - 1 (7) 加速度応答スペクトル比の試算例 (十勝沖地震による八戸港記録, NS 成分)

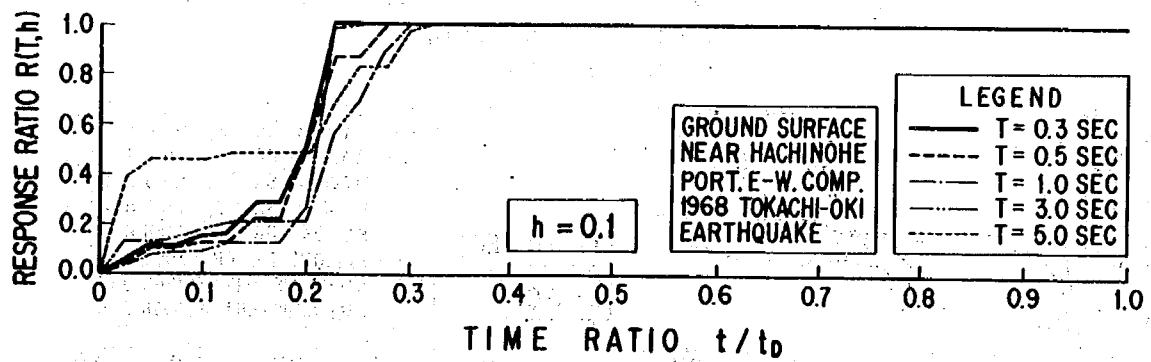
八戸港 E-W



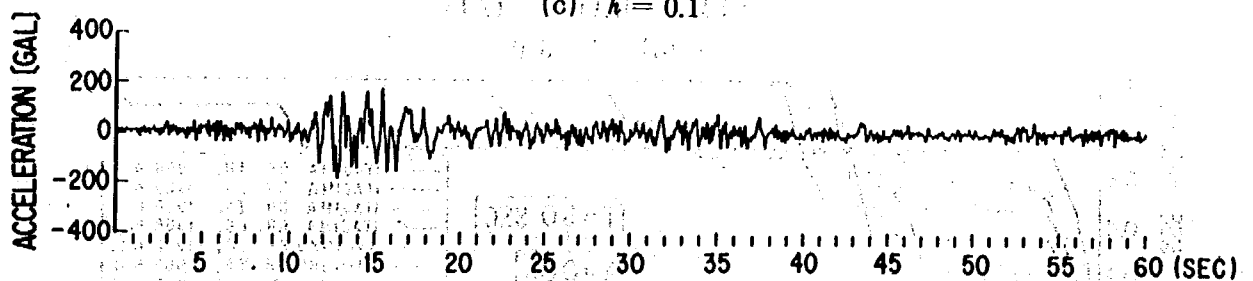
(a) $h = 0$



(b) $h = 0.05$

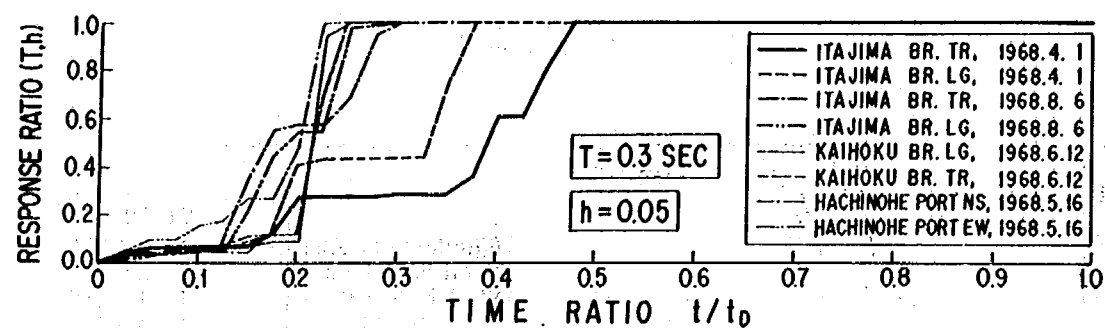


(c) $h = 0.1$

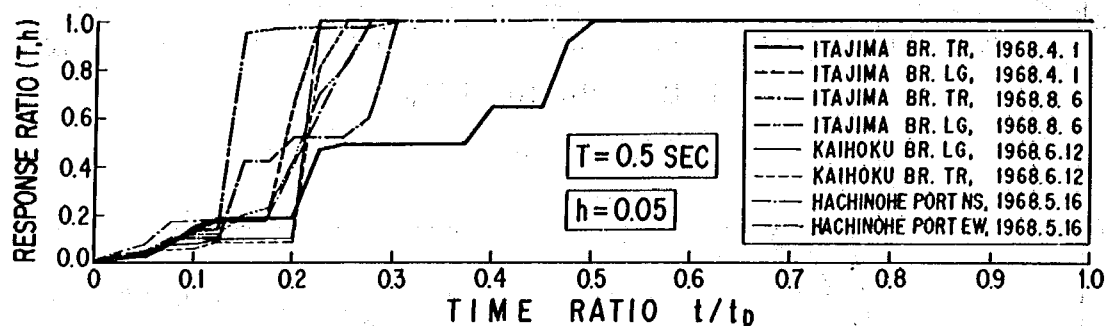


(d) 入力地震動

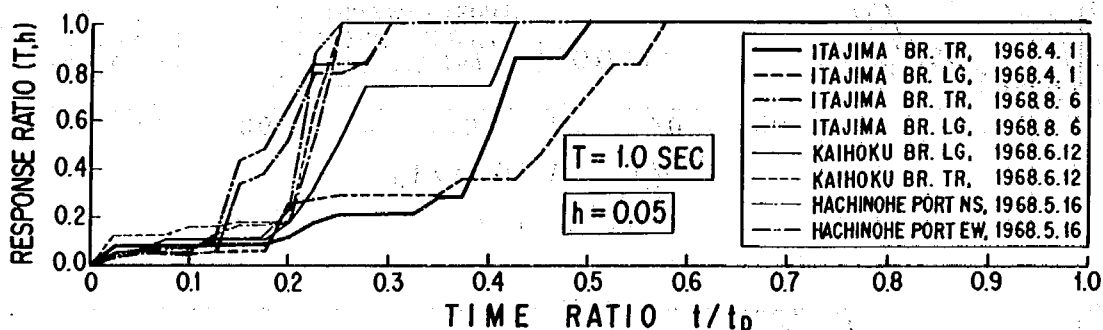
図 A-1 (8) 加速度応答スペクトル比の試算例 (十勝沖地震による八戸港記録, EW成分)



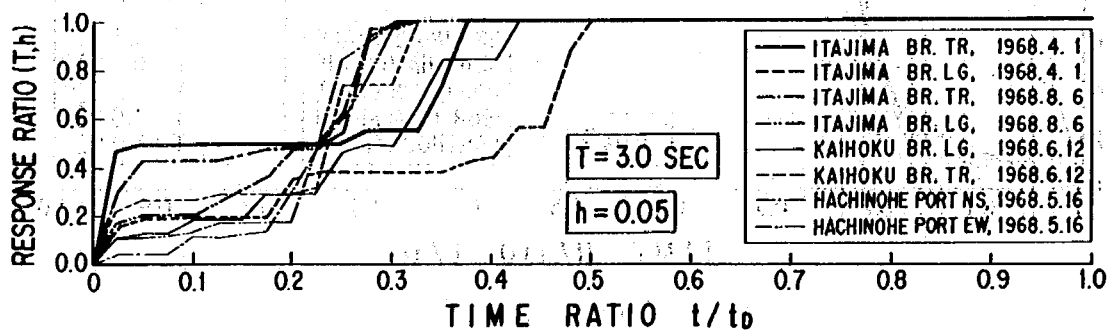
(a) $T = 0.3$



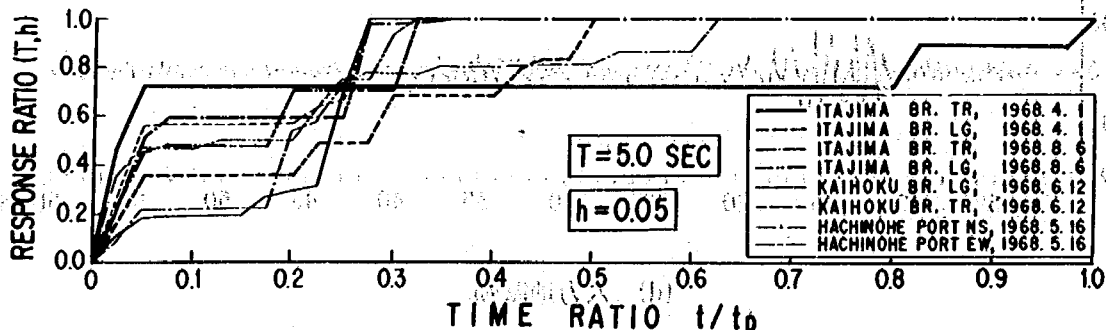
(b) $T = 0.5$



(c) $T = 1.0$

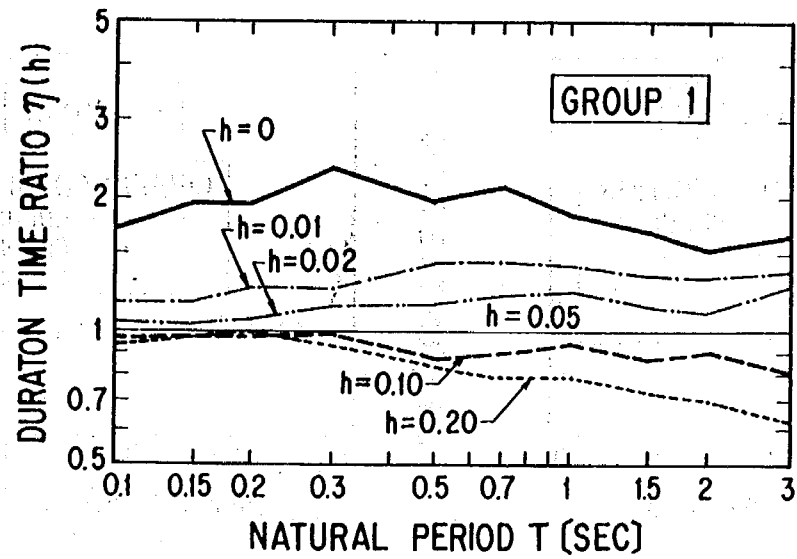


(d) $T = 3.0$

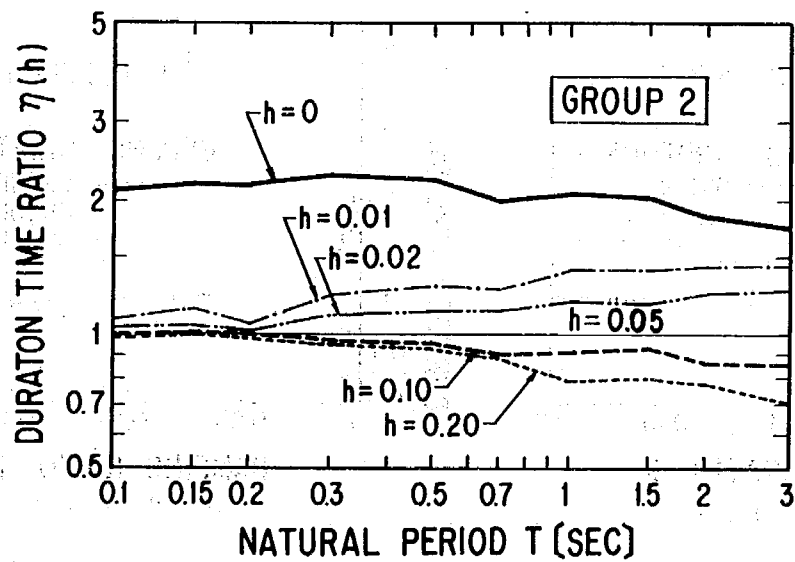


(e) $T = 5.0$

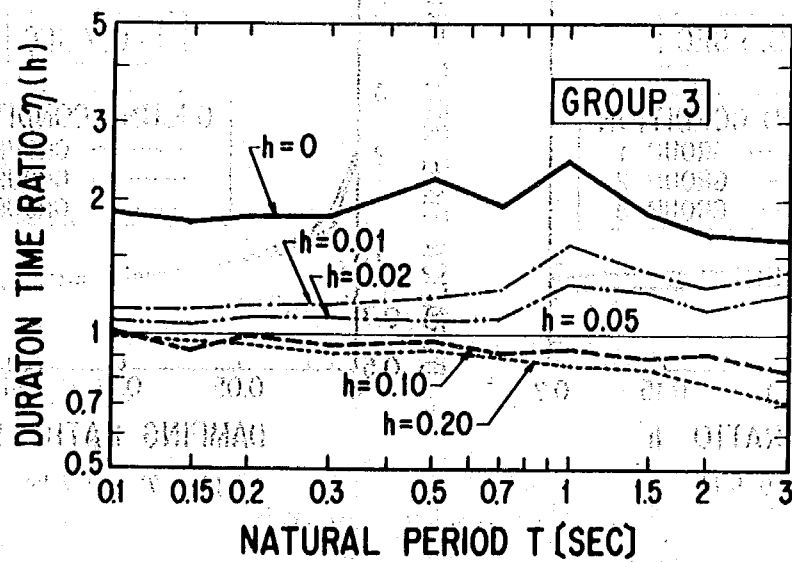
図A-2 地震記録ごとの加速度応答スペクトル比 $R(T, h)$ の比較 ($h = 0.05$ の場合)



(a) 1種地盤

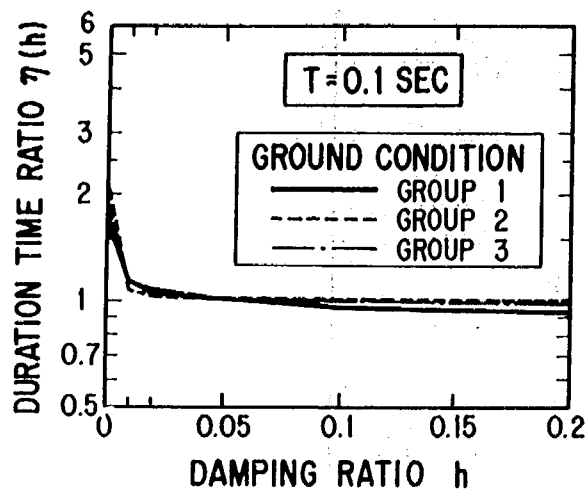


(b) 2種地盤

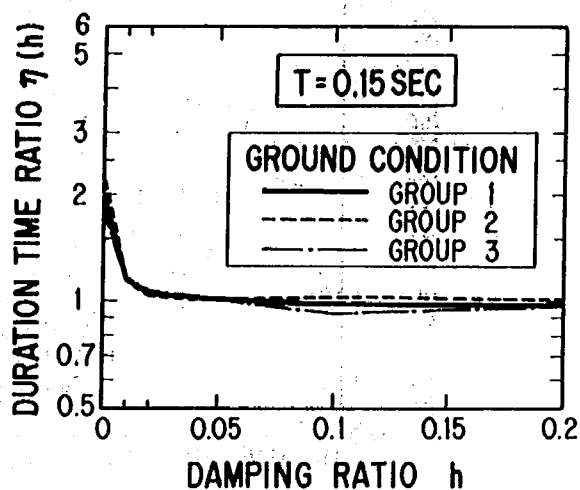


(c) 3種地盤

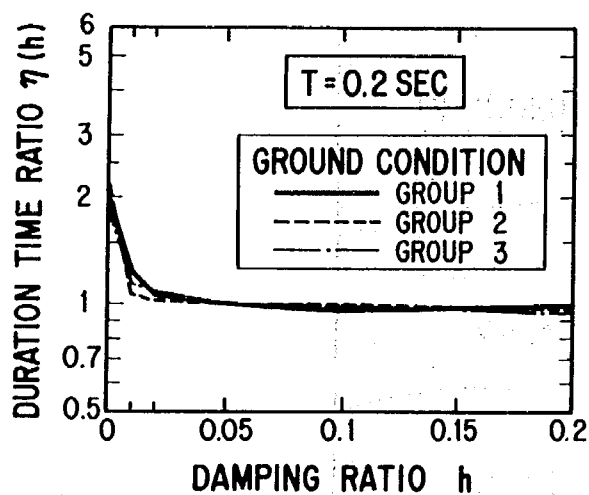
図A-3 $\eta(h) \sim T \sim h$ の関係



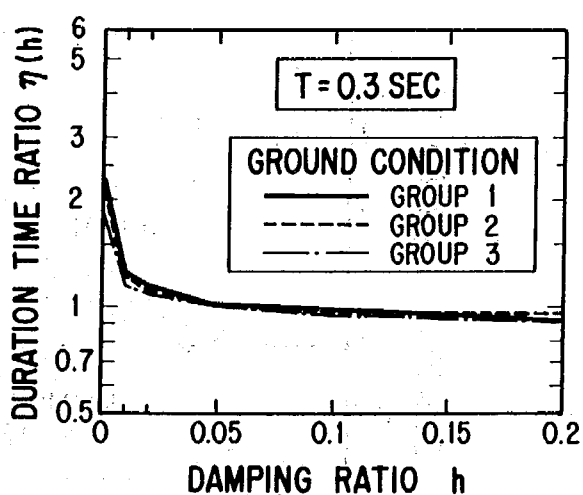
(a) $T = 0.1$ 秒



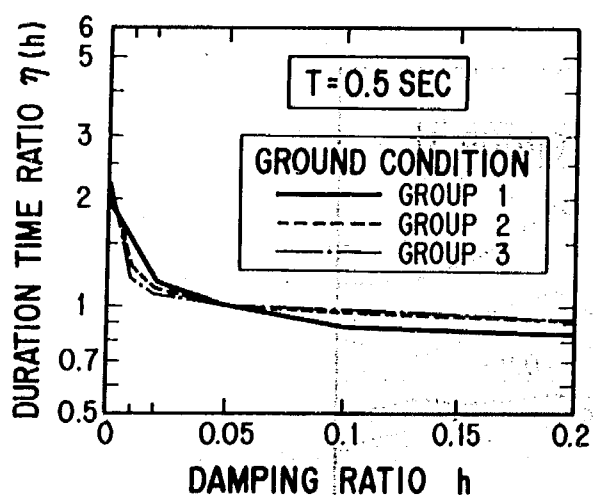
(b) $T = 0.15$ 秒



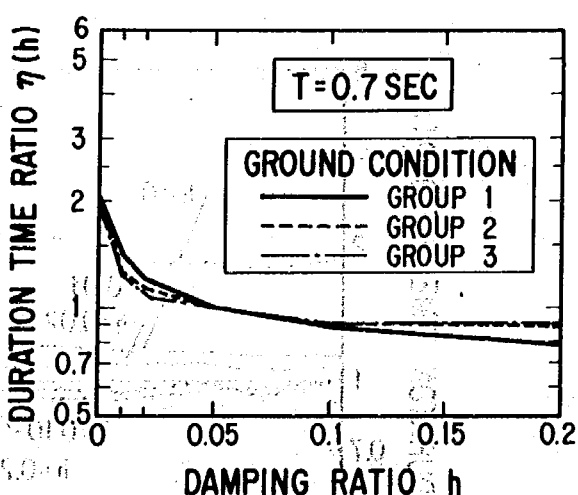
(c) $T = 0.2$ 秒



(d) $T = 0.3$ 秒



(e) $T = 0.5$ 秒



(f) $T = 0.7$ 秒

図 A-4 (1) $\eta(h) \sim h$ の関係

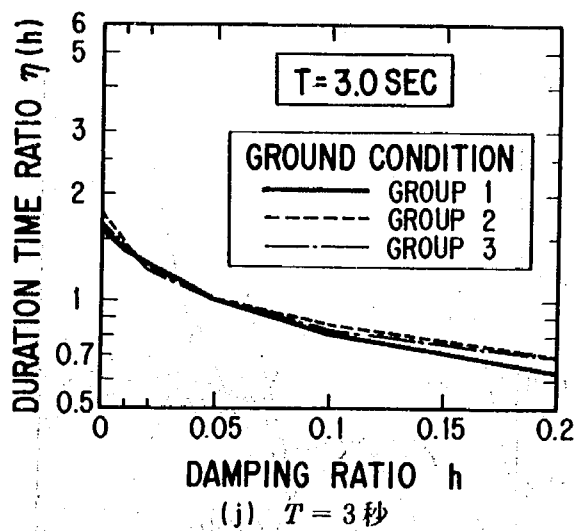
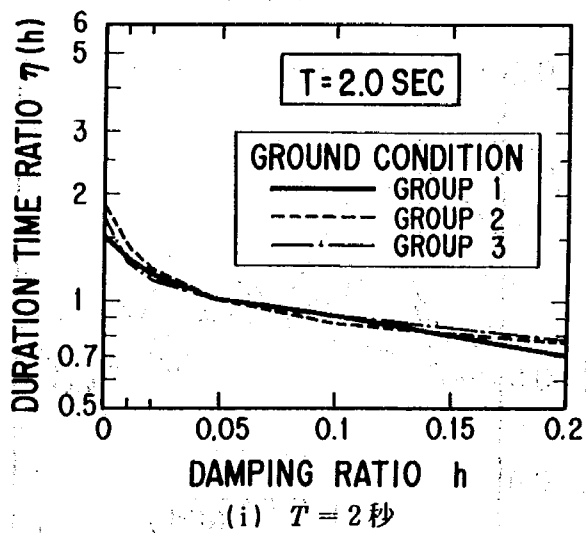
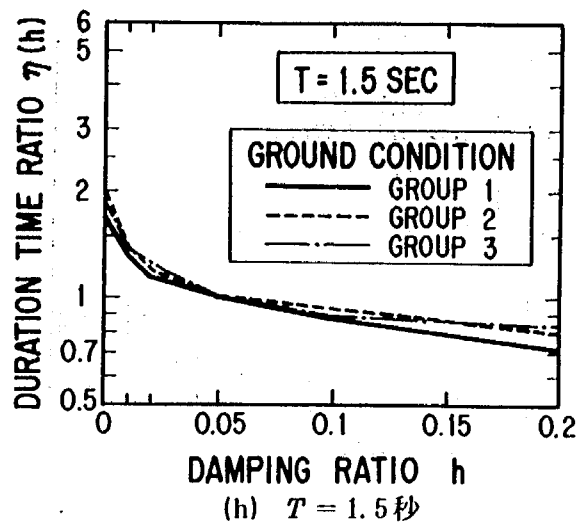
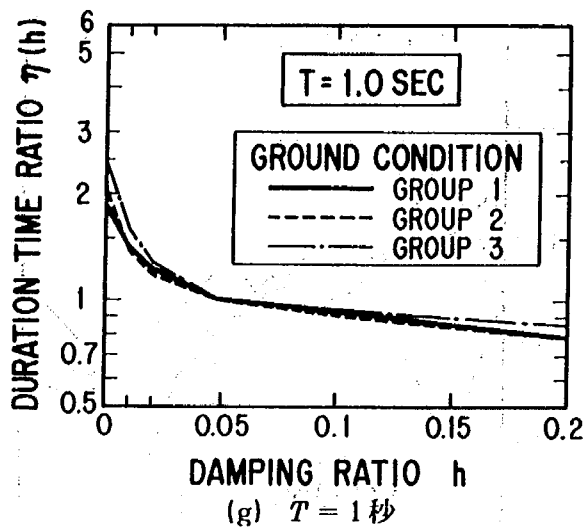
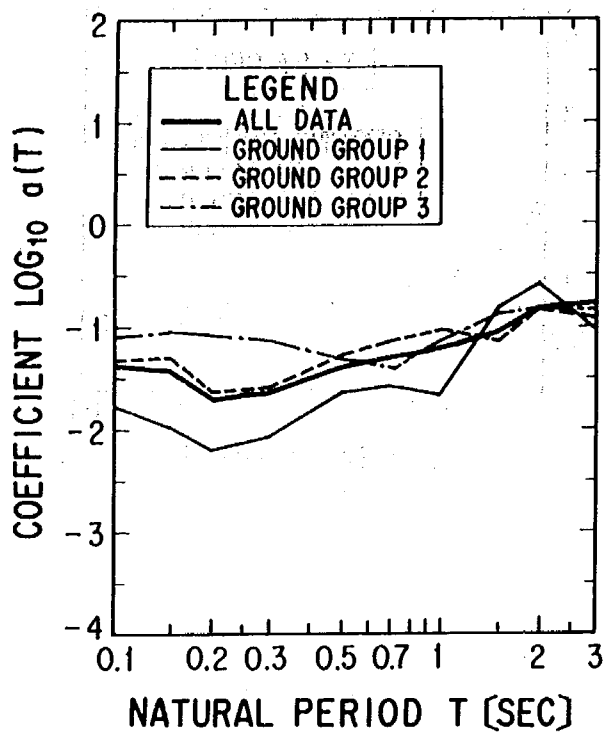
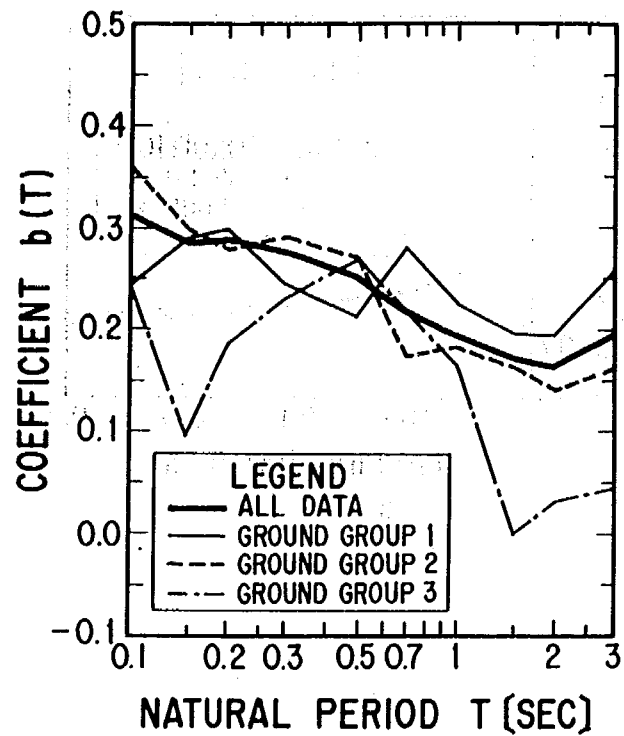


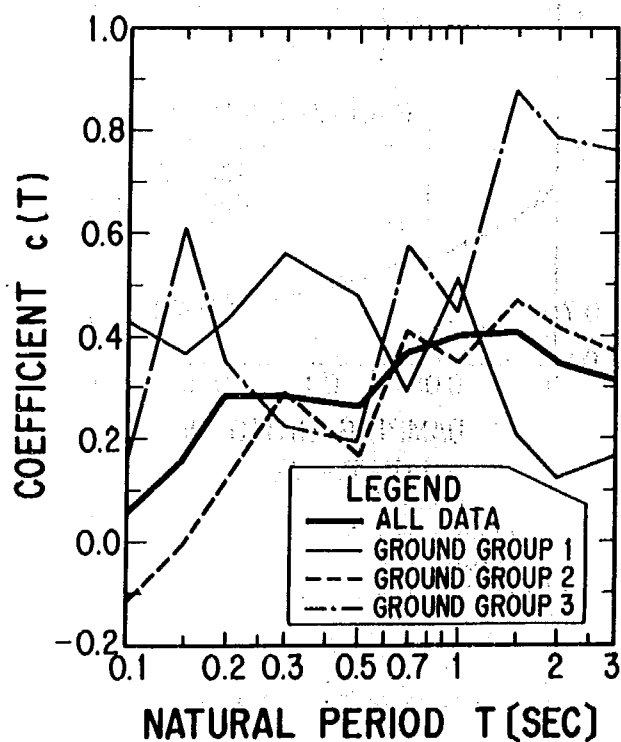
図 A-4 (2) $\eta(h) \sim h$ の関係



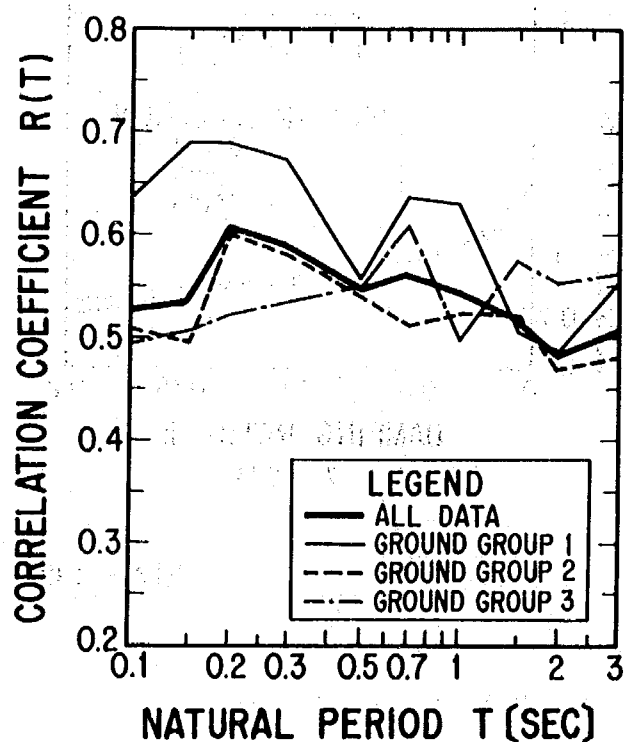
(a) 係数 $a(T)$



(b) 係数 $b(T)$

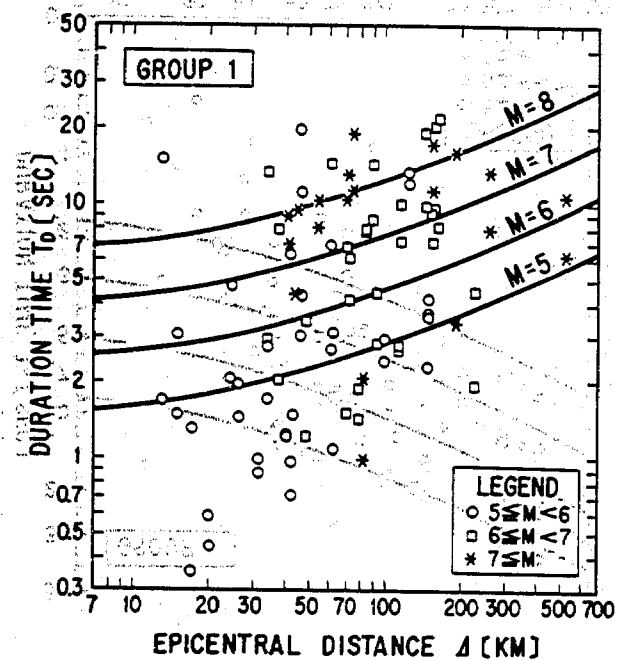


(c) 係数 $c(T)$

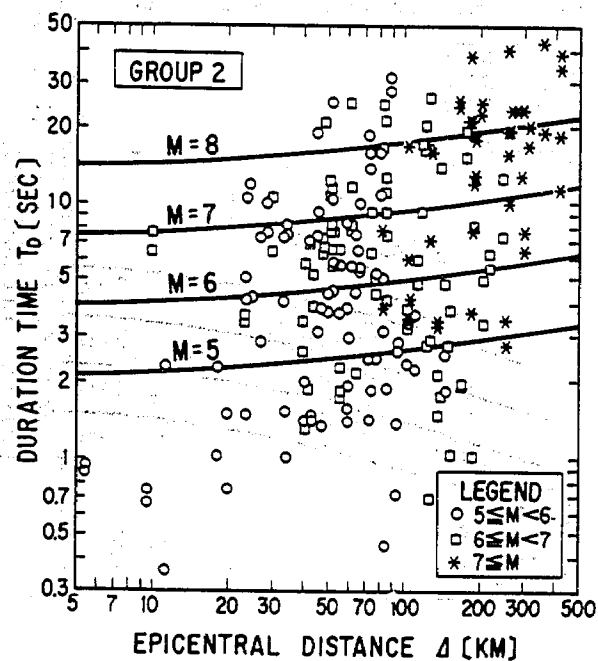


(d) 重相関係数 $R(T)$

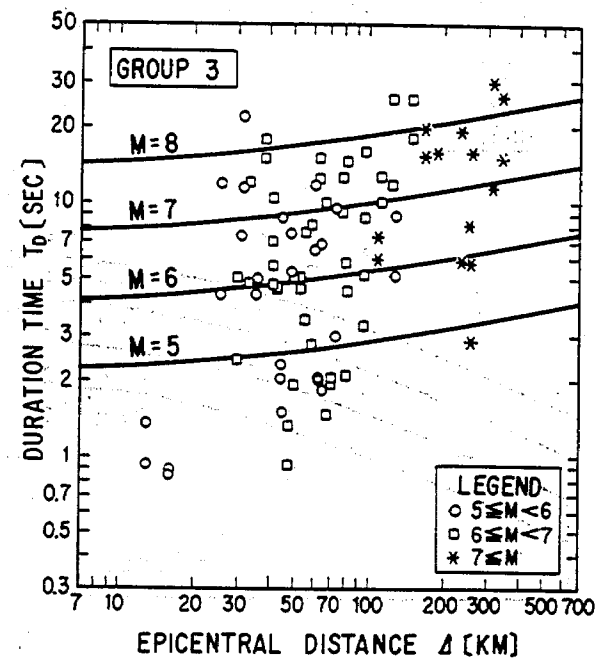
図 A-5 式 (A-8) の係数 $a(T)$, $b(T)$, $c(T)$ および重相関係数 $R(T)$



(a) 1種地盤

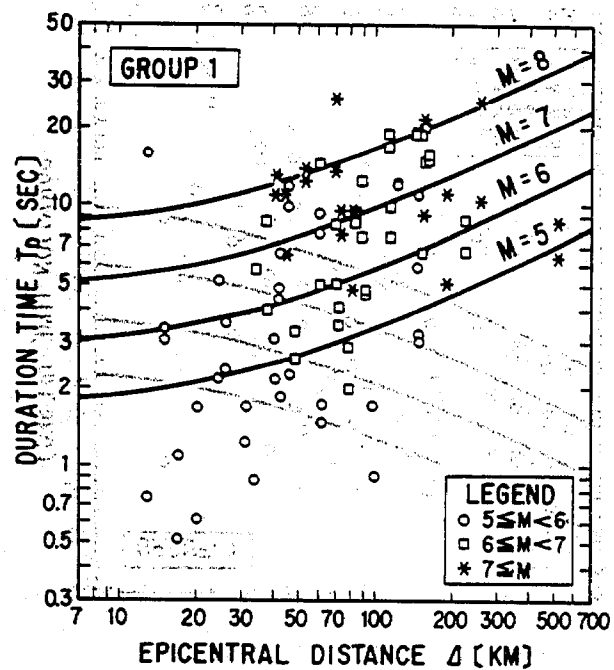


(b) 2種地盤

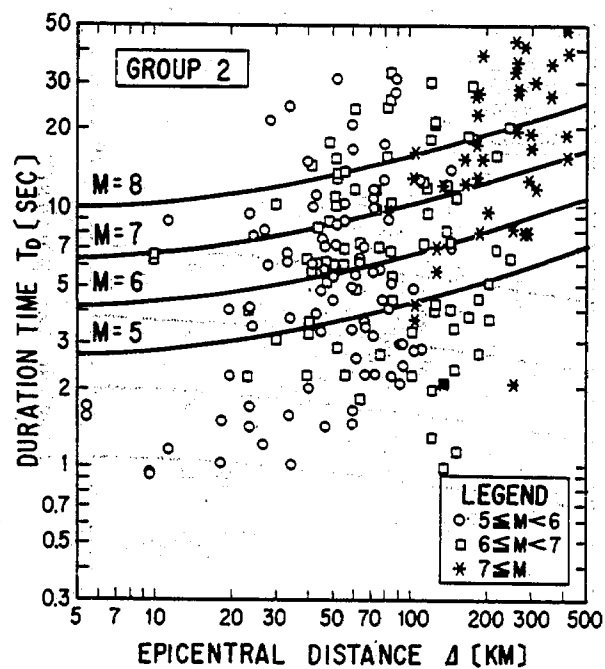


(c) 3種地盤

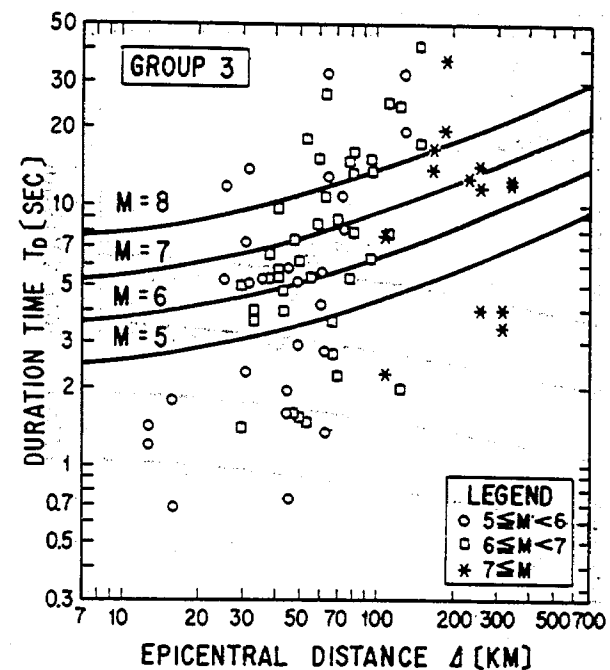
図A-6(1) 実測値と式(A-8)の比較 ($T = 0.5$ 秒の場合)



(a) 1種地盤

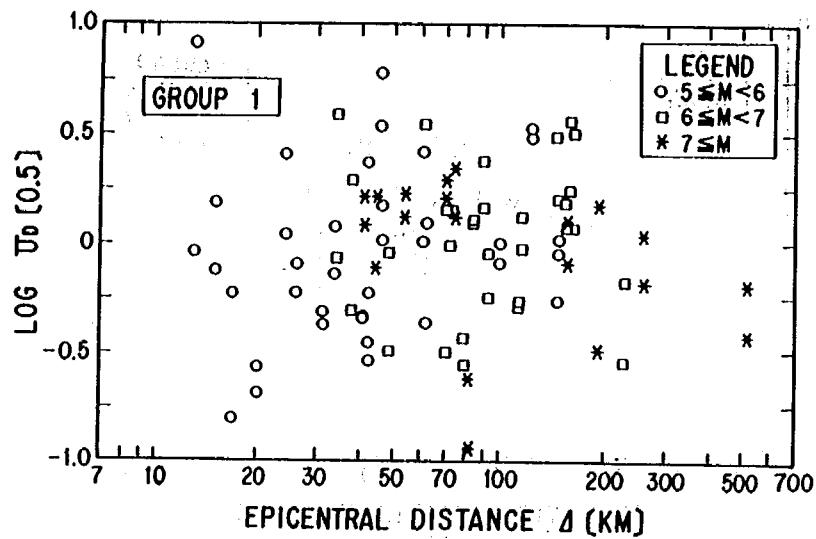


(b) 2種地盤

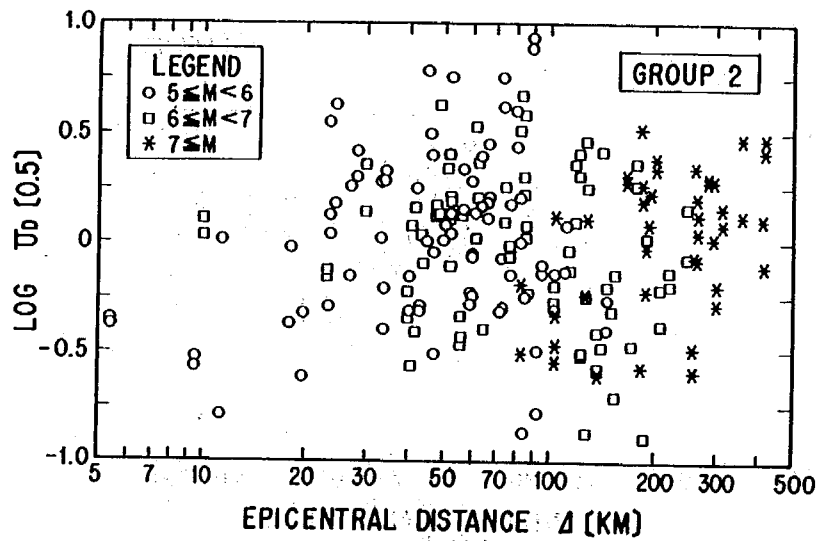


(c) 3種地盤

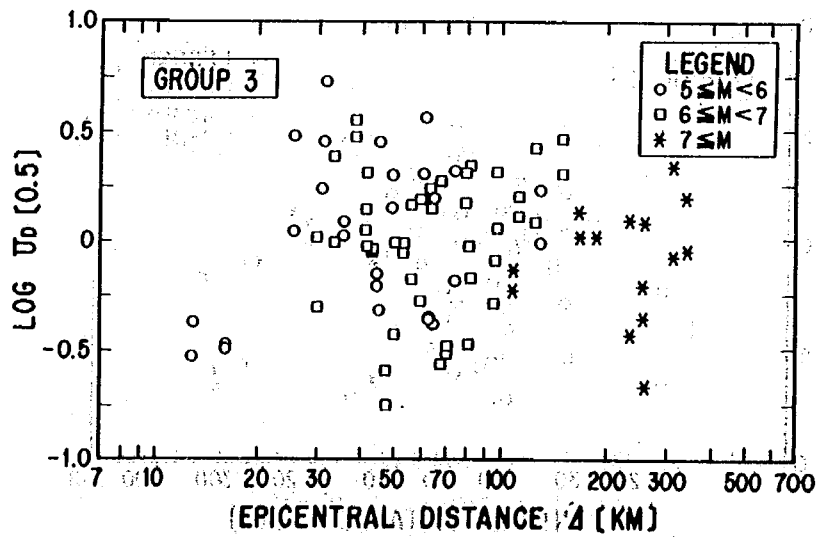
図A-6(2) 実測値と式(A-8)の比較 ($T=1$ 秒の場合)



(a) 1種地盤

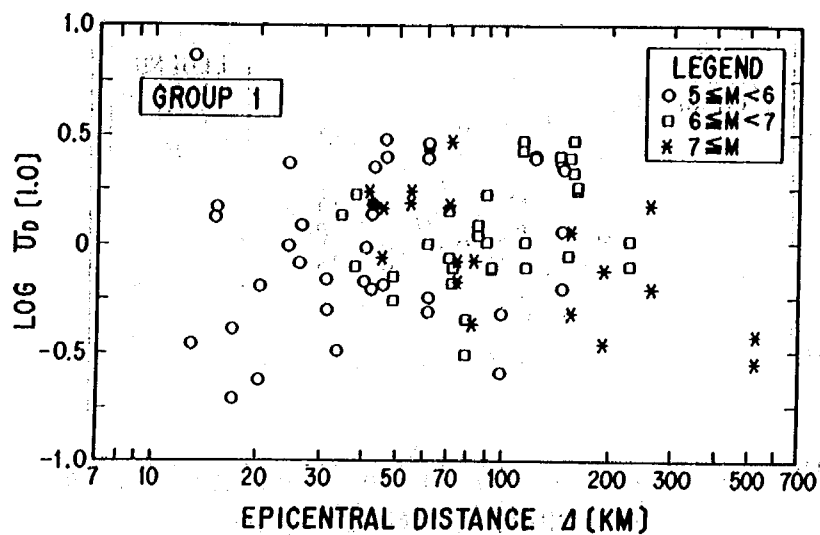


(b) 2種地盤

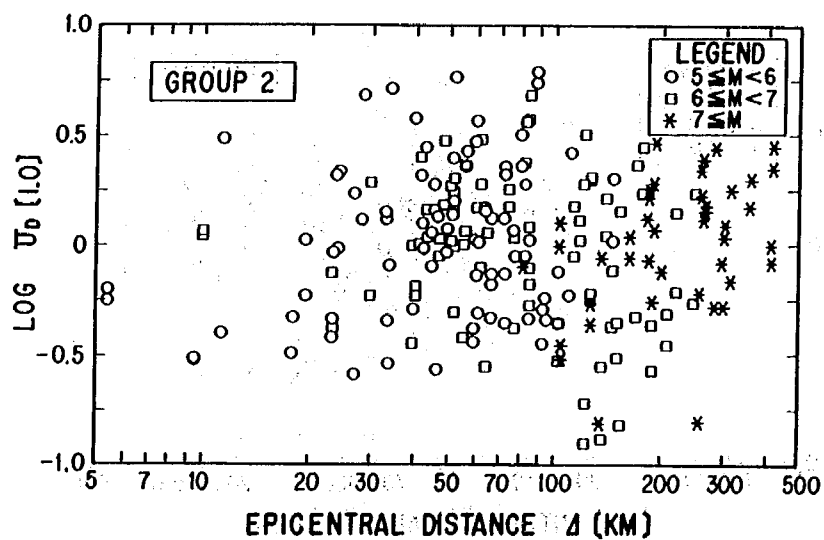


(c) 3種地盤

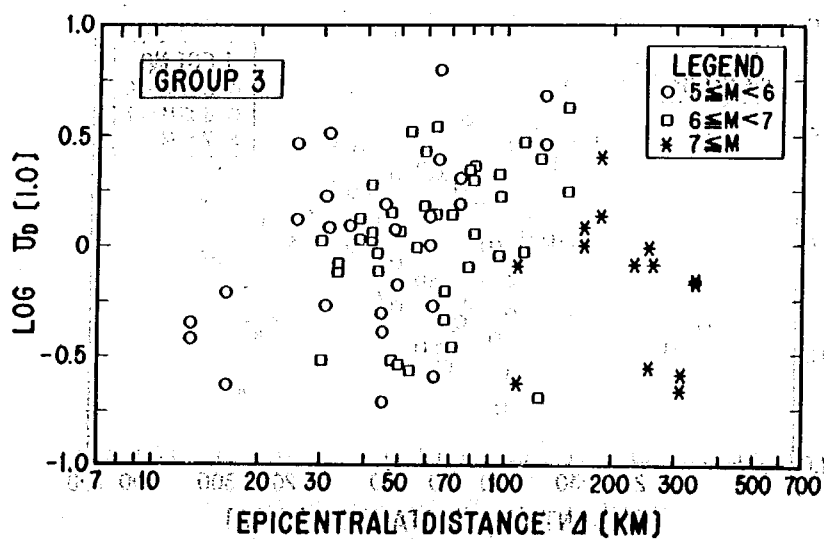
図A-7(1) $U_0 \sim \Delta \sim M$ の関係 ($T = 0.5$ 秒の場合)



(a) 1種地盤

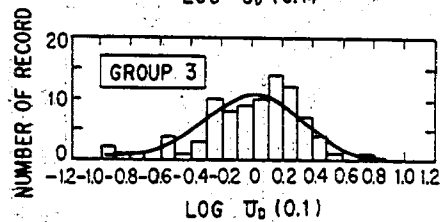
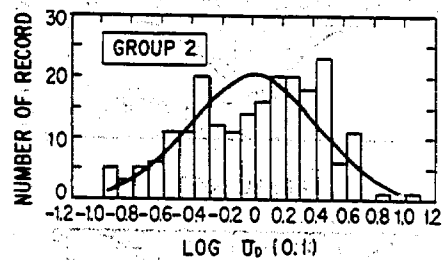
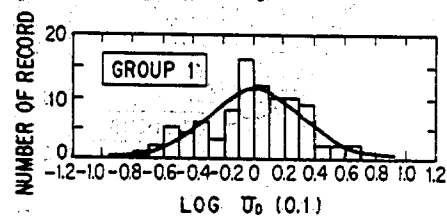
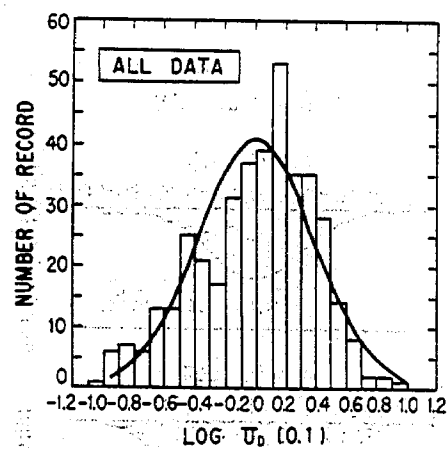


(b) 2種地盤

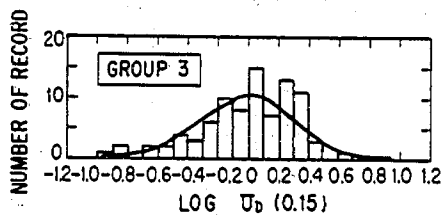
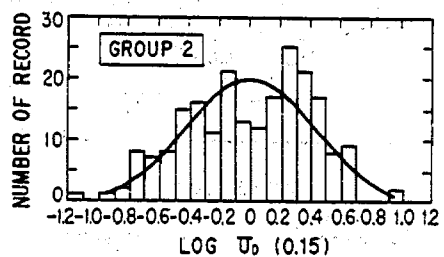
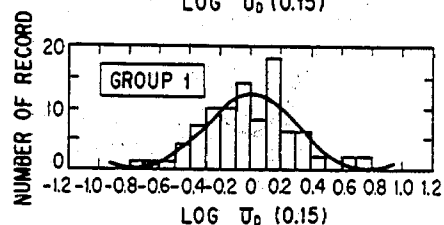
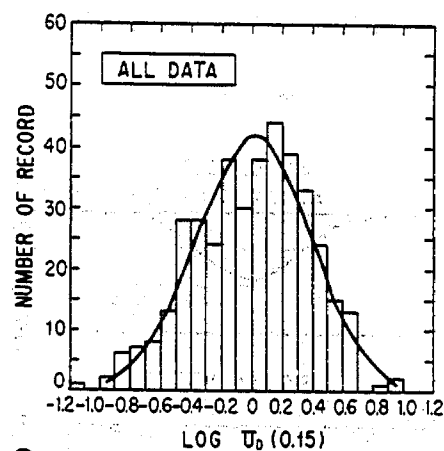


(c) 3種地盤

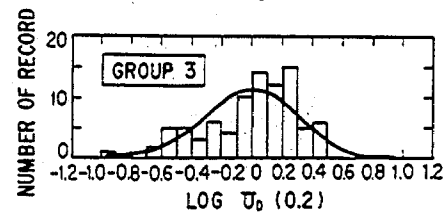
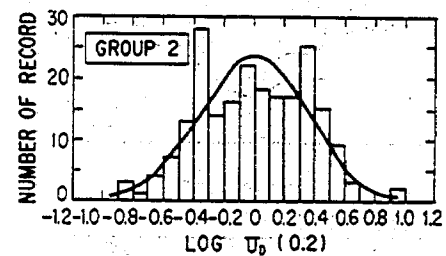
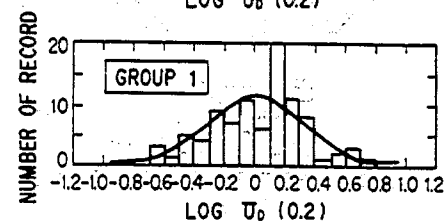
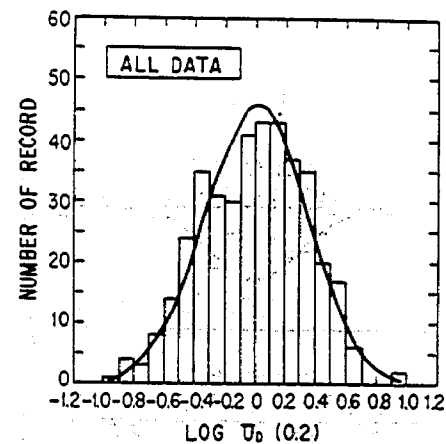
(図A-7(2)) $U_D \sim \Delta \sim M$ の関係 ($T = 1$ 秒の場合)



(a) $T = 0.1$ 秒

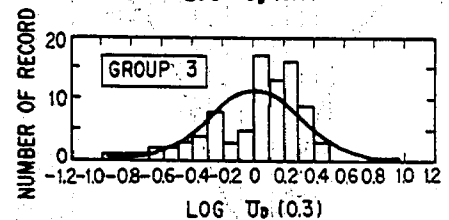
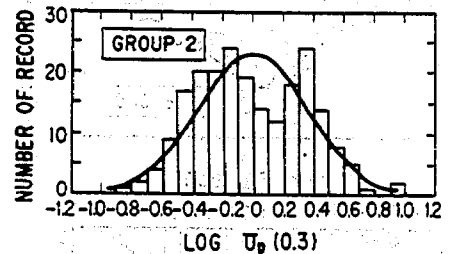
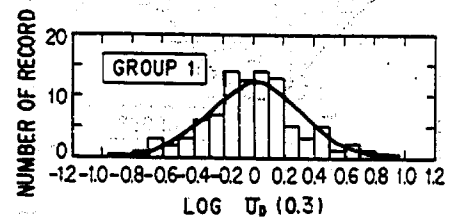
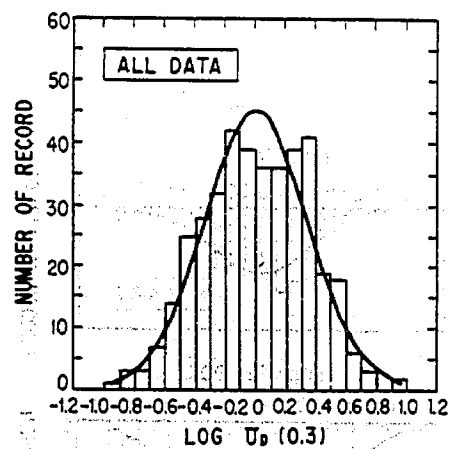


(b) $T = 0.15$ 秒

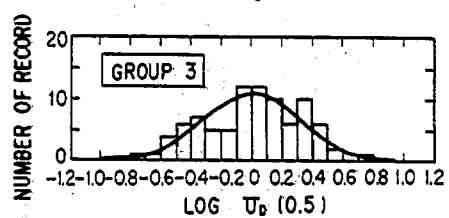
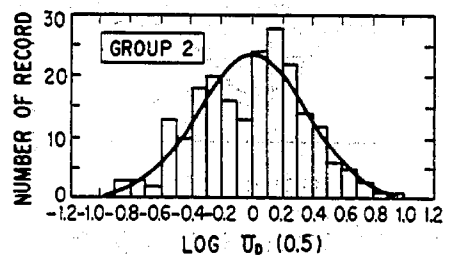
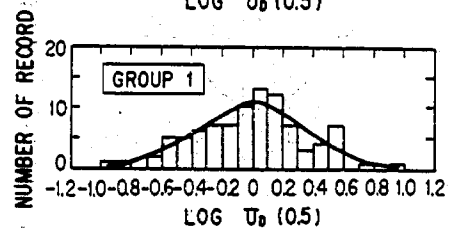
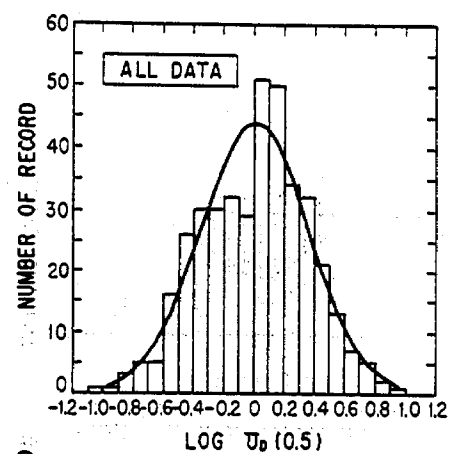


(c) $T = 0.2$ 秒

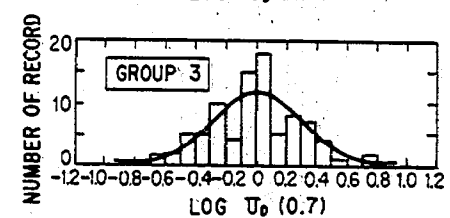
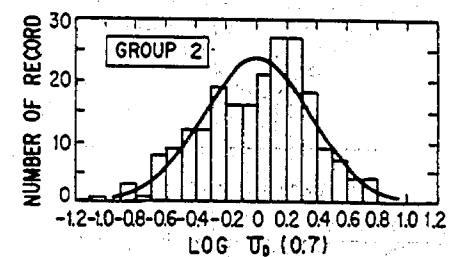
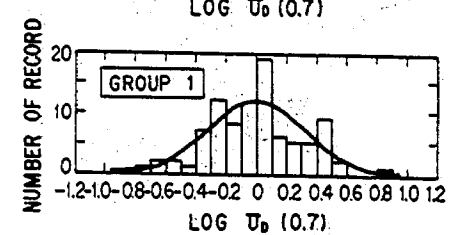
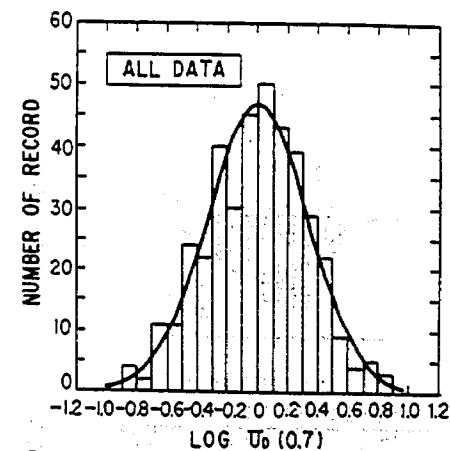
図 A - 8 (1) $U_b(T)$ の頻度分布



(d) $T = 0.3$ 秒

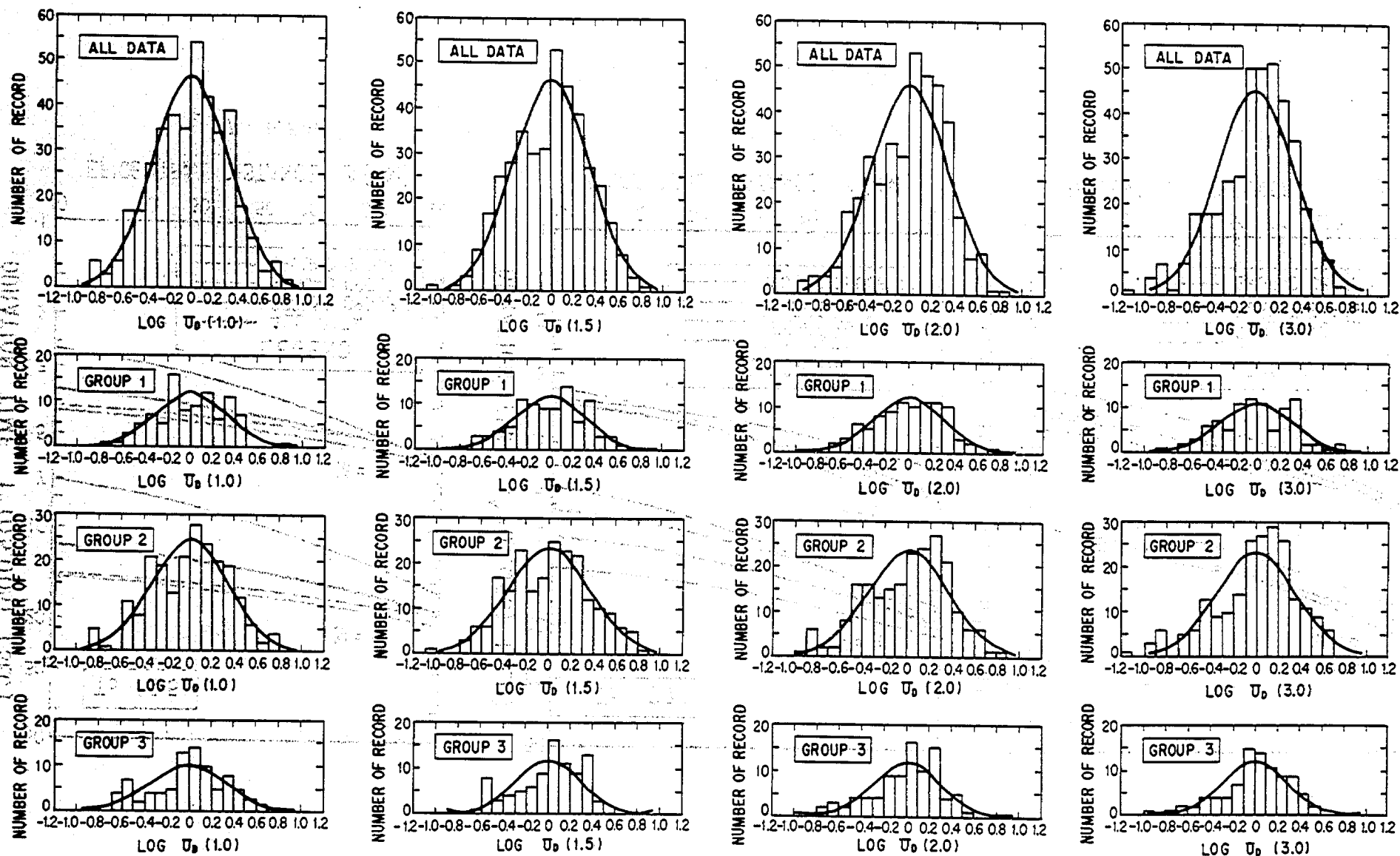


(e) $T = 0.5$ 秒



(f) $T = 0.7$ 秒

図 A-8 (2) $U_D(T)$ の頻度分布



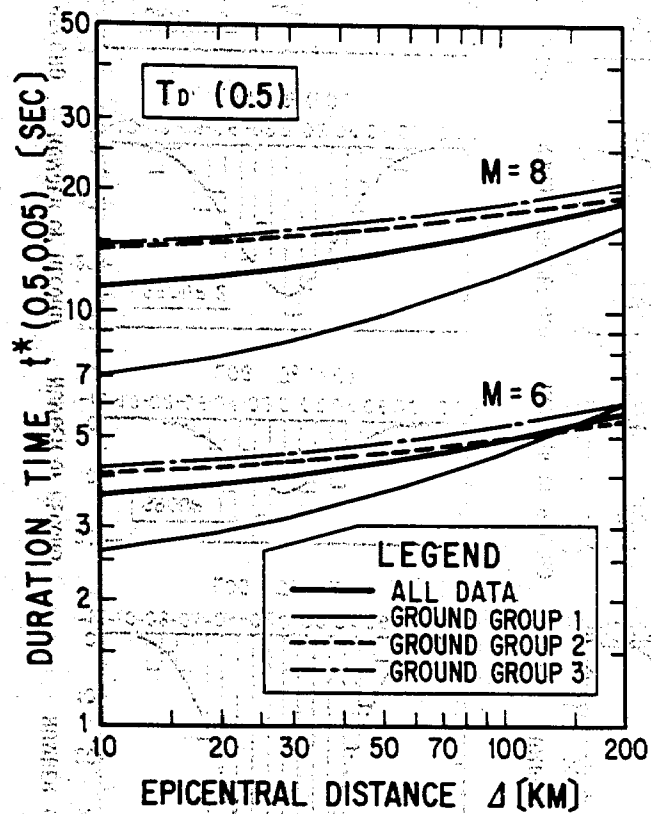
(g) $T = 1$ 秒

(h) $T = 1.5$ 秒

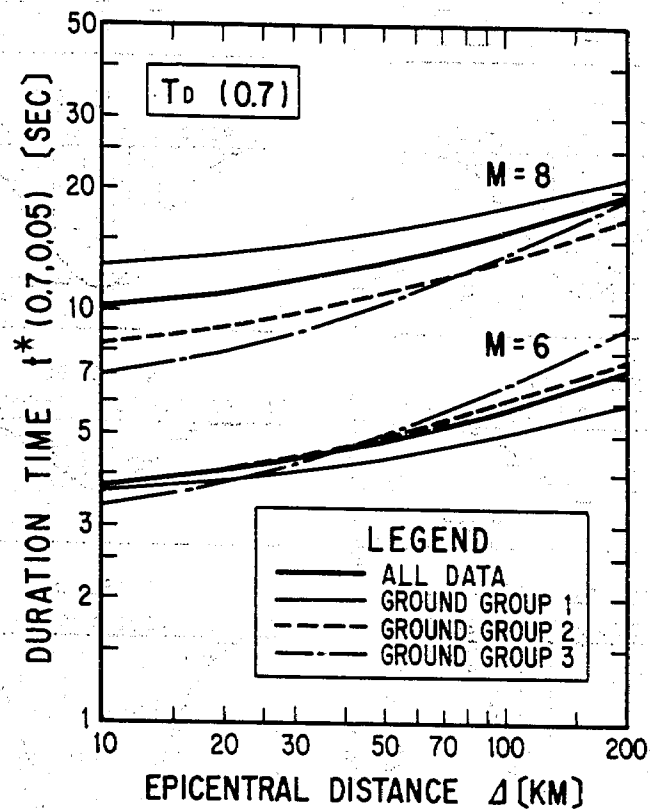
(i) $T = 2$ 秒

(j) $T = 3$ 秒

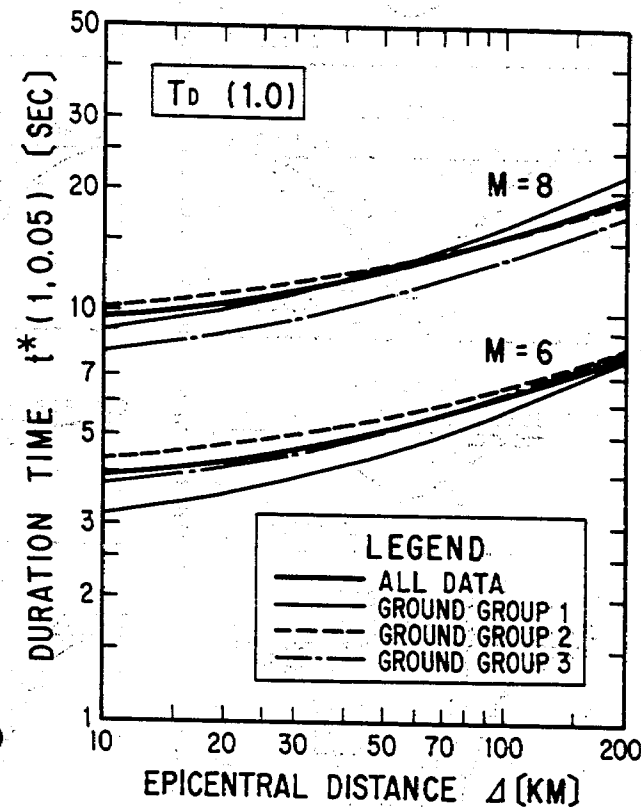
図 A - 8 (3) $U_b(T)$ の頻度分布



(a) $T = 0.5$ 秒



(b) $T = 0.7$ 秒



(c) $T = 1$ 秒

図 A - 9 $t(T, 0.05)$ の試算結果

最大地震動および地震応答スペクトルの推定法

ISSN 0386-5878
土研資料第2118号
昭和59年3月

— (その7) 地震動加速度の継続時間の推定法 —

荒川直士, 川島一彦,
田村敬一, 相沢 興,
高橋和之

キーワード 耐震設計, 設計地震力

要 旨 本資料は地震動の継続時間を, i) 一定加速度以上の加速度の継続時間, ii) 最大加速度に対する一定比率以上の加速度の継続時間, の2種類の方法で定義し, 我国の地盤上で得られた394成分の強震記録に基づき, これら2種類の継続時間の特性を検討した結果をとりまとめたものである。



郵便はがき

40円切手を
はって下さ
い。

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

地震防災部振動研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第 2118 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 2118 号

最大地震動および地震応答スペクトル
の推定法 (その 7)

