

土 木 研 究 所 資 料

湾岸埋立て地における地震動の 増幅特性に関する解析的検討

平成4年2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、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

湾岸埋立て地における地震動の 増幅特性に関する解析的検討

Analytical Study on the Amplification Characteristics of Ground Motions on Areas of Bay Shore Reclaimed Land

振動研究室 室 長 常 田 賢 一

主任研究員 田 村 敬 一

研 究 員 相 沢 興*

深 田 秀 実

要 旨 湾岸埋立て地における地震動の増幅特性に関する解析的検討

地震動特性が地盤条件の影響を強く受けることは従来よりよく知られているところであるが、近年開発が進められている湾岸埋立て地のような極めて軟弱な地盤については、実測の強震記録がほとんど得られていないこと等から、その地震動特性については十分には解明されていないのが実情である。本研究では、東京湾沿岸の埋立て地19地点を対象として地盤の一次元地震応答解析を行い、その結果をもとに最大加速度、最大変位並びに加速度応答スペクトルの地盤内増幅特性について、地盤の特性値と関連付けて検討した。また、軟弱地盤上の加速度応答スペクトル特性と地盤の特性値との関係について検討した。本研究により、最大加速度の増幅率は、一般に、地盤の特性値が長くなるのに伴い低下するが、最大変位の増幅率は反対に増加すること、また、いずれの増幅率も地震動レベルが高くなると低下すること、等の知見が系統的に得られた。また、実務的には単一の地盤種別とされている軟弱地盤でも、地盤の特性値により加速度応答スペクトル特性には、特に長周期領域において差異が認められることが明らかになった。

キーワード：埋立て地，軟弱地盤，地震動，耐震設計

まえがき

軟弱地盤における工学的な地震動特性については従前より種々の研究が実施されているが、地震動の地盤内増幅特性に限っても多くの議論があるのが実情である。また、設計実務においては、地盤条件に応じて入力地震動を定めているものの、従来は極めて軟弱な地盤上に重要な構造物が建設される事例が比較的少なかったこと等から、硬質地盤の場合と比較して軟弱地盤の区分は広い範囲を単一の地盤種別とし、その範囲に対して共通の入力地震動を設定している。しかるに、近年では首都圏を始めとする多くの地域で大規模なウォーター・フロント開発が進められ、湾岸埋立て地のような極めて軟弱な地盤においても大規模かつ重要な構造物が建設される事例が増加してきた。

以上のような観点から本研究では、東京湾沿岸の埋立て地19地点を対象として統一的に基盤を設定した上で地盤の一次元地震応答解析を行い、最大加速度、最大変位並びに加速度応答スペクトルの地盤内増幅特性について検討した。地震応答解析の入力地震動としては、地中もしくは岩盤上で得られた4種類の実測強震記録を最大加速度を3段階に変化させて使用した。各地点の地盤条件は地盤の特性値で代表させることとし、上記の地震動増幅特性に及ぼす地盤の特性値、入力地震動レベル等の影響について系統的に検討した。また、実務的には同一の地盤種別に区分されるものの、地盤の特性値が異なる地点における加速度応答スペクトルを比較することによりスペクトル特性の差異について検討した。

平成4年2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

研 究 員 相 沢 興*

深 田 秀 実

* 現 建設省関東地方建設局甲府工事事務所

目 次

まえがき

1. 解析対象地点	1
2. 入力地震動	8
3. 地盤の地震応答解析	13
4. 最大加速度および最大変位の増幅特性	18
5. 加速度応答スペクトルの増幅特性	20
6. 軟弱地盤上の加速度応答スペクトル特性	23
7. 結 論	25
謝 辞	26
参 考 文 献	27

付 属 資 料

1. 最大加速度の深度分布	29
2. 加速度応答スペクトルの増幅率	37
3. 地表面上の加速度応答スペクトル	47
4. 地表面上の加速度応答スペクトル倍率	57

1. 解析対象地点

解析対象地点は東京湾沿岸の埋立て地19地点である。図1.1に解析対象地点の位置を示す。解析に必要な地盤条件は、No.1～No.11地点については参考文献2)をもとに、また、No.12～No.19地点については東京都港湾局より御教示頂いた資料³⁾をもとに設定した。なお、地点の選出に当っては図1.2に示す埋立て造成年代⁴⁾および図1.3に示す埋立て地盤分類⁵⁾を参照し、種々の条件の地点が含まれるよう配慮した。図1.4に地震応答解析用に設定した各地点の地盤モデルを示す。表1.1は解析対象地点の基盤深度および地盤の特性値を示したものである。ここで、基盤面は、道路橋示方書耐震設計編⁶⁾を参考にして、せん断波速度が300m/s以上、もしくは、N値が50以上の地層の上面とした。また、地盤の特性値 T_G (s)は次式により算出した。

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}} \dots\dots\dots (1.1)$$

ここで、

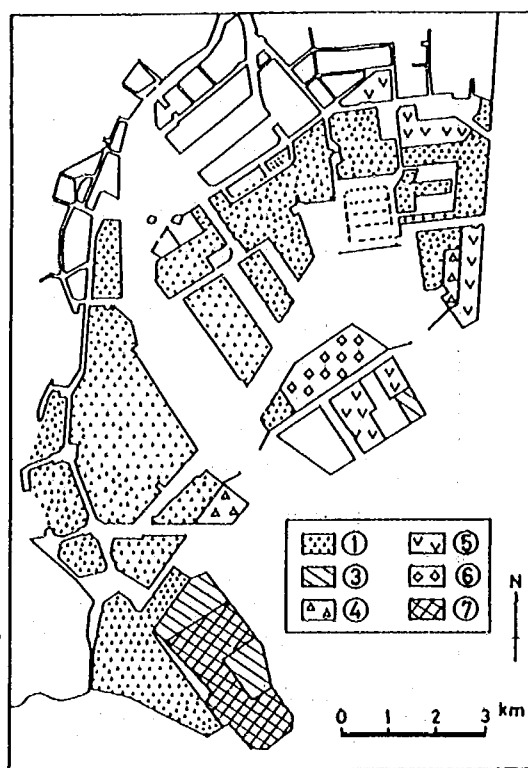
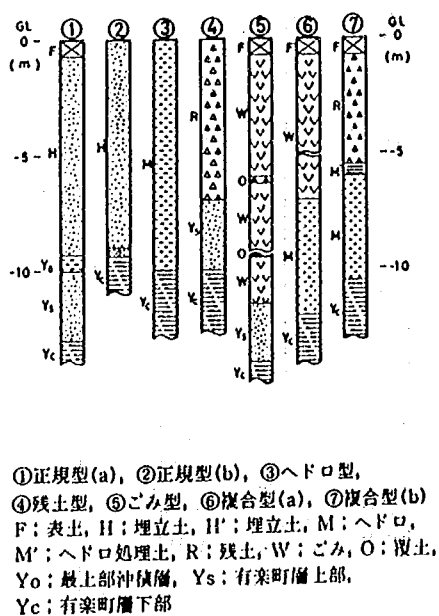
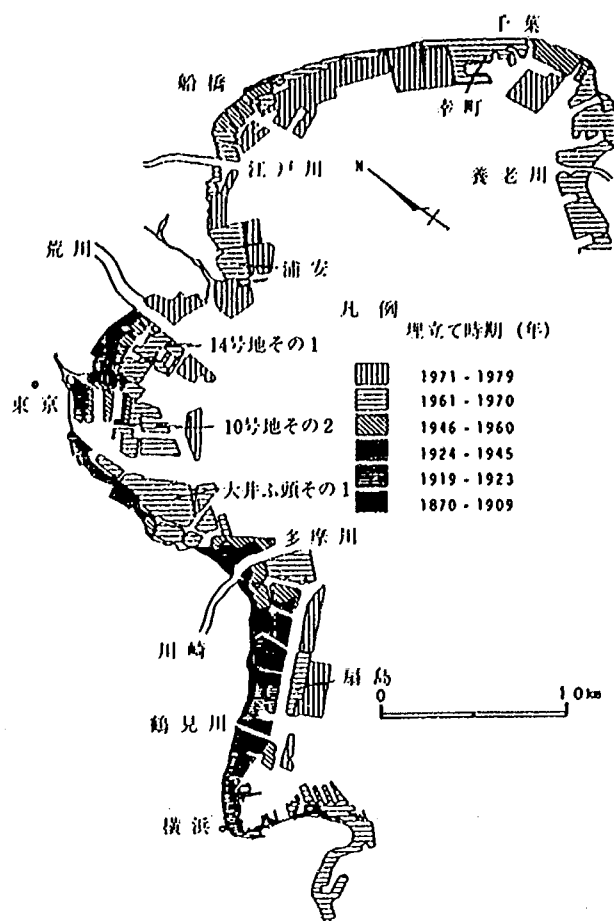
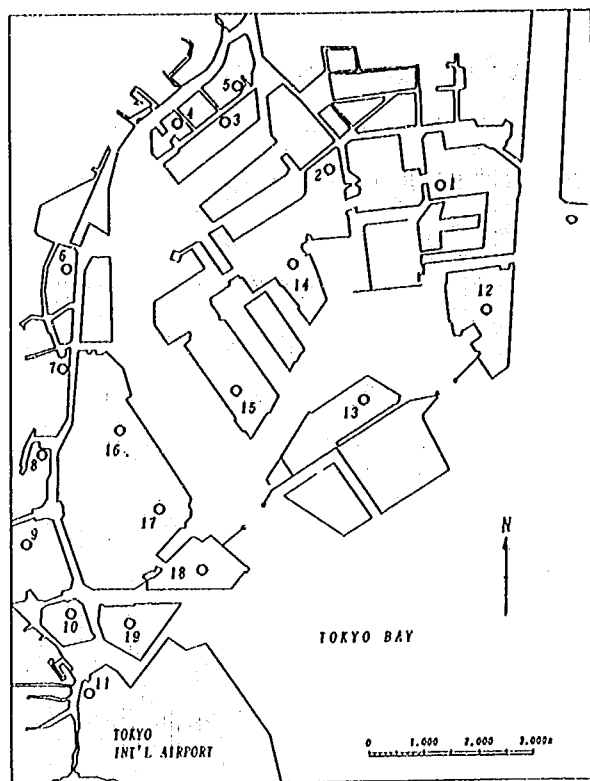
H_i : i 番目の地層の厚さ (m)

V_{si} : i 番目の地層のせん断波速度 (m/s)

解析対象地点の大部分は、道路橋示方書耐震設計編の地盤種別では、 $T_G \geq 0.6$ (s)のIII種地盤に属する。また、図1.5に基盤深度 D_f と地盤の特性値 T_G との関係を示す。同図からわかるように D_f の増加に伴い、 T_G は概ね線形的に増加している。

表1.1 解析対象地点の一覧

番号	地 点 名	基盤深度 D_f (m)	地盤の特性値 T_G (s)
1	夢の島	53.0	1.64
2	江東区東雲一丁目	55.5	1.77
3	中央区晴海一丁目	33.0	1.23
4	中央区勝どき五丁目	17.0	0.46
5	中央区月島四丁目	32.5	0.69
6	港区港南三丁目	18.5	0.60
7	品川区東品川三丁目	21.5	0.81
8	勝島運河	18.5	0.43
9	平和島一丁目	26.5	0.55
10	昭和島	18.0	0.49
11	羽田空港	23.0	0.61
12	十五号地	62.5	1.83
13	中央防波堤	51.5	1.62
14	鉄鋼埠頭	43.5	1.13
15	十三号地	67.5	1.64
16	品川区八潮	32.5	0.99
17	大田区東海	52.0	1.63
18	城南島	68.0	2.18
19	京浜島	46.5	1.31



TOKYO No. 1

DEPTH[m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
0.6	As				1.50	239
	As		125		1.75	279
10						
12.0						
20	Ao	100			1.75	179
30						
34.0	Os		155		1.85	454
40						
41.0	Os			250	1.85	1180
50						
53.0		BASE				
60	Dg			300	2.10	1929

(a) No.1地点

TOKYO No. 2

DEPTH[m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
1.0	Ao				1.50	153
	Ao		100		1.65	168
7.0	As		125		1.70	271
10						
20	Ao	100			1.75	179
30						
30.0	Ao		160		1.75	457
40						
42.0	Os				1.80	470
44.5						
50	Do		200		1.75	714
55.5		BASE				
60	Os			300	2.00	1837

(b) No.2地点

TOKYO No. 3

DEPTH[m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
1.5	As				1.55	101
5.5	Ao	80			1.75	114
10						
20	Ao	100			1.75	179
23.0						
27.0	As		115		1.85	250
30	As			215	1.85	873
33.0		BASE				
	Dg			300	2.10	1929

(c) No.3地点

TOKYO No. 4

DEPTH[m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
1.0	Ao				1.50	153
	As		100		1.80	184
4.0	Ao				1.75	179
6.5						
10	As		215		1.85	873
17.0		BASE				
20	Os			300	2.00	1837

(d) No.4地点

図1.4(1) 地盤モデル

TOKYO No. 5

DEPTH[m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
0.5	Ao	80			1.50	98
1.5	Ao				1.70	111
8.0	As	135			1.80	335
10	Do				1.75	825
13.0						
20	Da	215			1.85	873
24.0						
30.0	Do	270			1.80	1339
30.0	Da				1.95	1791
32.5	Dg	BASE			2.10	1929

(e) No.5地点

TOKYO No. 6

DEPTH[m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
2.0	Ao	100			1.60	153
3.5	Ao				1.70	173
5.5	As	115			1.80	243
10	Ao	100			1.75	179
13.5	Ao				1.75	825
15.0	Dg	1215			2.10	1929
18.5		BASE				
20	Do		300		1.80	1659

(f) No.6地点

TOKYO No. 7

DEPTH[m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
1.0	Ho	80			1.55	101
6.5	Ho				1.70	111
10	Ao	125			1.75	279
20						
21.5		BASE				
30	Dg		300		2.10	1929

(g) No.7地点

TOKYO No. 8

DEPTH[m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
2.0	Ho	80			1.55	101
4.0	As	170			1.80	531
10	Ao	200			1.75	714
17.5	As	230			1.90	1020
18.5		BASE				
20	Dg		300		2.10	1929

(h) No.8地点

図1.4(2) 地盤モデル

TOKYO No. 9

DEPTH[m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
2.0	Hs	80			1.55	101
4.5	As		170		1.80	531
	Ac			215	1.75	625
10.0	As				1.90	696
13.0						
20.0	Os			270	1.80	1339
26.5						
30.0	Os			300	2.00	1837
		BASE				

(i) No.9地点

TOKYO No. 10

DEPTH[m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
1.5	As				1.60	163
	Ac	100			1.80	184
0.0						
9.0	As		135		1.80	335
10.0	Ac			215	1.75	625
12.0	As			235	1.85	1043
18.0						
20.0	As			300	1.95	1791
		BASE				

(j) No.10地点

TOKYO No. 12

DEPTH [m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
20.0	As				1.60	163
	Ac	100			1.75	179
10.0	As					
12.0						
	As		135		1.80	335
20.0						
21.0	Ac			100	1.75	179
30.0						
35.0	Ac			160	1.75	457
40.0						
45.5	Os			250	1.85	1180
48.5						
50.0	Os			230	1.80	972
55.0						
60.0	Os			300	1.90	1745
62.5	Os			270	1.80	1339
		BASE			2.00	1837

(l) No.12地点

TOKYO No. 11

DEPTH[m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
1.0	Hs	80			1.55	101
4.5	Hs				1.70	111
	Ac		170		1.75	516
10.0	As			200	1.85	755
18.0	Os			215	1.80	849
20.0						
23.0	Os			300	1.95	1791
		BASE				

(k) No.11地点

図1.4(3) 地盤モデル

TOKYO No. 13

DEPTH (m)	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY (m/s)			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
0.5	Ac	80			1.55	101
5.0	Ac				1.60	104
10	Ac	125			1.70	111
15.0					1.70	271
20	Ac	160			1.80	470
26.0						
30	Ac	300			1.95	1791
40						
41.0	Ds	BASE			2.00	1837
50	Ds					
51.5						

(m) No.13地点

TOKYO No. 14

DEPTH (m)	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
2.0	Ac	100			1.50	153
4.0	As	125			1.75	279
10	Ac	100			1.75	179
	As					
12.0	As	135			1.80	335
16.0	Ac	125			1.75	279
20	As		215		1.80	849
25.0						
30	Dc	170			1.75	516
34.5						
40	Ds				1.90	1745
40.0	Dc			300	1.80	1653
43.5	Ds	BASE			2.00	1837

(n) No.14地点

TOKYO No. 15

DEPTH (m)	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
0.5	A _s				1.60	163
2.5	A _s				1.75	179
10	A _c	100			1.75	179
	A _s	125			1.80	287
20	A _c	145			1.80	386
	D _s	200			1.80	735
30	D _c	170			1.80	531
	D _s			270	1.95	1451
60	D _c				1.85	1376
70	D _s	BASE			2.00	1837

(o) No.15地点

TOKYO No. 16

DEPTH (m)	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY (m/s)			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
1.5	A _c	100			1.50	153
7.5	A _s				1.80	287
10	A _c	125			1.75	279
20						
27.5	D _s	185			2.00	698
30	D _c	210			1.80	810
30.5						
32.5	D _c	BASE			2.10	1929
					300	

(p) No.16地点

図1.4(4) 地盤モデル

TOKYO No. 17

DEPTH [m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
1.5	A _c				1.50	53
4.0	A _s	100			1.80	184
7.5	A _c	80			1.70	111
10.0	A _s	125			1.80	287
13.5	A _c	100			1.75	179
15.5	A _s	135			1.80	335
20						
30	A _c	125			1.75	279
40						
43.5						
50	D _s		285		1.90	1575
52.0	D _s	BASE	300		2.00	1837

(a) No.17地点

TOKYO No. 18

DEPTH [m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
1.0	A _c				1.50	98
4.5	A _c	80			1.60	104
9.0	A _s	115			1.80	243
10						
20	A _c	100			1.80	184
22.0						
30	A _c	125			1.75	279
40						
40.0						
50	D _c		160		1.80	470
60						
68.0						
70	D _s	BASE	300		2.10	1929

(r) No.18地点

TOKYO No. 19

DEPTH [m]	PROFILE	SHEAR WAVE VELOCITY [m/s]			UNIT WEIGHT [g/cm ³]	SHEAR MODULUS [kg/cm ²]
		100	200	300		
2.0	A _c				1.50	153
10	A _c	100			1.70	173
13.5	A _s				1.80	335
15.5	A _c	135			1.80	287
20	A _s	125			1.90	776
20.0			200			
24.0	D _c		170		1.75	516
30	D _s		185		1.80	629
33.5						
40.5	D _c		215		1.80	849
46.5		BASE				
50	D _s		300		2.00	1837

(s) No.19地点

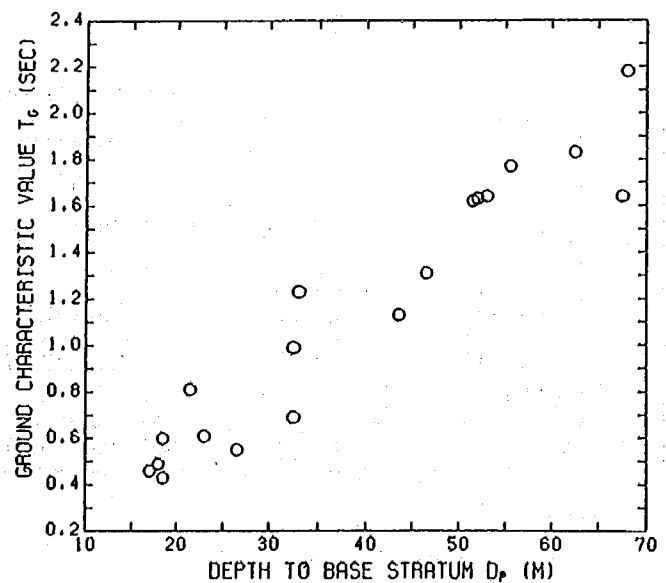


図1.5 基盤深度と地盤の特性値の関係

図1.4(5) 地盤モデル

2. 入力地震動

地震応答解析では基盤面から地震動波形を入力することとし、入力地震動としては表2.1に示す4種類の強震記録を用いた。土木研究所構内の記録は、せん断波速度約400m/sの洪積砂礫層中の地中地震記録であり、他の3記録は岩盤上で観測されたものである。図2.1に各記録の加速度波形を示す。地震応答解析では、いずれの記録についても図2.1中に示した主要動部分の20秒間を使用することとし、また、最大加速度を50, 100および150galの3種類に変化させた。図2.2に解析に使用した20秒間分の加速度波形を示す。図2.3は入力地震動の変位波形を示したものである。ここで、変位は振動数領域で加速度記録にバンドパスフィルターをかけ数値積分することにより算出した⁷⁾。バンドパスフィルターの遮断振動数は、低振動数側を1/3Hz, 高振動数側を12Hzとした⁸⁾。

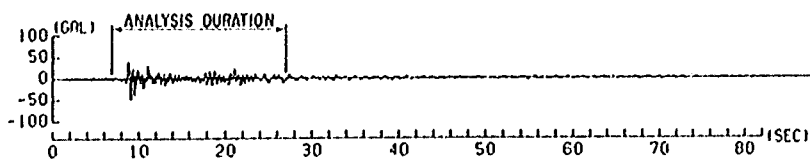
図2.4は入力地震動記録の加速度応答スペクトル倍率(減衰定数0.05)を示したものである。開北橋記録の応答スペクトル倍率は、固有周期0.2秒程度以下にピークを有し、固有周期の増加に伴い急激に減少するという岩盤上の強震記録に典型的なスペクトル特性を示す。土木研究所EQ-28記録および観音崎記録の応答スペクトル倍率は固有周期0.5秒程度までは比較的フラットな特性を有し、固有周期0.5秒程度以上では減少する。リンカーン・ヒル記録は岩盤上で得られた記録でありながら固有周期0.1秒から1秒程度まで応答スペクトル倍率が概ね一定値をとるという特異な傾向を示す。このように入力地震動の選定に当っては種々の周期特性を有する強震記録が含まれるように配慮した。

図2.5および図2.6は、それぞれ、入力地震動加速度記録およびそれから算出した変位記録のフーリエスペクトルを示したものである。加速度記録のフーリエスペクトルについては上述した加速度応答スペクトル倍率の場合と同様の傾向が認められる。また、変位記録のフーリエスペクトルは、全般に、0.5Hz程度以下の振動数範囲で優勢なパワーを有しているが、卓越振動数は記録により若干異なっていることがわかる。

表2.1 入力地震動の一覧

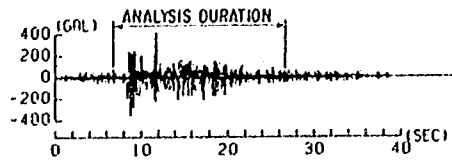
番号	記号	記録地点	地震発生 年月日	地震名	マグニ チュード	震央距離 (km)	成分
1	PWRI-28	土木研究所構内 (GL-46m)	1983.2.27	茨城県南部	6.0	22	N-S
2	KAIHOKU	開北橋	1978.6.12	宮城県沖	7.4	83	TR
3	KANNON- ZAKI	観音崎	1987.12.17	千葉県東方沖	6.7	69	N-S
4	RINCON	リンカーン・ヒル	1989.10.17	ロマ・プリエータ	7.1	95	N-S

INDEX NO. 1
 002 -45M-CO H-S
 REFERENCE ACC.
 MAX. = 49.7 (GAL)
 E.O. NO. 830227



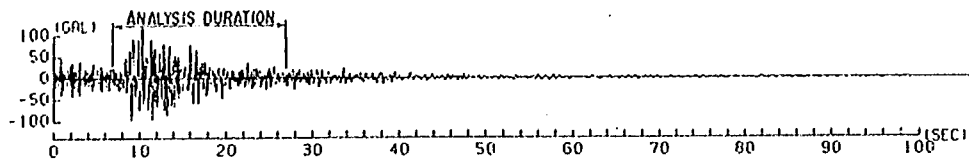
(a) 土木研究所, EQ-28

INDEX NO. 2
 302-GR-35 TR.
 KAIHOKU BRIDGEC.
 MAX. = 413.3 (GAL)
 E.O. NO. 78012



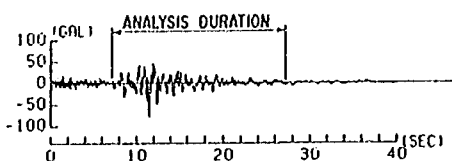
(b) 開北橋

INDEX NO. 3
 503-GR-1-67 1B.
 KAIHOKU BRIDGEC.
 MAX. = 118.4 (GAL)
 E.O. NO. 87054



(c) 観音崎

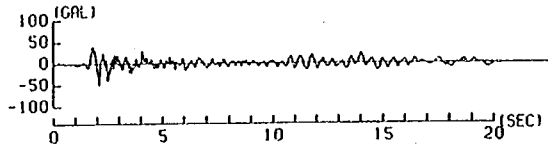
INDEX NO. 4
 58151-51708 0
 RINCON HILL RC
 MAX. = 78.6 (GAL)
 E.O. NO. 89293



(d) リンカーン・ヒル

図2.1 入力地震動波形

INDEX NO. 1
 002 -45M-CO H-S
 REFERENCE ACC.
 MAX. = 49.7 (GAL)
 E.O. NO. 830227



(a) 土木研究所, EQ-28

INDEX NO. 2
 302-GR-35 TR.
 KAIHOKU BRIDGEC.
 MAX. = 413.3 (GAL)
 E.O. NO. 78012



(b) 開北橋

INDEX NO. 3
 503-GR-1-67 1B.
 KAIHOKU BRIDGEC.
 MAX. = 118.4 (GAL)
 E.O. NO. 87054



(c) 観音崎

INDEX NO. 4
 58151-51708 0
 RINCON HILL RC
 MAX. = 78.6 (GAL)
 E.O. NO. 89293



(d) リンカーン・ヒル

図2.2 入力地震動波形 (解析対象区間)

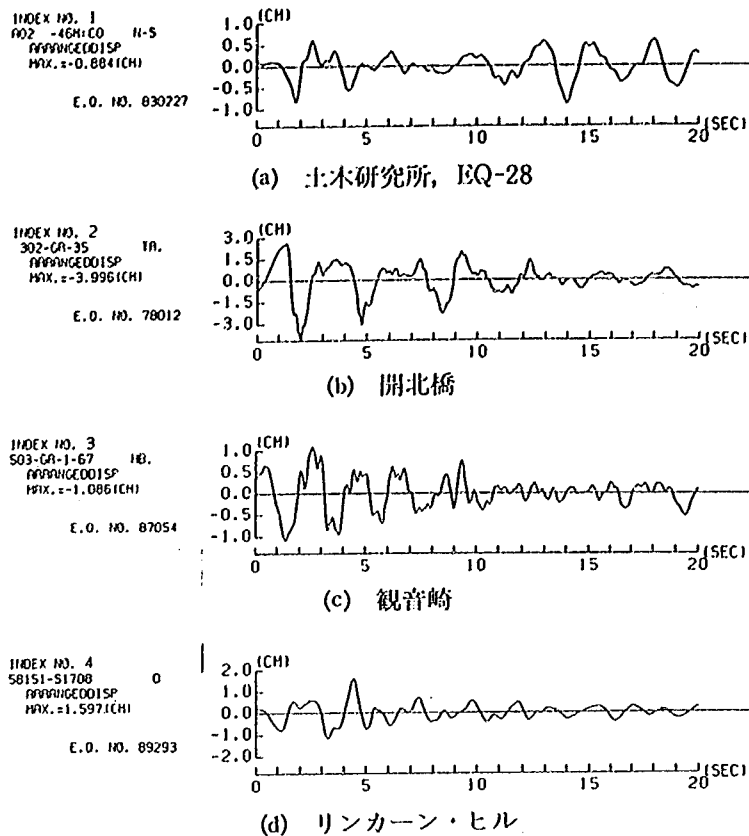


図2.3 入力地震動の変位波形

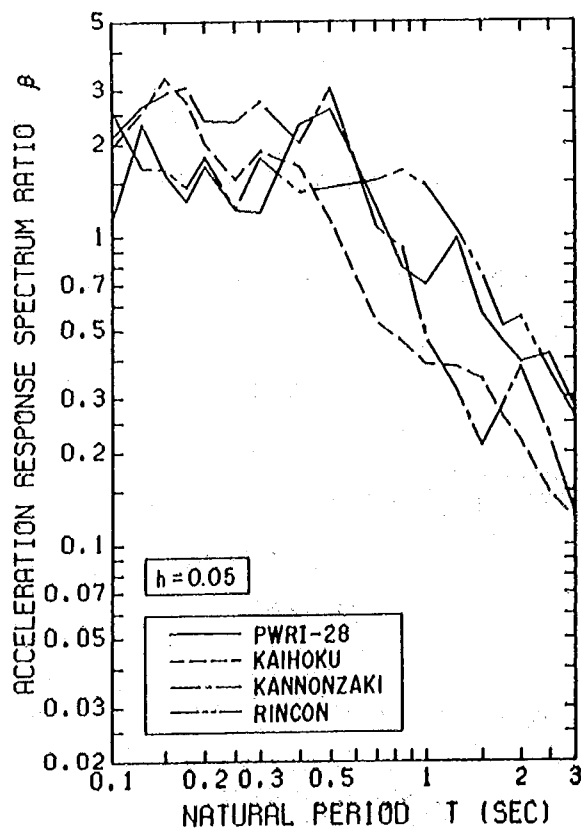
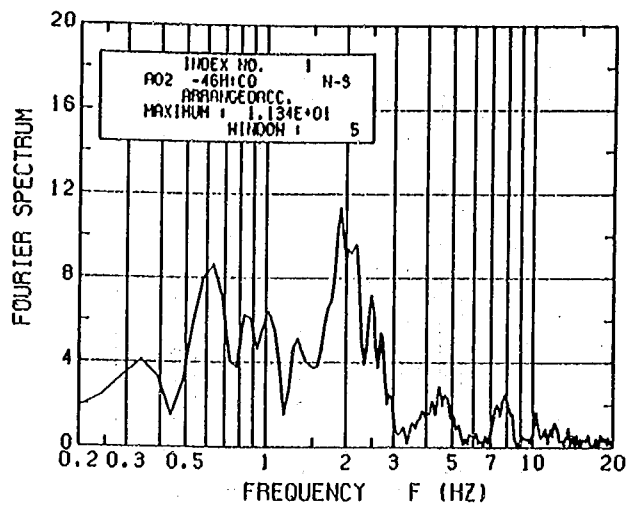
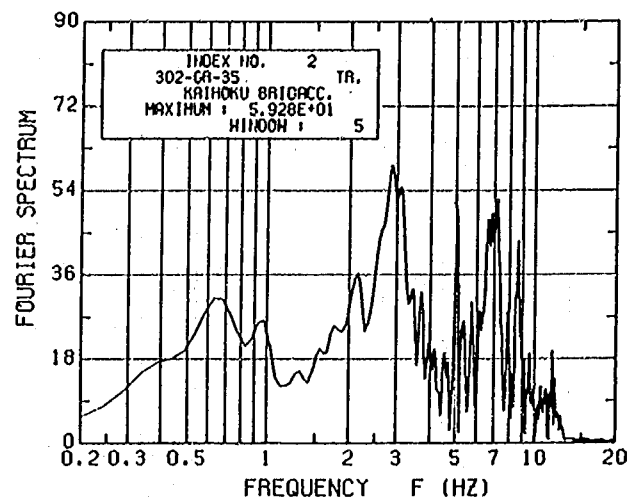


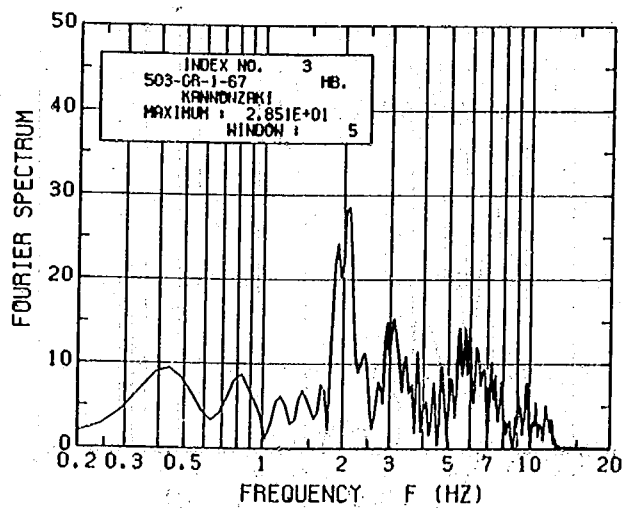
図2.4 入力地震動の加速度応答スペクトル倍率



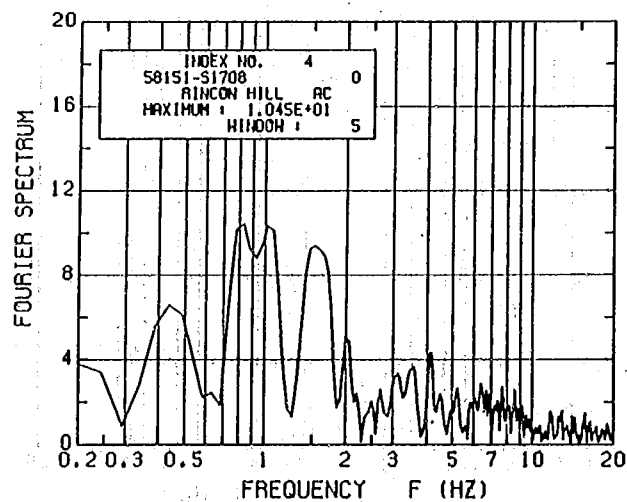
(a) 土木研究所, EQ-28



(b) 開北橋

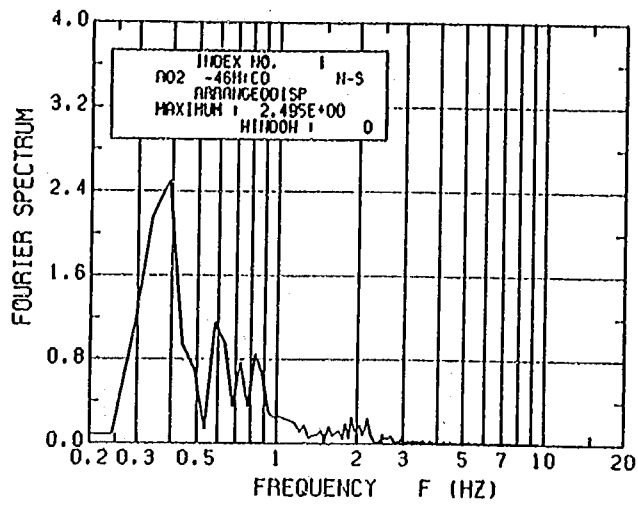


(c) 観音崎

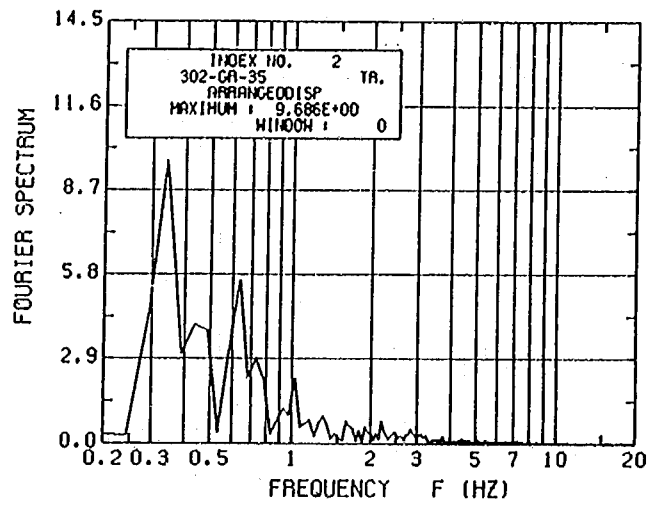


(d) リンカーン・ヒル

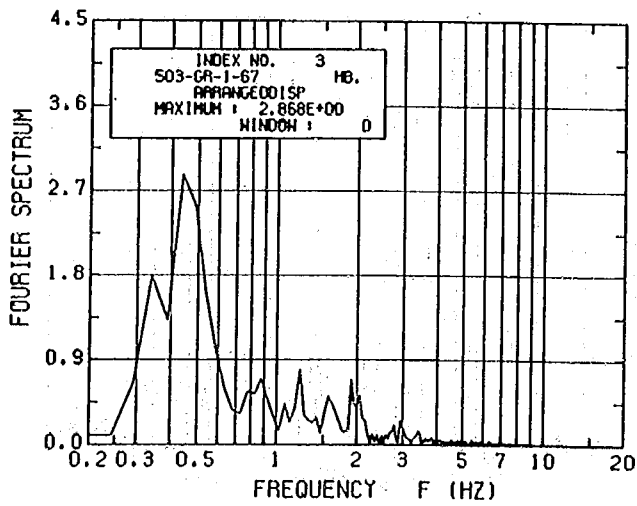
図2.5 入力地震動のフーリエスペクトル



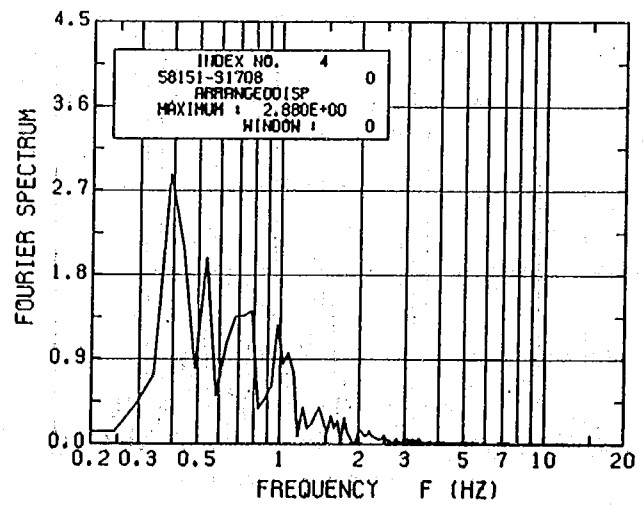
(a) 土木研究所, EQ-28



(b) 開北橋



(c) 観音崎



(d) リンカーン・ヒル

図2.6 変位記録のフーリエスペクトル

3. 地盤の地震応答解析

地盤の地震応答解析には一次元の重複反射理論に基づく解析プログラムSHAKE^{9a,10)}を使用した。地盤の非線形性は等価線形化手法により考慮し、土の動的変形特性は、砂質土については参考文献11)、沖積粘性土については12)、洪積粘性土については13)によるものとした。また、ヘドロについては沖積粘性土と同一の動的変形特性曲線を用いることとした。図3.1～図3.3に動的変形特性曲線の例を示す。地震応答解析のケース数は19地点×4入力地震動記録×3入力レベル=228ケースである。

応答解析結果の一例として、No.1地点に土木研究所EQ-28記録を最大加速度100galとして入力した場合の各地層上面での加速度波形および変位波形を、それぞれ、図3.4および図3.5に示す。ここで、変位波形は、振動数領域で加速度波形にバンドパスフィルター(透過範囲:1/3～12Hz)をかけ積分することにより算出した。図3.4および図3.5と同一の解析ケースについて、最大加速度、最大変位および最大せん断ひずみの深度分布を示すと、図3.6～図3.8のようになる。基盤面に対して地表面での最大加速度の増幅率は1.1倍程度であるが、最大変位については2.5倍以上に増幅されている。また、最大せん断ひずみは第2層および第3層中において 10^{-3} を若干越えるレベルとなっている。なお、付属資料1に入力加速度レベルを100galとした場合の全ケースの最大加速度深度分布図を示す。

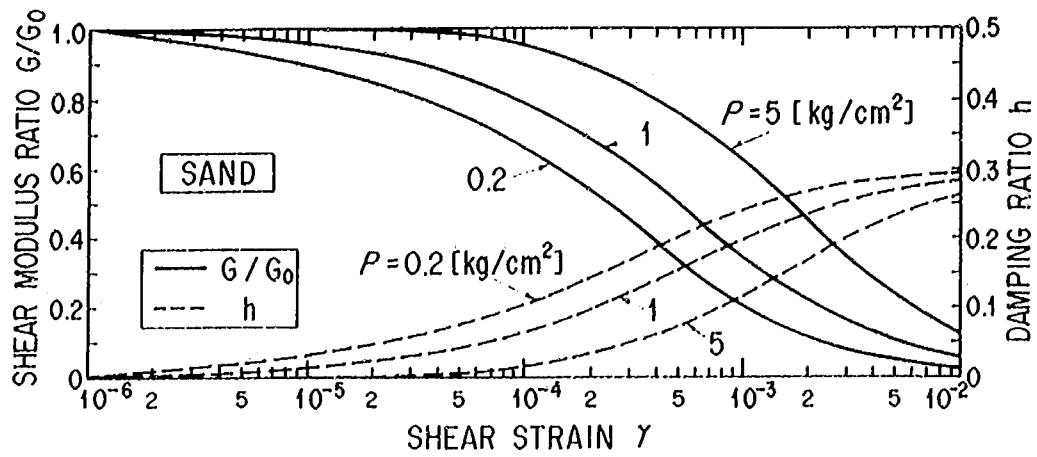


図3.1 砂質土の動的変形特性

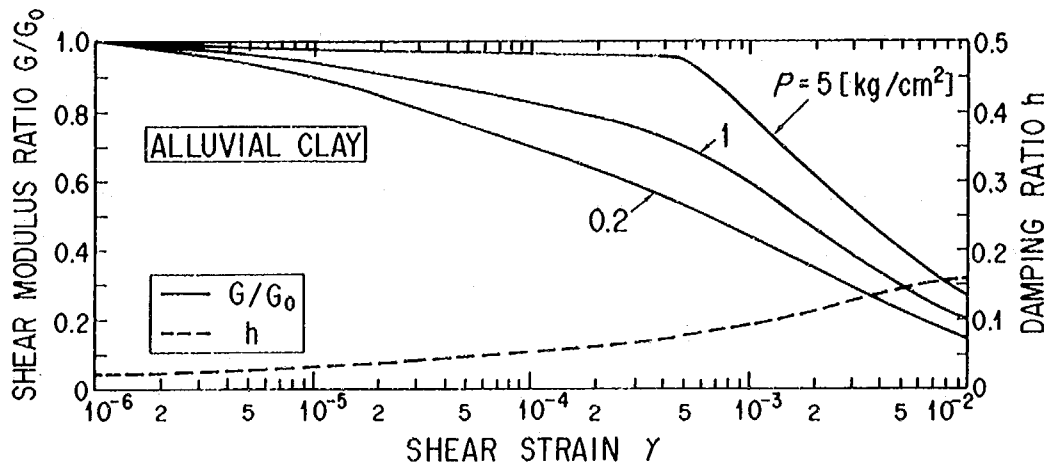


図3.2 沖積粘性土の動的変形特性

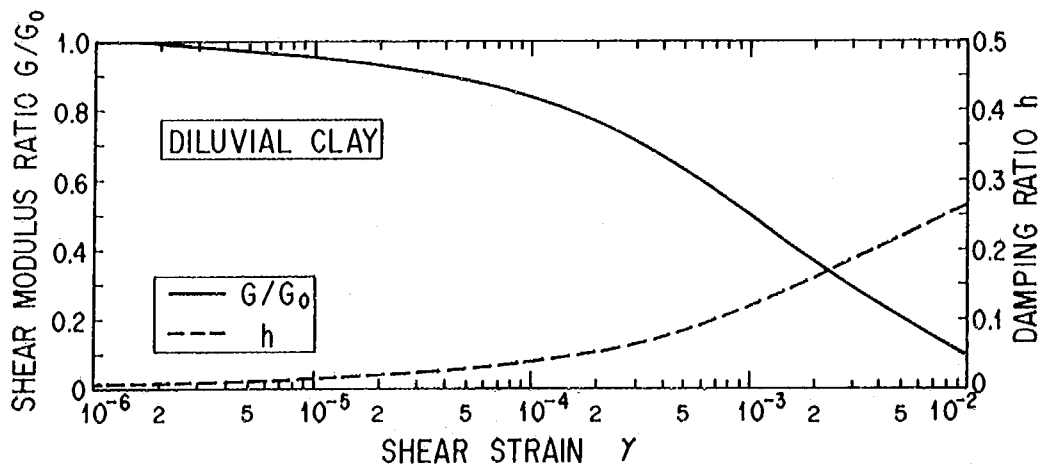
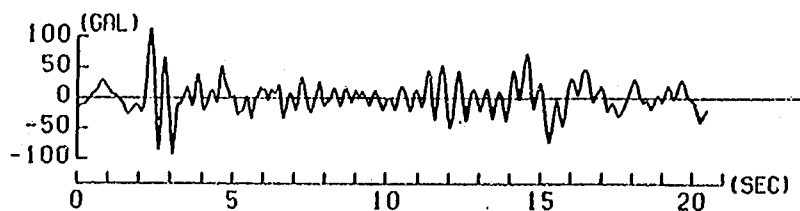


図3.3 洪積粘性土の動的変形特性

INDEX NO. 7
 AO2 -46H:CO 1LY
 N-S 830227
 MAX. =112.2(GAL)

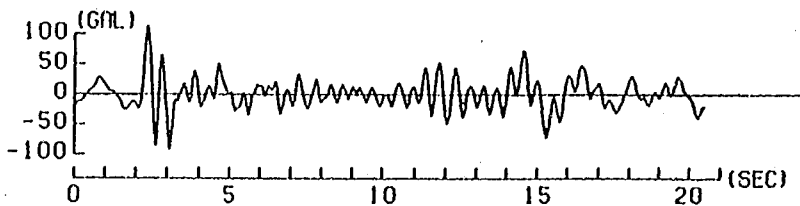
E.O. NO. 1



(a) 第1層 (地表面)

INDEX NO. 8
 AO2 -46H:CO 2LY
 N-S 830227
 MAX. =112.0(GAL)

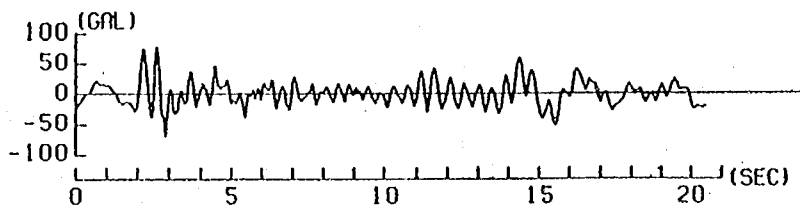
E.O. NO. 2



(b) 第2層

INDEX NO. 9
 AO2 -46H:CO 3LY
 N-S 830227
 MAX. =76.9(GAL)

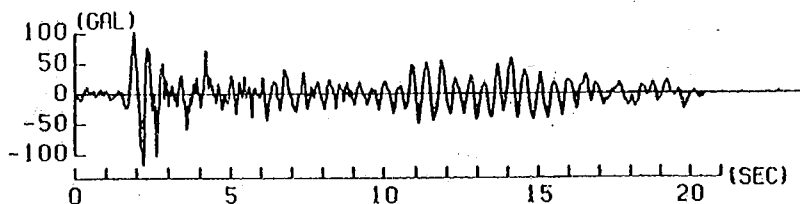
E.O. NO. 3



(c) 第3層

INDEX NO. 10
 AO2 -46H:CO 4LY
 N-S 830227
 MAX. =-118.1(GAL)

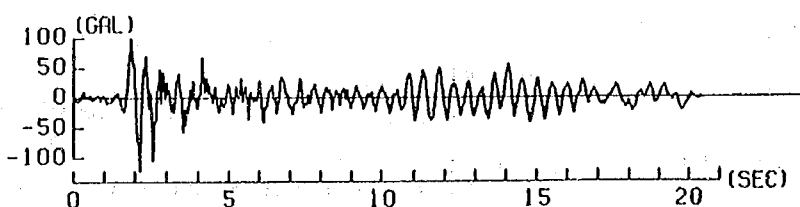
E.O. NO. 4



(d) 第4層

INDEX NO. 11
 AO2 -46H:CO 5LY
 N-S 830227
 MAX. =-122.2(GAL)

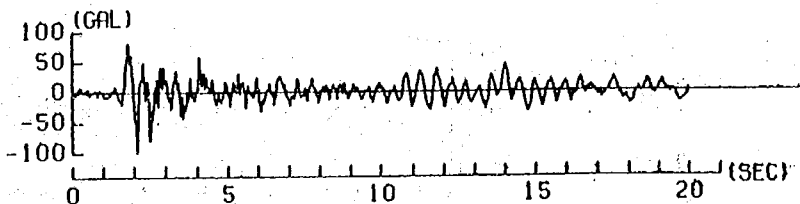
E.O. NO. 5



(e) 第5層

INDEX NO. 12
 AO2 -46H:CO 6LY
 N-S 830227
 MAX. =-99.9(GAL)

E.O. NO. 6

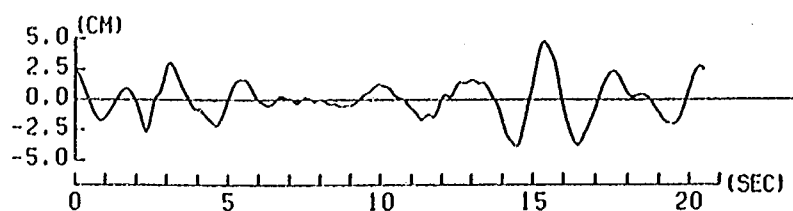


(f) 第6層 (基盤層)

図3.4 加速度波形の例 (No.1地点, 土木研究所EQ-28記録, 100gal入力)

INDEX NO. 7
NO2 -46H:CO 1LY
ARRANGEDDISP
MAX.=4.736(CM)

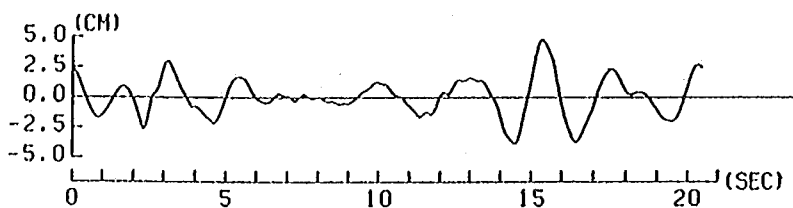
E.O. NO. 1



(a) 第1層 (地表面)

INDEX NO. 8
NO2 -46H:CO 2LY
ARRANGEDDISP
MAX.=4.736(CM)

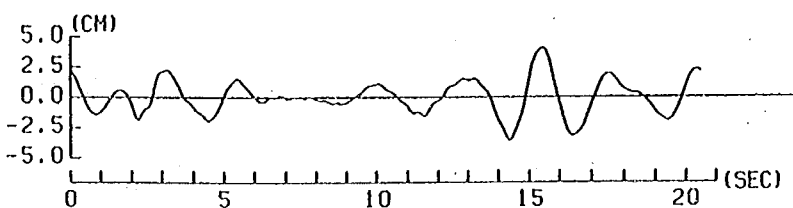
E.O. NO. 2



(b) 第2層

INDEX NO. 9
NO2 -46H:CO 3LY
ARRANGEDDISP
MAX.=4.076(CM)

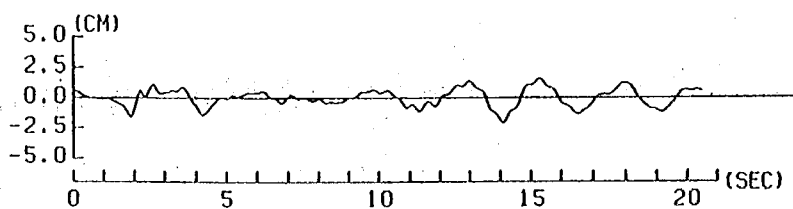
E.O. NO. 3



(c) 第3層

INDEX NO. 10
NO2 -46H:CO 4LY
ARRANGEDDISP
MAX.=2.066(CM)

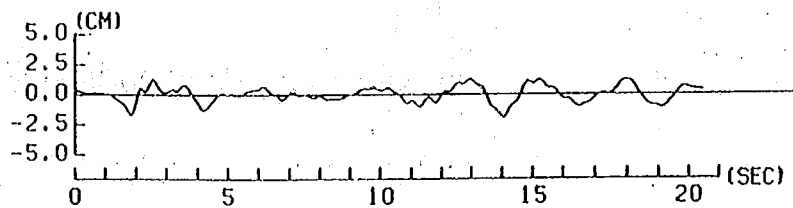
E.O. NO. 4



(d) 第4層

INDEX NO. 11
NO2 -46H:CO 5LY
ARRANGEDDISP
MAX.=1.922(CM)

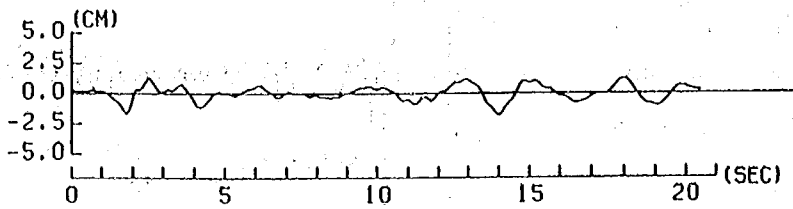
E.O. NO. 5



(e) 第5層

INDEX NO. 12
NO2 -46H:CO 6LY
ARRANGEDDISP
MAX.=1.779(CM)

E.O. NO. 6



(f) 第6層 (基盤層)

図3.5 変位波形の例 (No.1地点, 土木研究所EQ-28記録, 100gal入力)

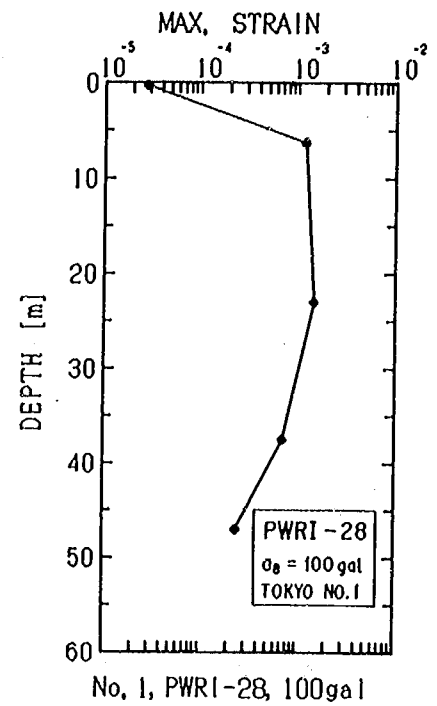
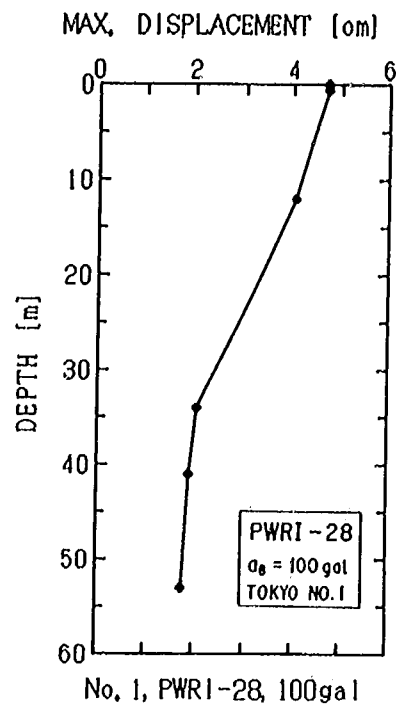
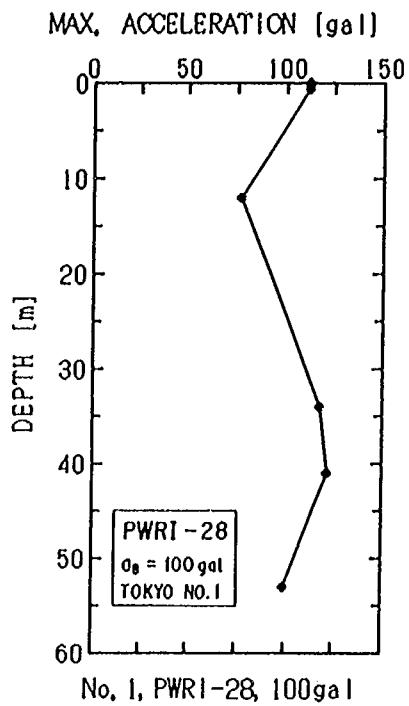


図3.6 最大加速度の深度分布
(No.1地点, 土木研究所
EQ-28記録, 100gal入力)

図3.7 最大変位の深度分布
(No.1地点, 土木研究所
EQ-28記録, 100gal入力)

図3.8 最大せん断ひずみの深度分布
(No.1地点, 土木研究所
EQ-28記録, 100gal入力)

4. 最大加速度および最大変位の増幅特性

地盤内の最大加速度の増幅特性を検討するために、最大加速度の増幅率 α_a を次式で定義する。

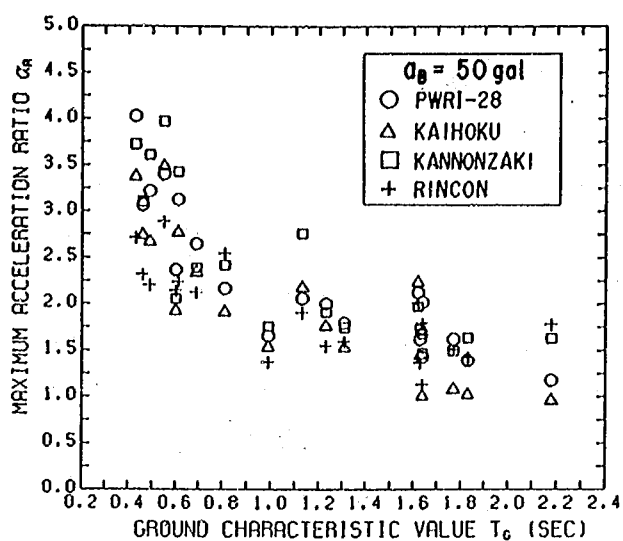
$$\alpha_a = a_s/a_b \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

ここで、 a_s [gal] および a_b [gal] は、それぞれ、地盤の地震応答解析から求めた地表面における最大加速度および基盤面における最大加速度(入力最大加速度)である。図4.1に地盤の特性値 T_c と α_a の関係を入力地震動レベルごとに示す。同一地点でも入力地震動の種類により α_a は若干変動するが、全体としては、同一の入力地震動レベルの場合には T_c が長いほど、 α_a は低下する。すなわち、基盤面での加速度レベルが同じであっても、軟弱な地盤ほど地表面での最大加速度は小さいことになる。また、同じ地点でも入力地震動レベルが高くなるにしたがい、 α_a は低下する。これは、地盤の非線形性に起因するものであると考えられる。

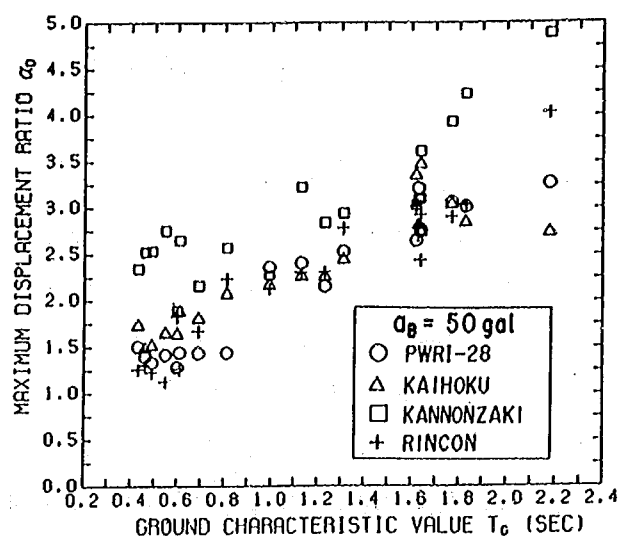
次に、地盤内の最大変位の増幅特性を検討するために、加速度波形より数値積分により算出した変位波形をもとに、最大変位の増幅率 α_d を次式で定義する。

$$\alpha_d = d_s/d_b \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

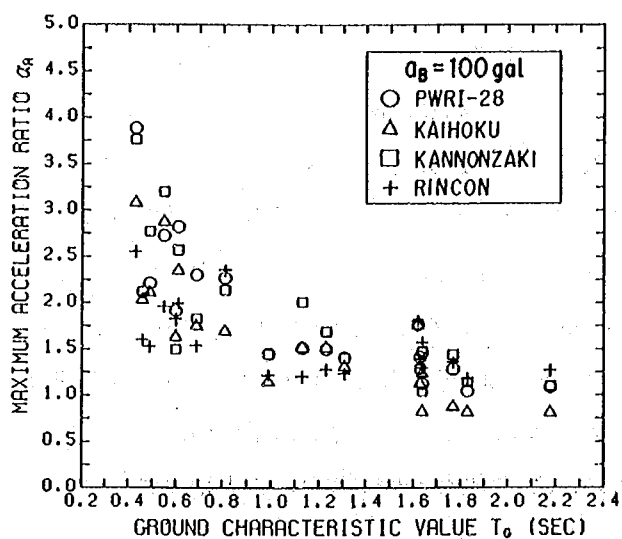
ここで、 d_s [cm] および d_b [cm] は、それぞれ、地表面および基盤面における最大変位である。図4.2に T_c と α_d の関係を入力地震動レベルごとに示す。図4.2より、 α_a の場合とは反対に、 α_d は T_c が長いほど増加することがわかる。また、入力地震動レベルが高くなるにしたがい、 α_d は低下するが、その低下の度合いは α_a の場合ほどは顕著ではない。



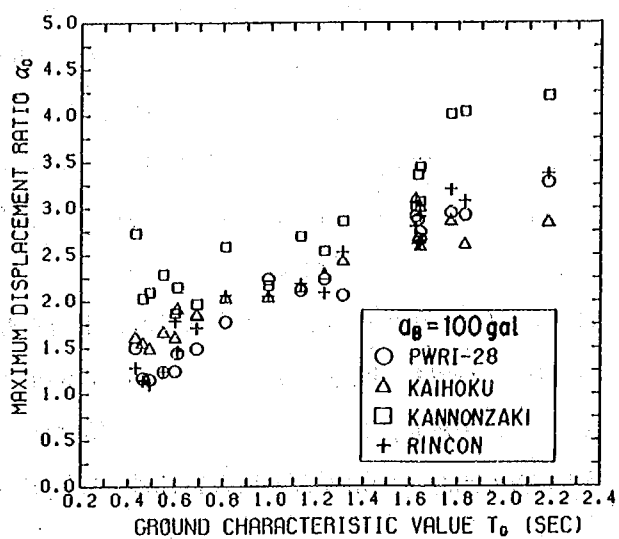
(a) 50gal入力



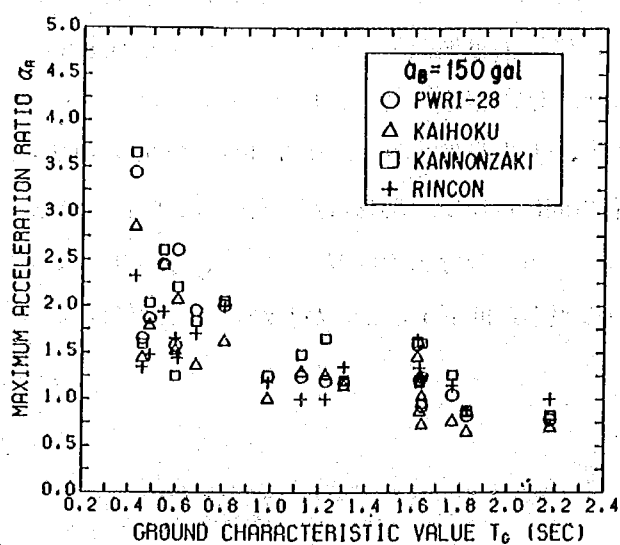
(a) 50gal入力



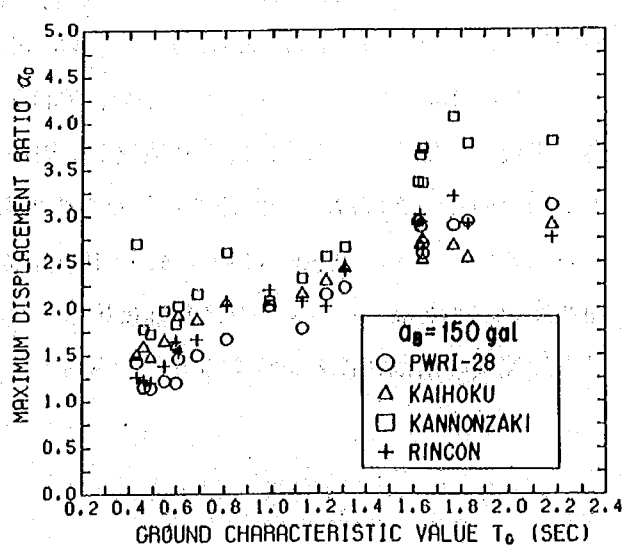
(b) 100gal入力



(b) 100gal入力



(c) 150gal入力



(c) 150gal入力

図4.1 最大加速度の増幅率

図4.2 最大変位の増幅率

5. 加速度応答スペクトルの増幅特性

最大加速度、最大変位と並び、工学的には加速度応答スペクトルが地震動特性を表す指標として重要である。図5.1はNo.1地点において土木研究所EQ-28記録を最大加速度100galとして入力した場合の基盤面および地表面上の加速度波形から算出した加速度応答スペクトルである。ここで、減衰定数は0.05とした。図5.1より、基盤面と地表面間の加速度応答スペクトルの増幅は全固有周期帯域で一様なのではなく、固有周期1.5～2.5秒の範囲において顕著であることがわかる。当該地点の地盤の特性値は1.64秒であり、地盤の特性値付近の固有周期帯域において加速度応答スペクトルの増幅が大きくなるものと考えられる。このような地盤内の加速度応答スペクトルの増幅特性を検討するために、各固有周期 T ごとに次式に示す加速度応答スペクトルの増幅率 $\gamma(T)$ を定義する。

$$\gamma(T) = S_s(T, 0.05) / S_b(T, 0.05) \dots\dots\dots (5.1)$$

ここで、 $S_s(T, 0.05)$ [gal] および $S_b(T, 0.05)$ [gal] は、それぞれ、地表面および基盤面における固有周期 T [s]、減衰定数0.05の加速度応答スペクトルである。 $\gamma(T)$ の算出例として、No.1地点において最大加速度を100galとして入力した4ケースの場合を図5.2に示す。なお、付属資料2に全ケースの $\gamma(T)$ を示す。図5.2より入力地震記録の違いによる $\gamma(T)$ の差異は小さく、いずれの記録についても固有周期に対する $\gamma(T)$ の変動の状況は類似していることがわかる。そこで、各固有周期ごとに4入力地震動記録に対する $\gamma(T)$ の平均値および標準偏差を求めると、図5.3に示すようになる。 $\gamma(T)$ の平均値に注目すると、ピーク値は、50gal入力の場合4.85、100gal入力の場合4.01、150gal入力の場合3.62であり、入力地震動レベルが増加するにしたがい、ピーク値は低下することがわかる。また、 $\gamma(T)$ の平均値がピークを示す固有周期は、50gal入力の場合1.75秒、100galおよび150gal入力の場合2秒であり、入力地震動レベルの増加に伴い長周期側に移行している。

図5.4は、全解析対象19地点について、地盤の特性地 T_0 と $\gamma(T)$ の平均値がピークを示す固有周期 T_p との関係を示したものである。入力加速度レベルが50galの場合には T_p は概ね T_0 と一致するが、入力加速度レベルが100、150galと高くなるにしたがい、 T_p は T_0 よりも長周期側に移行する。これは、地震動のレベルが高い場合には地盤の非線形性により地盤が長周期化することによるものと考えられる。図5.5は T_0 と $\gamma(T)$ の平均値のピーク値 M_p との関係を示したものである。両者の間には明瞭な関係は認め難いが、概括的には入力加速度レベルが50galでは $M_p \geq 4.5$ 、100galでは $M_p = 3.5 \sim 5$ 、150galでは $M_p = 3 \sim 4.5$ であり、入力加速度レベルが高くなるにつれて加速度応答スペクトルの増幅率が低下することがわかる。この傾向は、最大加速度の増幅特性と整合するものである。

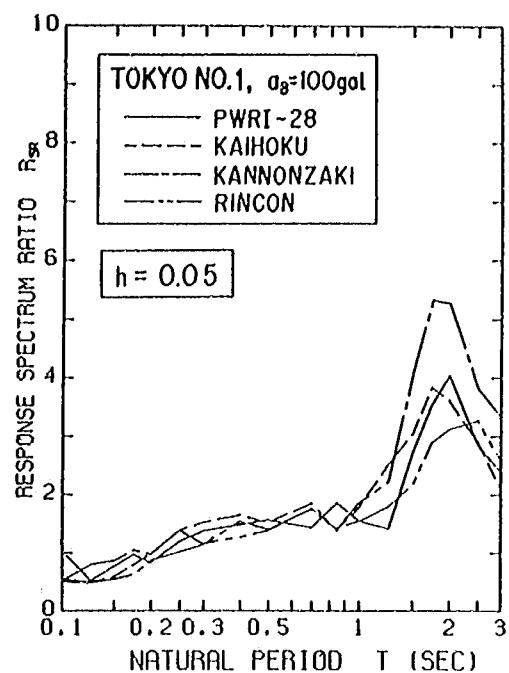
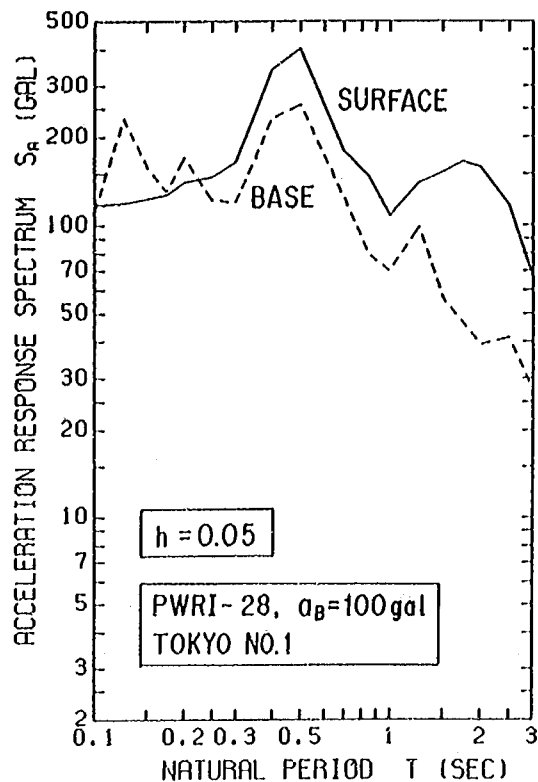
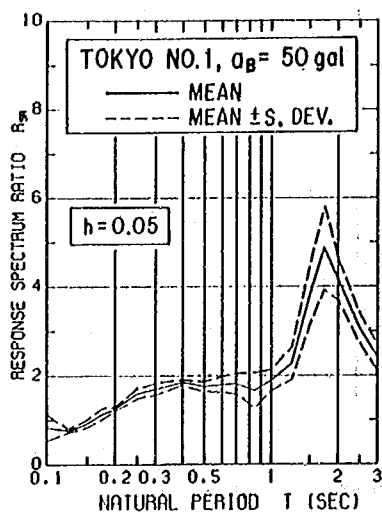
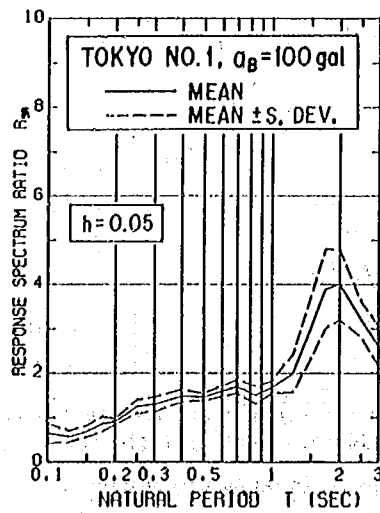


図5.1 地表面および基盤面における加速度応答スペクトル (No.1地点, 土木研究所EQ-28記録, 100gal入力)

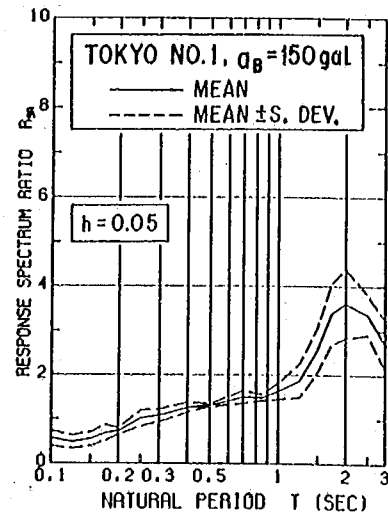
図5.2 加速度応答スペクトル比 (No.1地点, 100gal入力)



(a) 50gal入力



(b) 100gal入力



(c) 150gal入力

図5.3 加速度応答スペクトル比の平均値および標準偏差 (No.1地点)

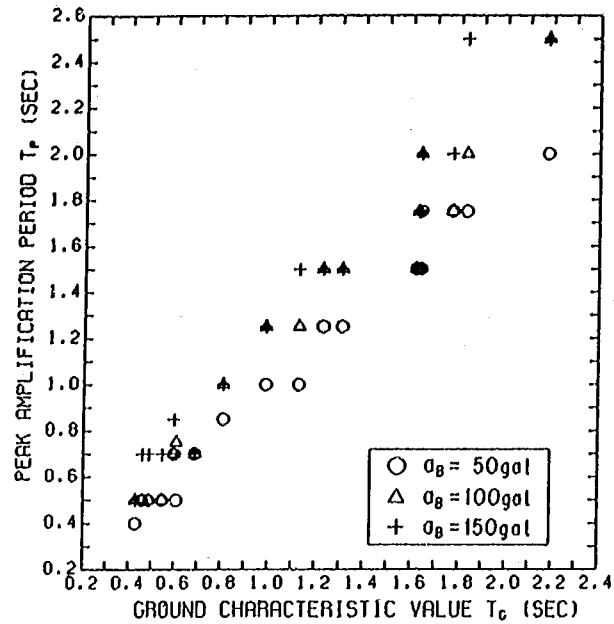


図5.4 地盤の特性値と加速度応答スペクトルの増幅のピーク固有周期との関係

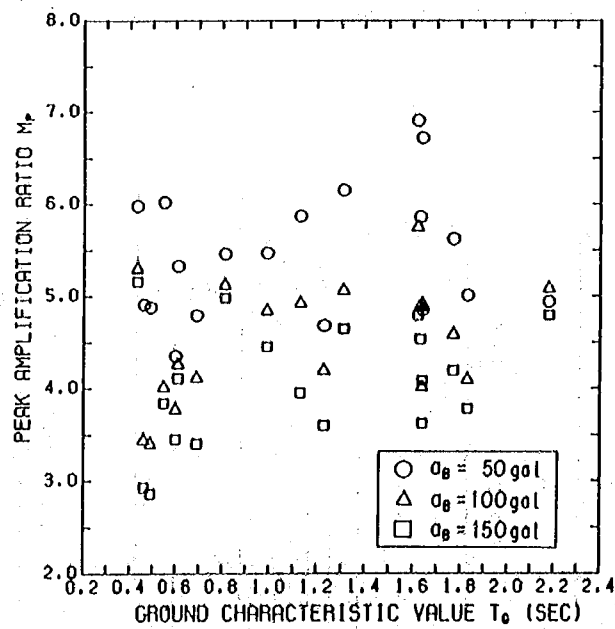
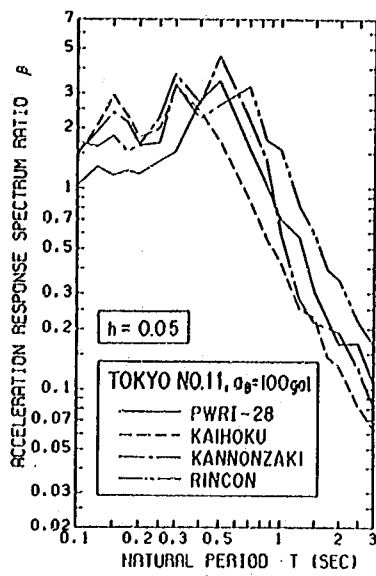


図5.5 地盤の特性値と加速度応答スペクトルの増幅のピーク値との関係

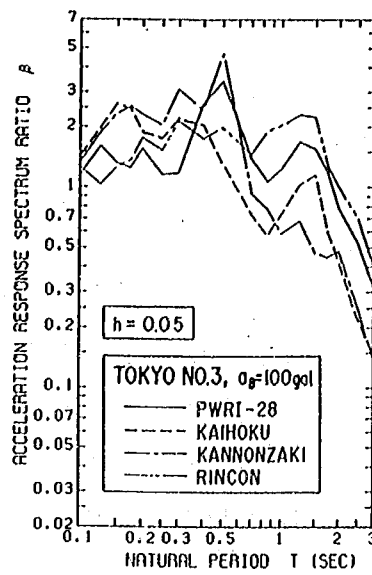
6. 軟弱地盤上の加速度応答スペクトル特性

現行の多くの設計技術基準類では、地震動特性が地盤条件に強く影響を受けること、並びに実務上の便宜を考慮して、地盤条件をいくつかの種別に分類して地盤種別ごとに設計用入力地震動を定めているのが通常である。しかしながら、これらの基準類では一般に軟弱地盤は細分化せずに、一つの区分としている。これは、極めて軟弱な地盤における強震動特性に関する情報が十分ではないこと、また、そのような地盤上に構造物が建設される事例が従来比較的少なかったこと、等の理由による。例えば、道路橋示方書耐震設計編⁹⁾では、地盤の特性値 T_c [s] に応じて、 $T_c < 0.2$ をⅠ種地盤、 $0.2 \leq T_c < 0.6$ をⅡ種地盤、 $0.6 \leq T_c$ をⅢ種地盤の3種類に地盤条件を区分しており、Ⅲ種地盤の範囲が広く設定されている。近年、湾岸部の埋立て地を始めとする極めて軟弱な地盤上に構造物が建設される事例が増加してきたことにも鑑み、軟弱地盤における設計用入力地震動特性、地盤条件の細分化の必要性の有無について検討することが必要とされよう。このような見地から、以下では地震応答解析結果をもとに、地盤条件の違いが地表面上の加速度応答スペクトル特性に及ぼす影響について考察を加える。

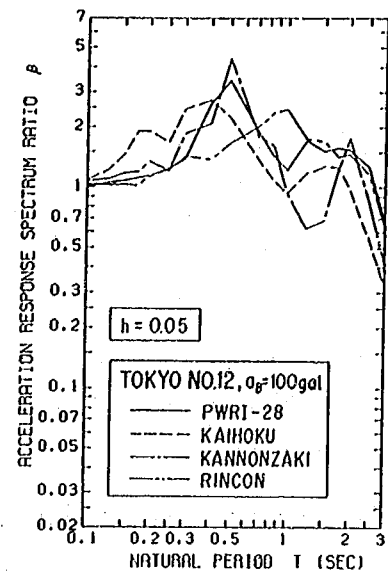
図6.1は、No.11地点、No.3地点およびNo.12地点の地表面上の加速度波形から算出した減衰定数0.05の加速度応答スペクトル倍率 (= 加速度応答スペクトル/最大加速度) を示したものである。ここで、基盤面上における入力最大加速度はいずれも100galである。これら3地点の地盤の特性値 T_c は、No.11地点が0.61秒、No.3地点が1.23秒、No.12地点が1.83秒であり、道路橋示方書によればすべてⅢ種地盤に分類される。3地点の加速度応答スペクトル特性の差異は、特に、固有周期1秒程度以上の長周期領域において顕著であり、No.11地点ではスペクトル値が急激に低下するのに対して、No.3地点では固有周期1.5秒付近から、また、No.12地点では固有周期2秒付近からスペクトル値が低下する。3地点における加速度応答スペクトルを短周期側ではスペクトル値一定、長周期側ではスペクトル値が固有周期に反比例するように、概ね包絡すると、図6.2に示すようになる。図6.2より、 $T_c=1.23$ [s] のNo.3地点と $T_c=1.83$ [s] のNo.12地点とでは著しい差はないものの、これらの2地点に比較して $T_c=0.61$ [s] のNo.11地点では加速度応答スペクトル特性が異なっていることがわかる。図6.1および図6.2の結果は、現行の設計技術基準では単一の地盤種別とされている軟弱地盤でもその軟弱さの程度により地震動特性が異なることを示唆しているものと考えられる。付属資料3および4に、それぞれ、加速度応答スペクトルおよび加速度応答スペクトル倍率の全計算結果を示す。



(a) No.11地点 ($T_G=0.61$ (s))



(b) No.3地点 ($T_G=1.23$ (s))



(c) No.12地点 ($T_G=1.83$ (s))

図6.1 加速度応答スペクトル倍率

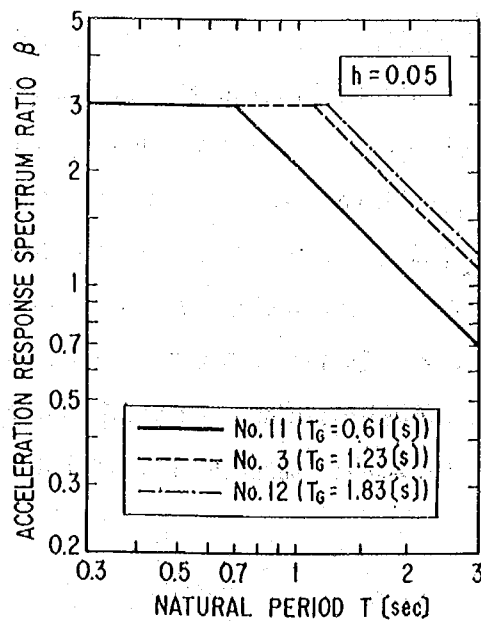


図6.2 加速度応答スペクトル倍率の包絡線

7. 結 論

東京湾沿岸の埋立て地19地点を対象として一次元の地震応答解析を行い、その結果をもとに最大加速度、最大変位並びに加速度応答スペクトルの地盤内増幅特性、およびそれらに及ぼす地盤条件の影響について検討した。また、地盤条件の差異による地表面上の加速度応答スペクトル特性の差異について検討した。本検討から得られた主要な結論は以下のとおりである。

- 1) 一般に、最大加速度の増幅率は地盤の特性値が長くなるにしたがい低下するのに対して、最大変位の増幅率は地盤の特性値が長くなるにしたがい増加する。最大加速度および最大変位の増幅率は、いずれも入力地震動レベルが高くなると低下する。これは地盤の非線形性に起因するものと考えられる。
- 2) 加速度応答スペクトルの増幅は、地盤の特性値付近の固有周期帯域で大きく、増幅率がピークとなる固有周期は入力地震動レベルが高くなると長周期側に移行する。これは地震動のレベルが高い場合には地盤の非線形性により地盤が長周期化することによるものと考えられる。
- 3) 現行の設計技術基準類では単一の地盤種別とされている軟弱地盤でも、地盤の特性値により加速度応答スペクトル特性には、特に長周期領域において、差異が認められる。

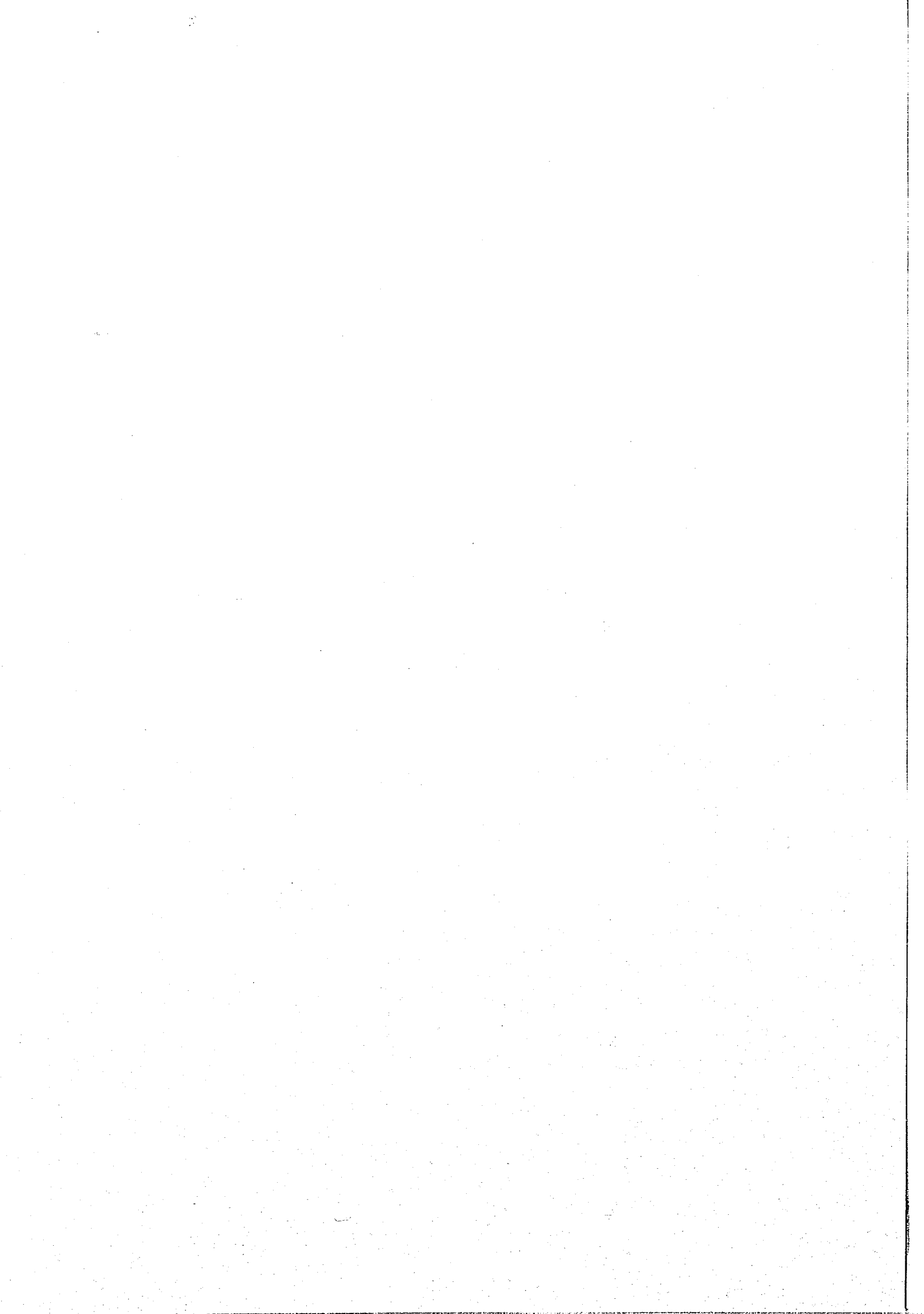
謝 辞

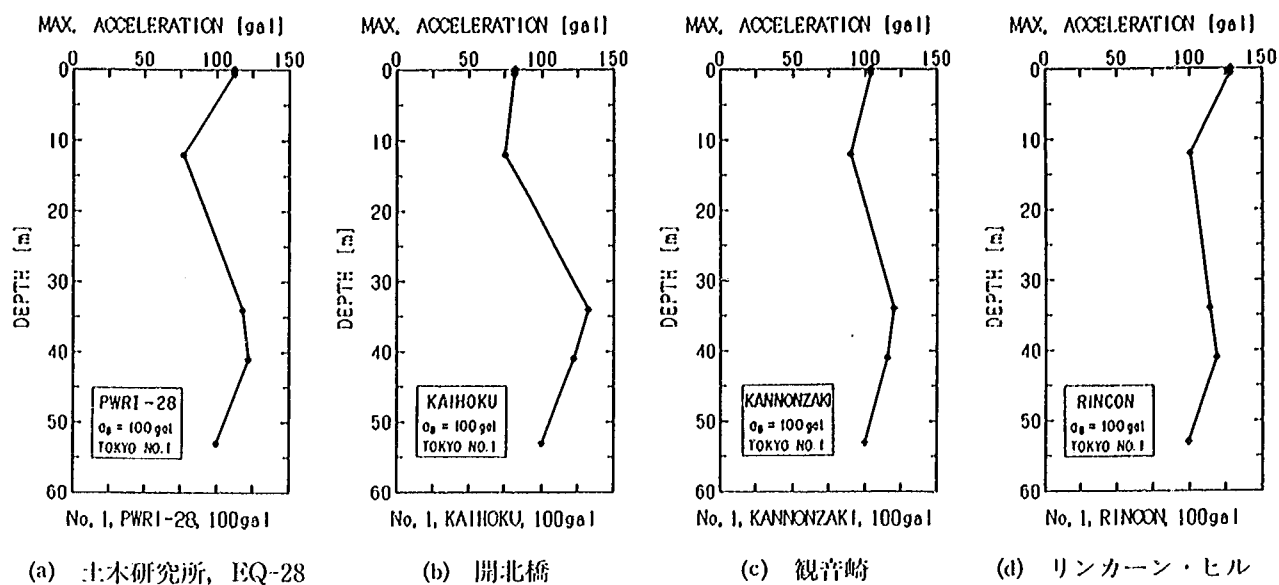
本解析で使用した地盤資料の一部は、東京都港湾局の清水恵助氏より御教示頂いたものである。また、数値計算においては、鈴木剛君（豊橋技術科学大学平成2年度実務訓練生）、並びに坂井順行君（岩手大学平成3年度夏季実習生）の手を煩わせた。末筆ながら、ここに記して厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

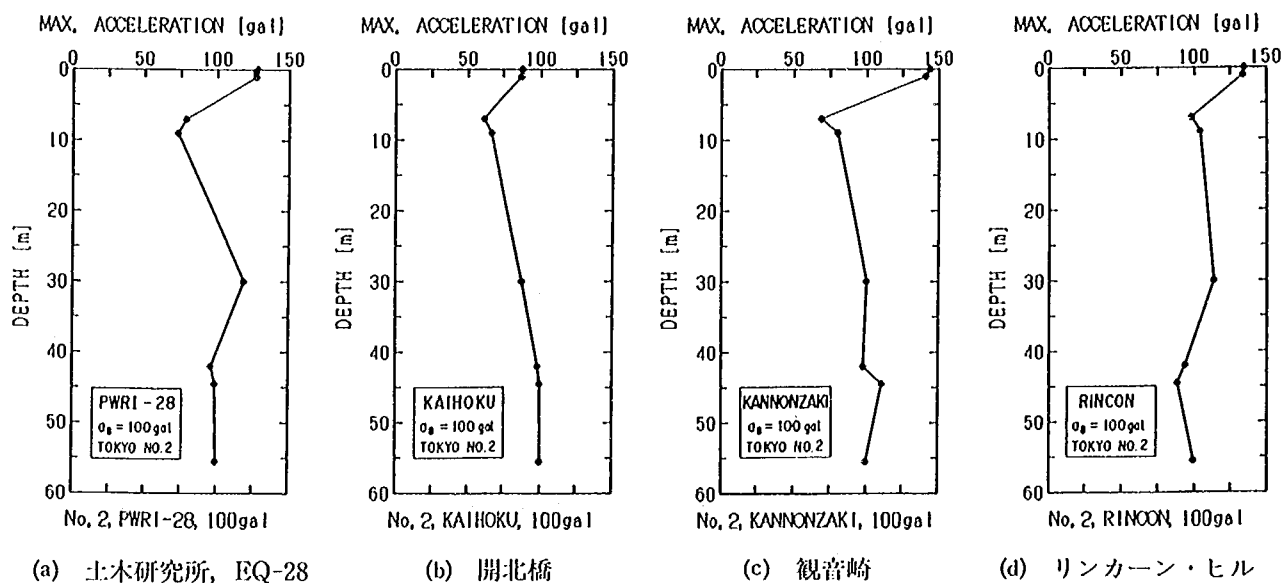
- 1) 山崎文雄：軟弱地盤はよく揺れるか揺れないか，土木学会第45回年次学術講演会，第Ⅰ部門，平成2年9月
- 2) 東京都土木技術研究所：東京都総合地盤図Ⅰ，技報堂出版，昭和52年
- 3) 清水恵助：私信，平成3年
- 4) 陶野郁雄，清水恵助：東京湾岸における埋立て地盤の地質工学的性質，地学的特性を考慮した地震動災害予測の研究，昭和55年
- 5) 清水恵助：東京港の埋立地について一埋立地の地質学的考察一，地質学論集，第23号，昭和58年
- 6) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅴ耐震設計編，平成2年
- 7) 後藤尚男，亀田弘行，杉戸真太，今西直人：デジタルフィルターによるSMAC-B₂加速度計記録の補正について，土木学会論文報告集，第277号，昭和53年9月
- 8) 川島一彦，高木義和，相沢 興：数値化精度を考慮したSMAC-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) Per B. Schnabel, John Lysmer and H. Bolton Seed: SHAKE, A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites, No. EERC 72-12, University of California, Berkeley, December, 1972
- 10) 建設省土木研究所：地盤の地震時応答特性の数値解析法—SHAKE, DESRA—，土木研究所資料，第1778号，昭和57年2月
- 11) 岩崎敏男，龍岡文夫，高木義和：地盤の動的変形特性に関する実験的研究（Ⅱ），土木研究所報告153号の2，昭和55年3月
- 12) 岩崎敏男，常田賢一，吉田精一：沖積粘性土の動的変形・強度特性について，第15回土質工学研究発表会，昭和55年6月
- 13) 横田耕一郎，龍岡文夫：不攪乱洪積粘土のせん断変形係数について，土木学会第32回年次学術講演会講演概要集第3部，昭和52年10月

付属資料 1 最大加速度の深度分布

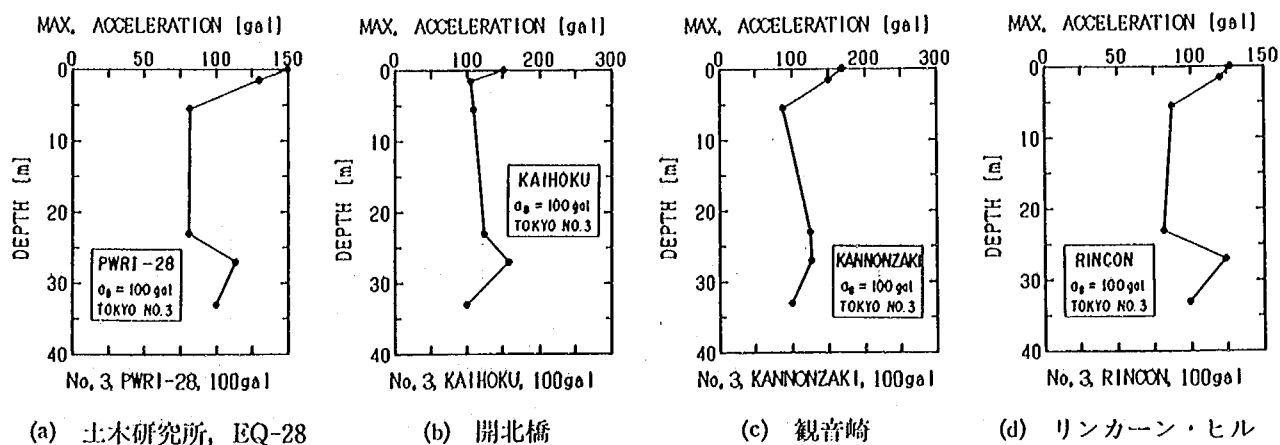




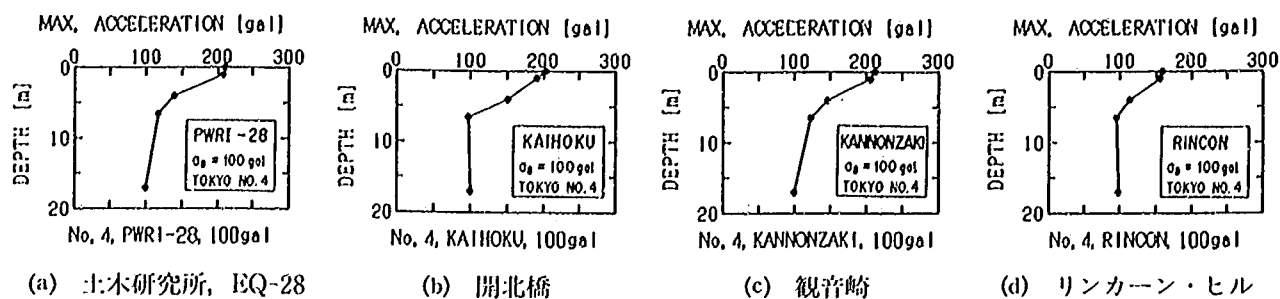
付図1.1 No.1地点 (100gal入力)



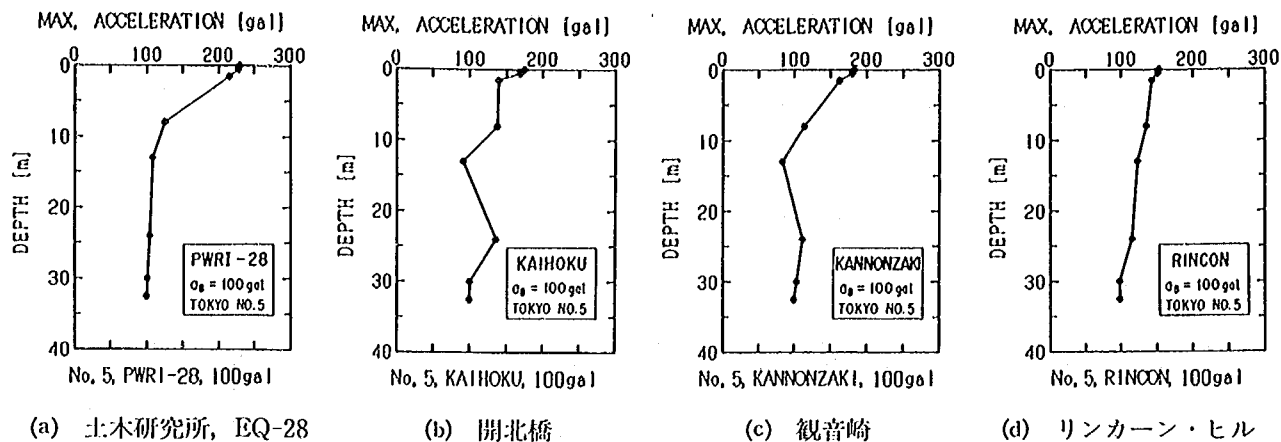
付図1.2 No.2地点 (100gal入力)



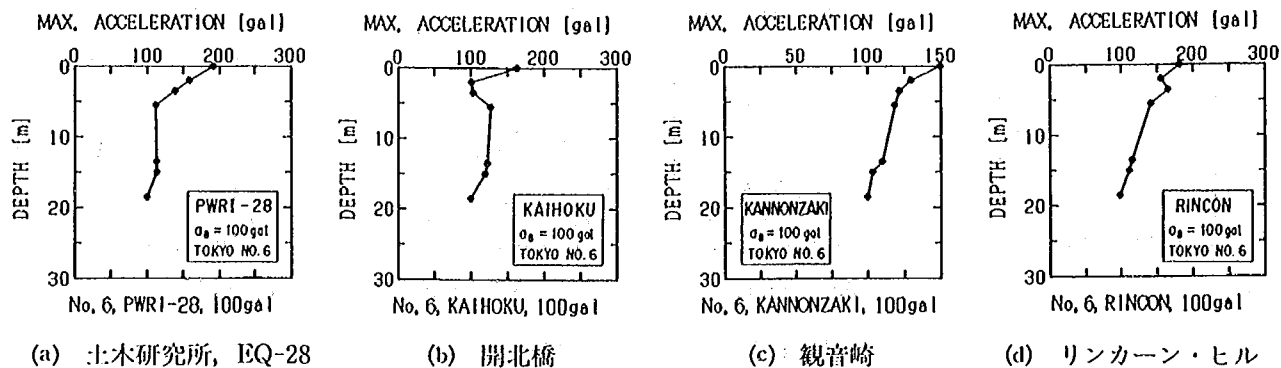
付図1.3 No.3地点 (100gal入力)



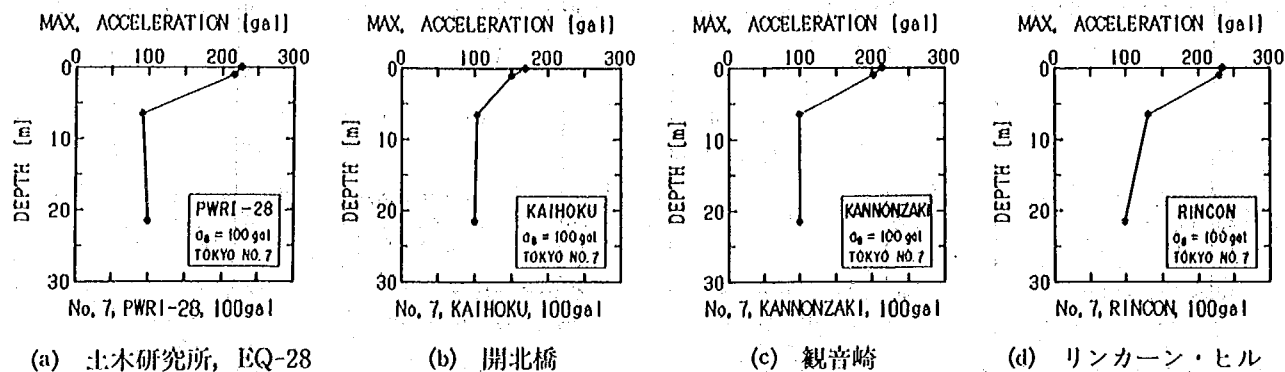
付図1.4 No.4地点 (100gal入力)



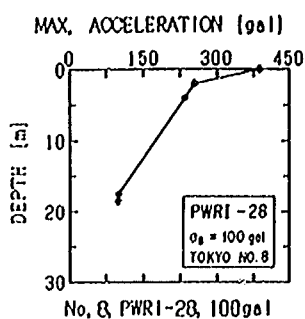
付図1.5 No.5地点 (100gal入力)



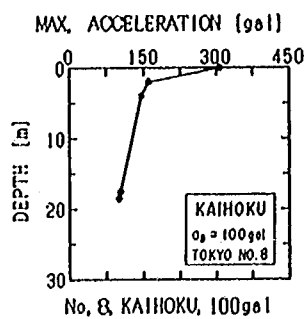
付図1.6 No.6地点 (100gal入力)



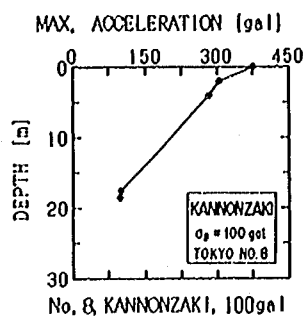
付図1.7 No.7地点 (100gal入力)



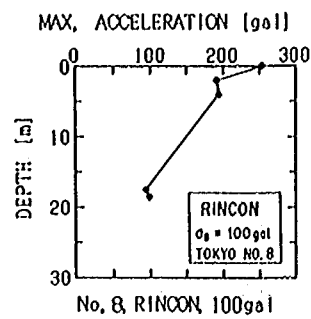
(a) 土木研究所, EQ-28



(b) 開北橋

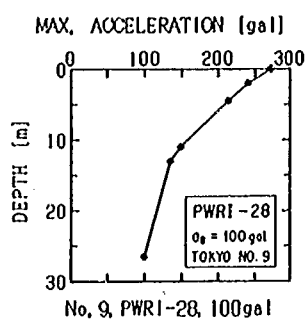


(c) 観音崎

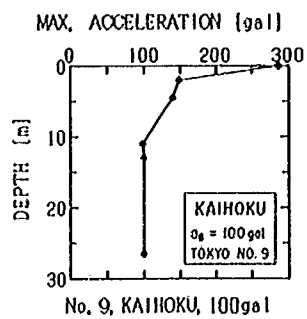


(d) リンカーン・ヒル

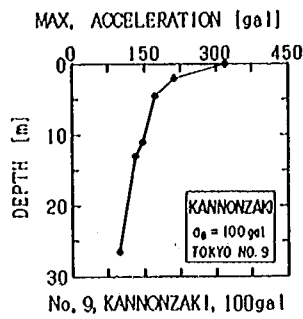
付図1.8 No.8地点 (100gal入力)



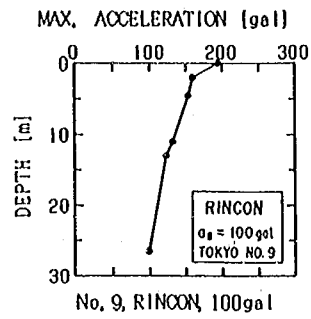
(a) 土木研究所, EQ-28



(b) 開北橋

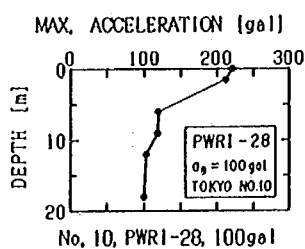


(c) 観音崎

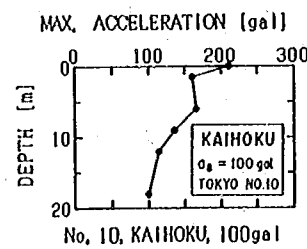


(d) リンカーン・ヒル

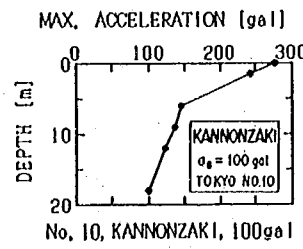
付図1.9 No.9地点 (100gal入力)



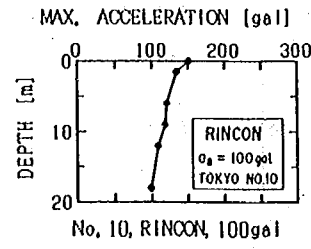
(a) 土木研究所, EQ-28



(b) 開北橋

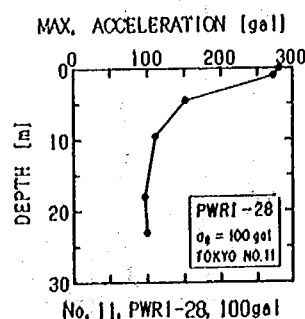


(c) 観音崎

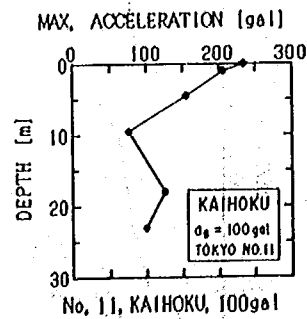


(d) リンカーン・ヒル

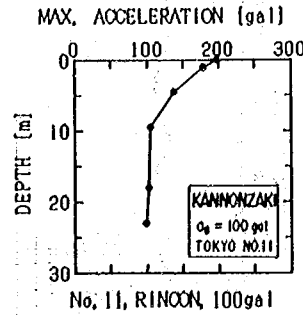
付図1.10 No.10地点 (100gal入力)



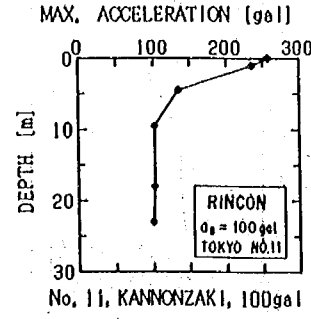
(a) 土木研究所, EQ-28



(b) 開北橋

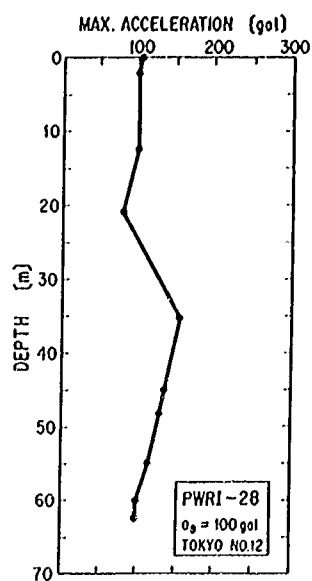


(c) 観音崎

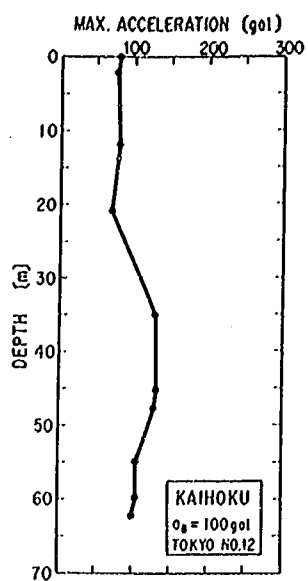


(d) リンカーン・ヒル

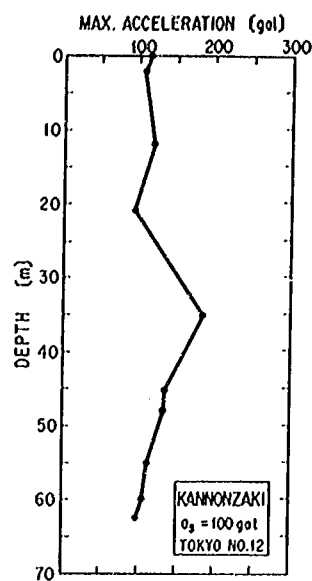
付図1.11 No.11地点 (100gal入力)



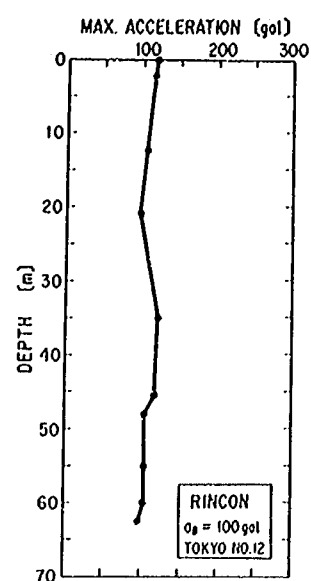
(a) 土木研究所, EQ-28



(b) 開北橋

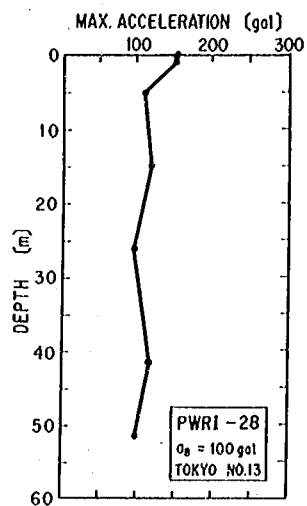


(c) 観音崎

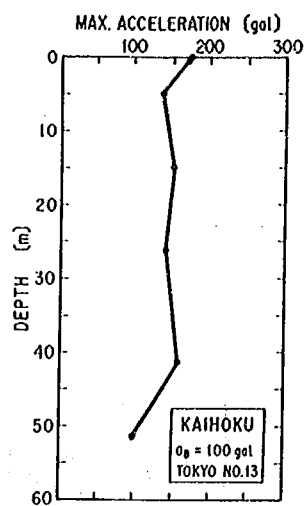


(d) リンカーン・ヒル

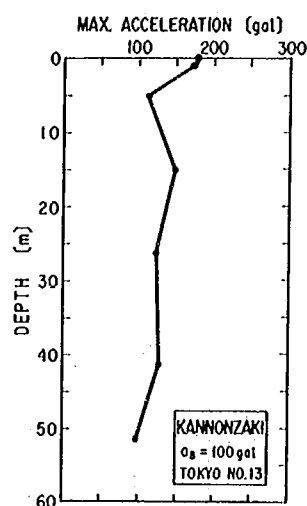
付図1.12 No.12地点 (100gal入力)



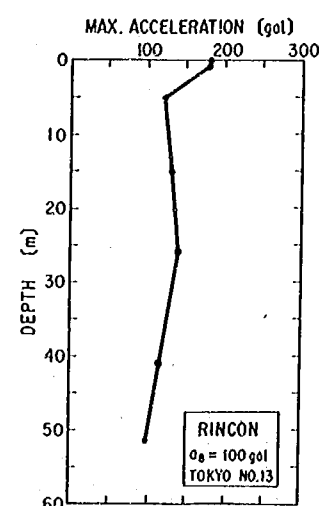
(a) 土木研究所, EQ-28



(b) 開北橋

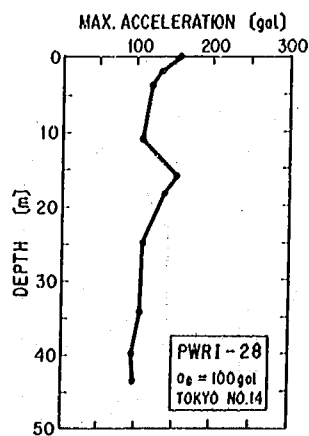


(c) 観音崎

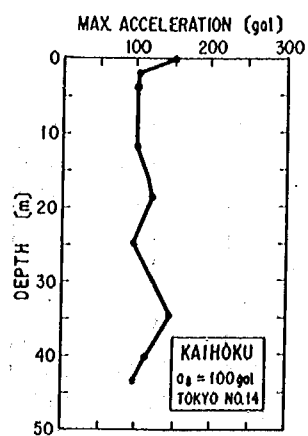


(d) リンカーン・ヒル

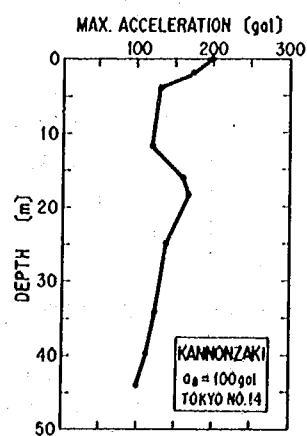
付図1.13 No.13地点 (100gal入力)



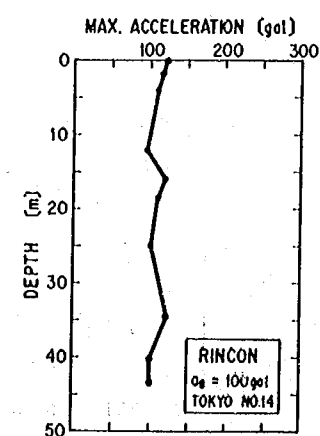
(a) 土木研究所, EQ-28



(b) 開北橋

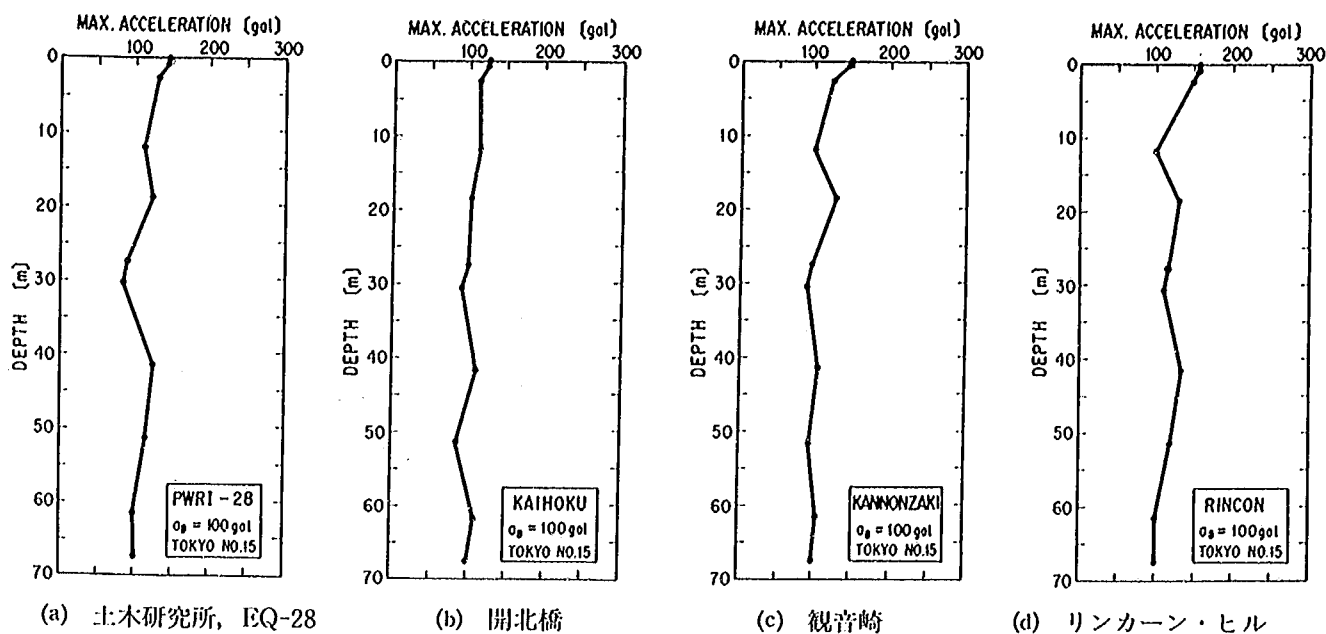


(c) 観音崎

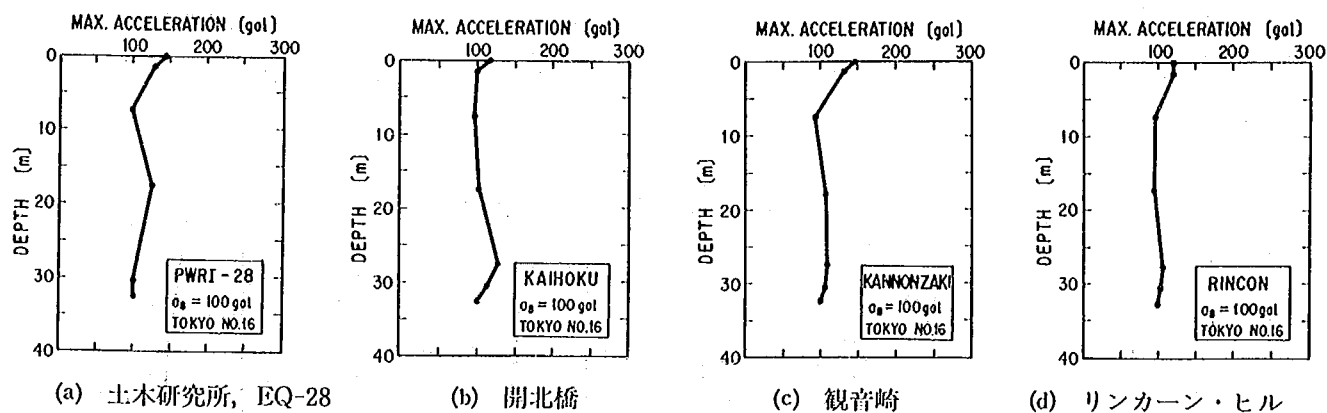


(d) リンカーン・ヒル

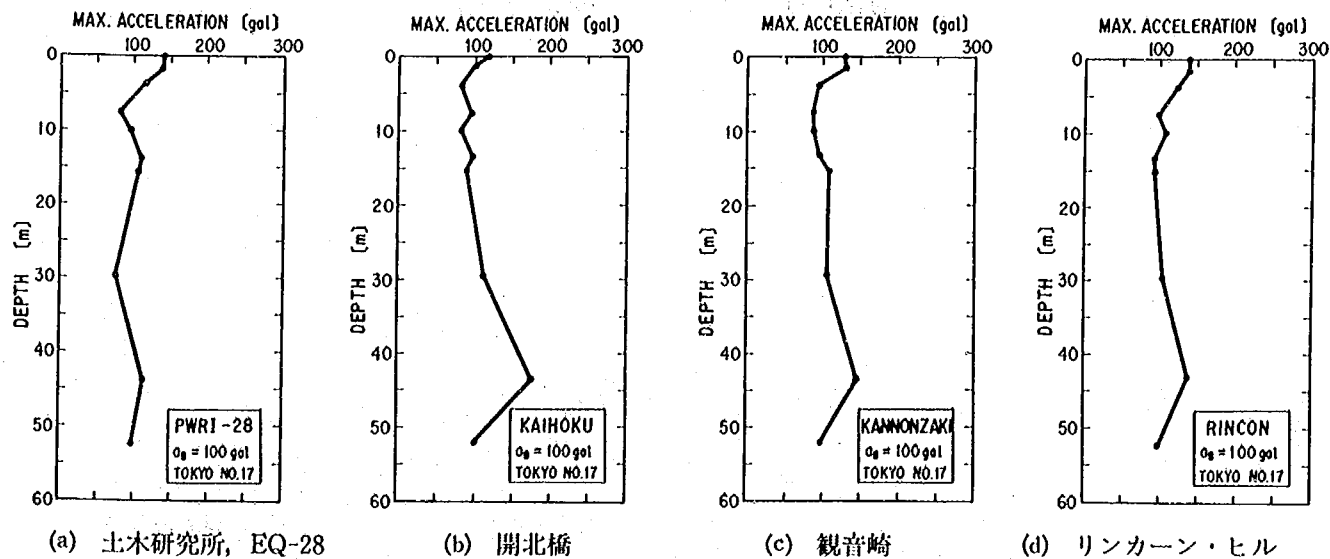
付図1.14 No.14地点 (100gal入力)



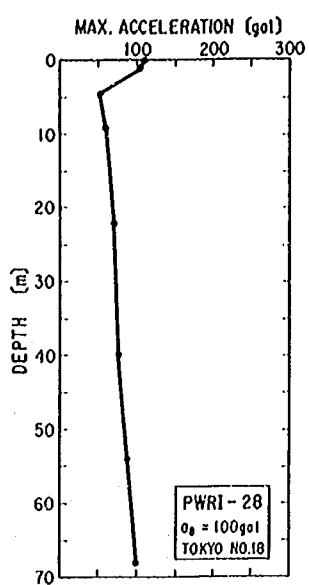
付図1.15 No.15地点 (100gal入力)



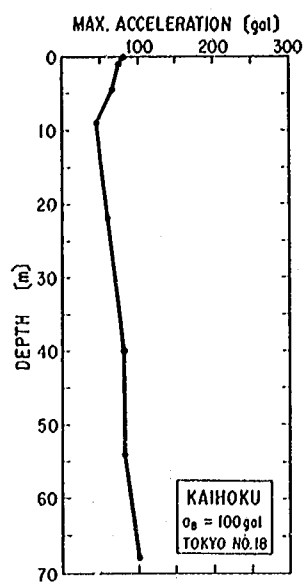
付図1.16 No.16地点 (100gal入力)



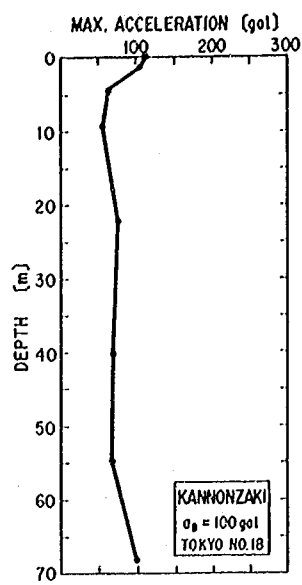
付図1.17 No.17地点 (100gal入力)



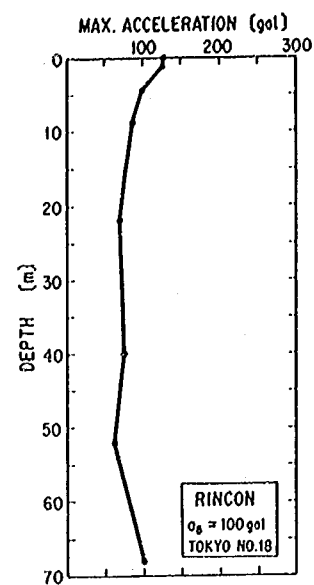
(a) 土木研究所, EQ-28



(b) 開北橋

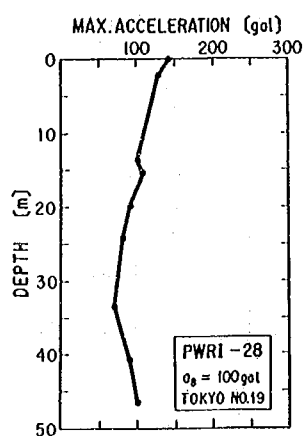


(c) 観音崎

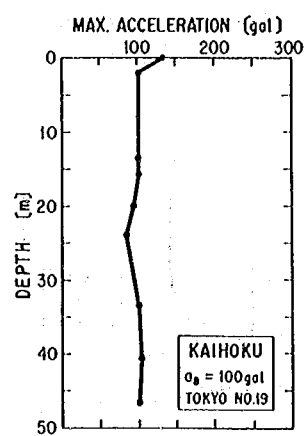


(d) リンカーン・ヒル

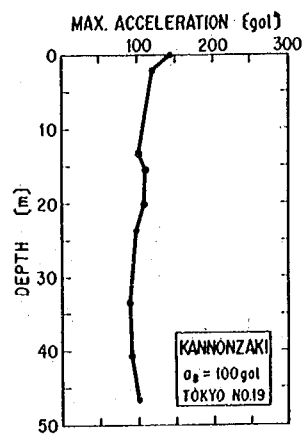
付図1.18 No.18地点 (100gal入力)



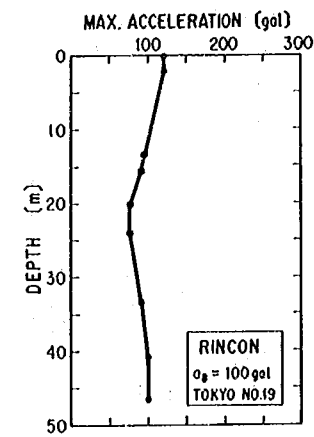
(a) 土木研究所, EQ-28



(b) 開北橋



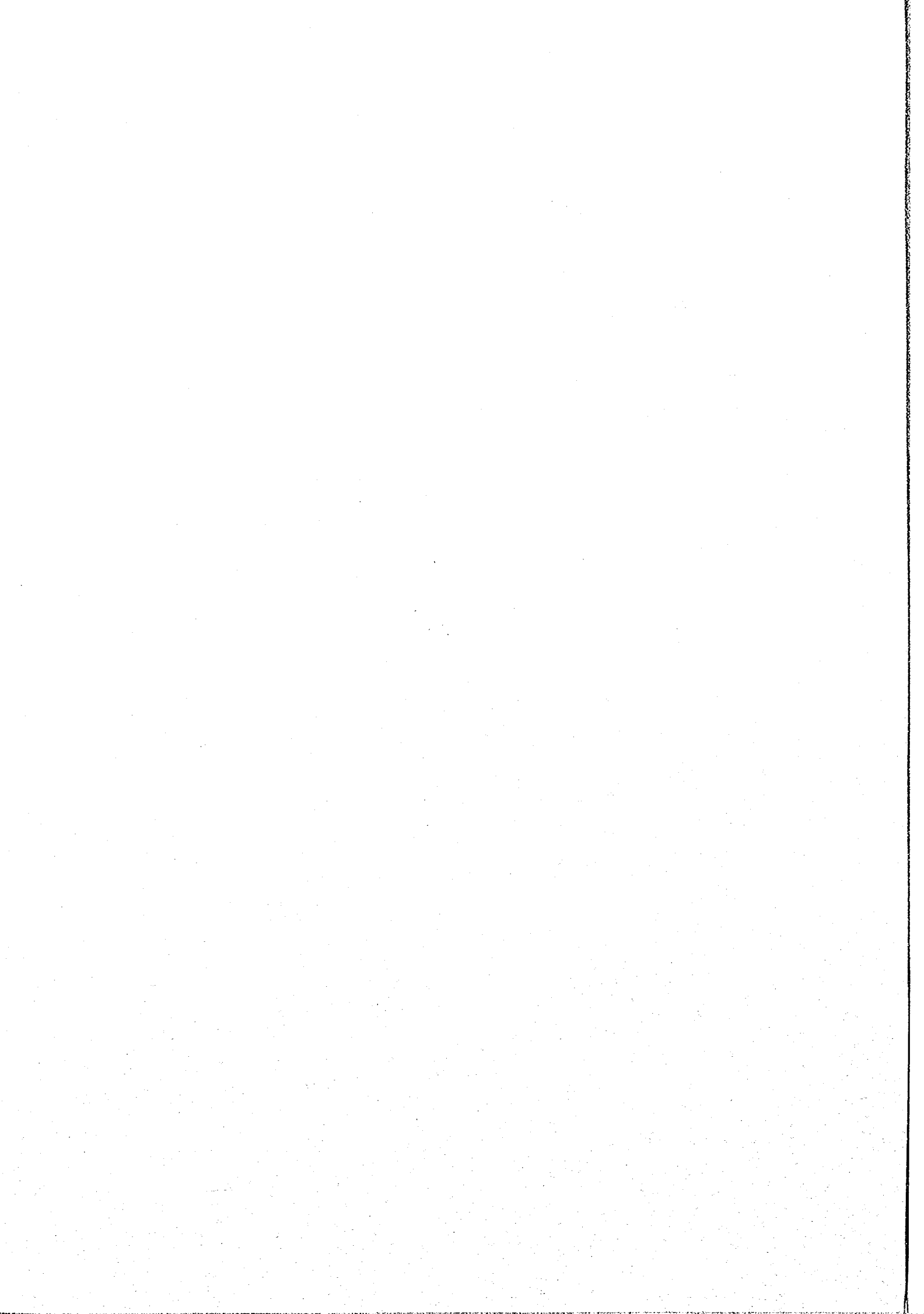
(c) 観音崎

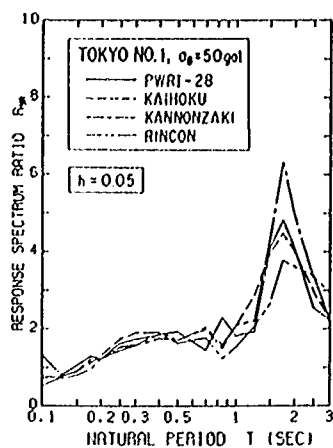


(d) リンカーン・ヒル

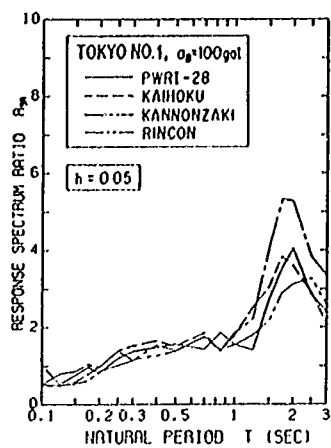
付図1.19 No.19地点 (100gal入力)

付属資料 2 加速度応答スペクトルの増幅率

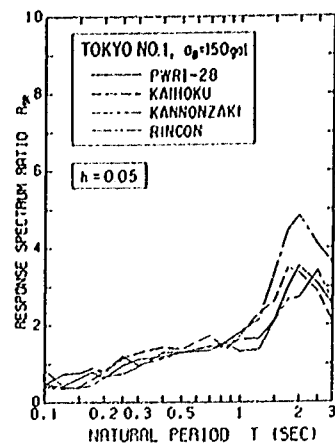




(a) 50gal入力

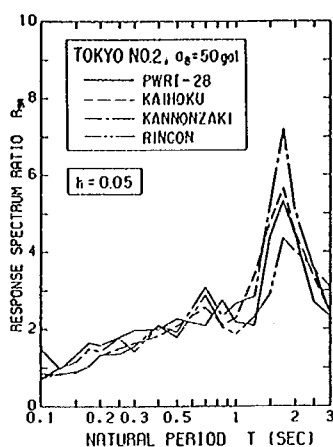


(b) 100gal入力

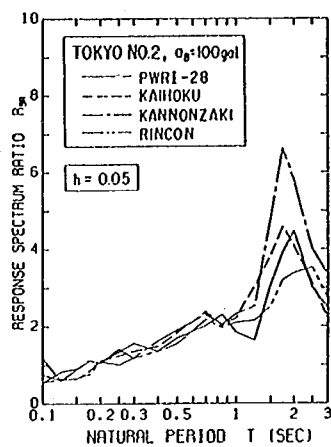


(c) 150gal入力

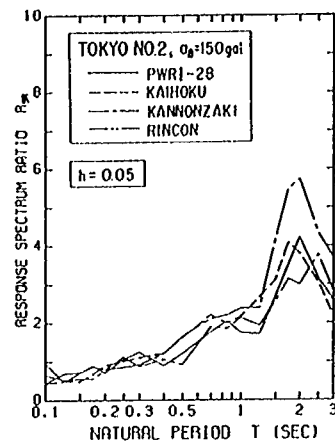
付図2.1 No.1地点



(a) 50gal入力

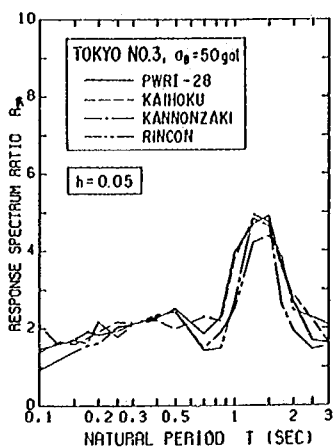


(b) 100gal入力

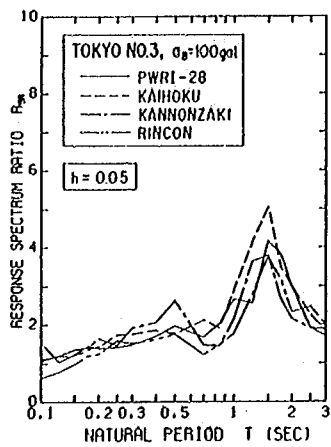


(c) 150gal入力

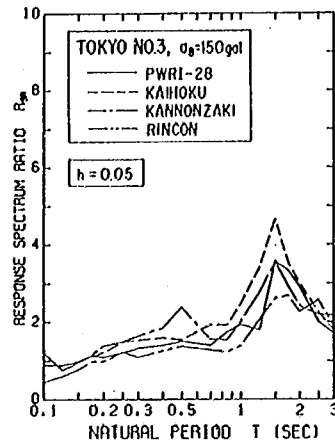
付図2.2 No.2地点



(a) 50gal入力

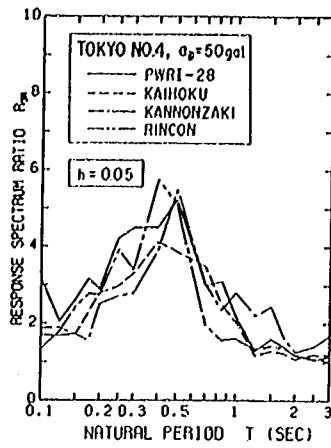


(b) 100gal入力

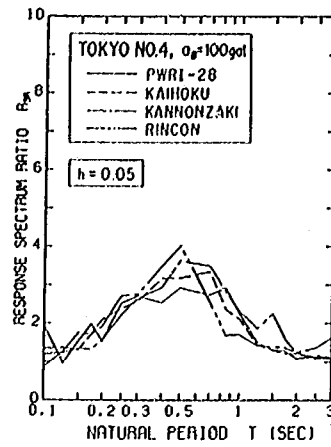


(c) 150gal入力

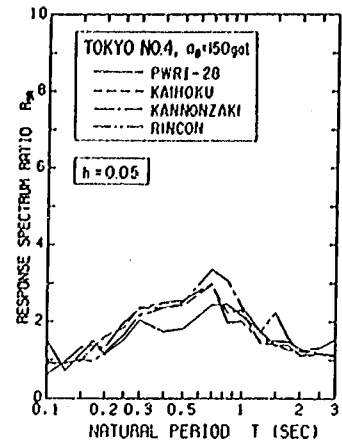
付図2.3 No.3地点



(a) 50gal入力

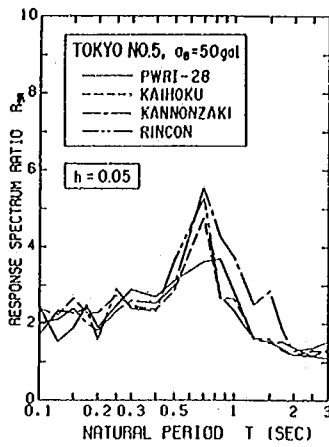


(b) 100gal入力

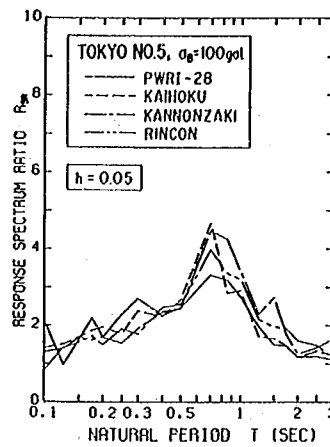


(c) 150gal入力

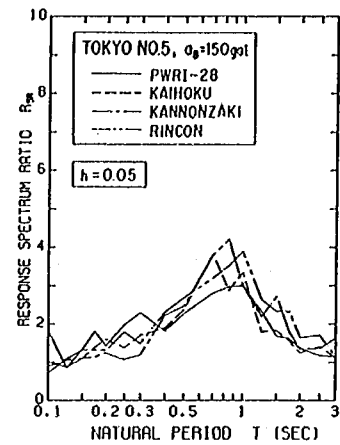
付図2.4 No.4地点



(a) 50gal入力

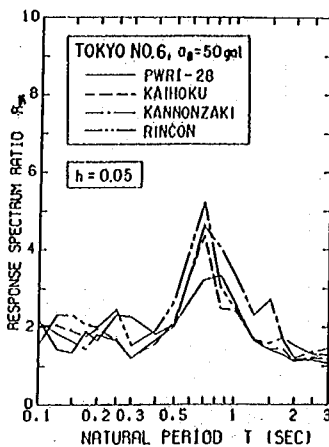


(b) 100gal入力

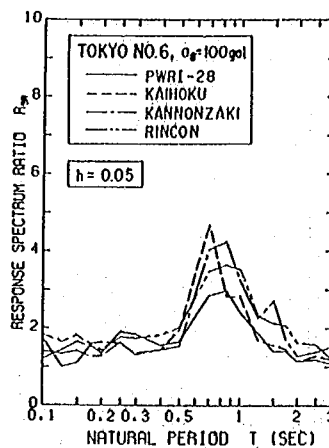


(c) 150gal入力

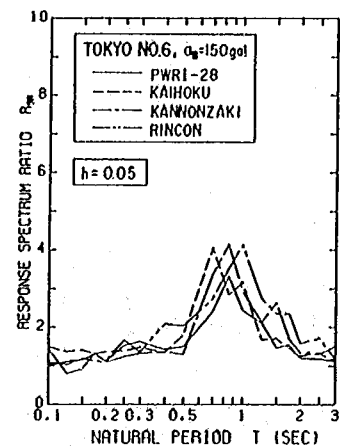
付図2.5 No.5地点



(a) 50gal入力

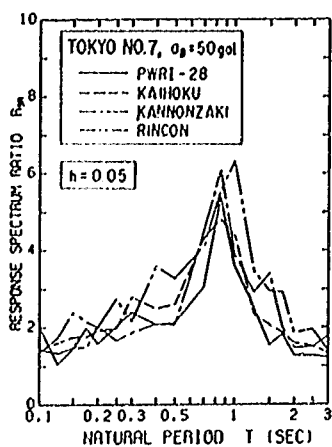


(b) 100gal入力

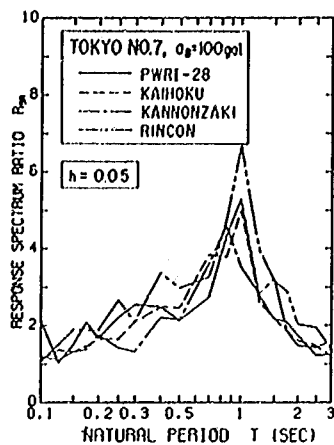


(c) 150gal入力

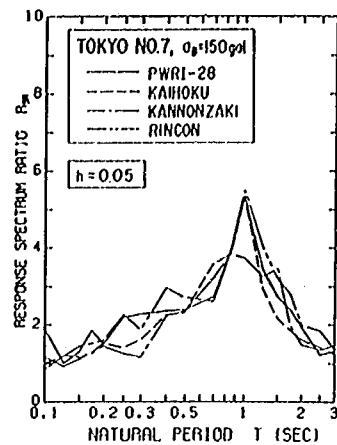
付図2.6 No.6地点



(a) 50gal入力

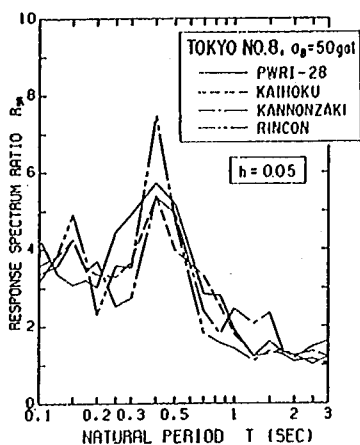


(b) 100gal入力

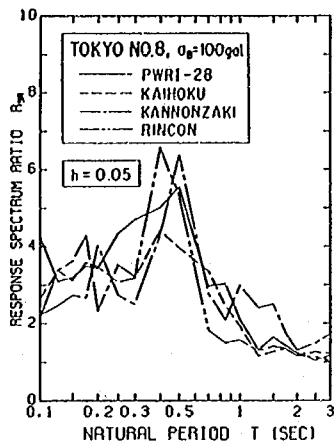


(c) 150gal入力

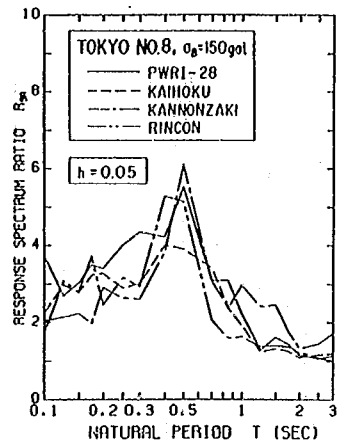
付図2.7 No.7地点



(a) 50gal入力

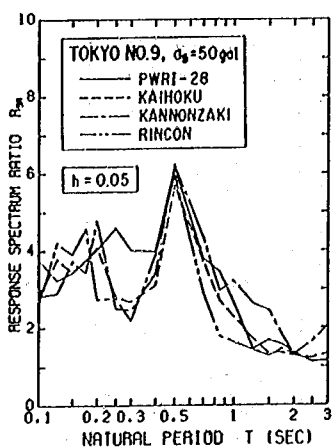


(b) 100gal入力

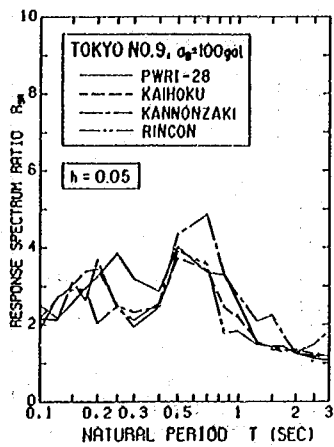


(c) 150gal入力

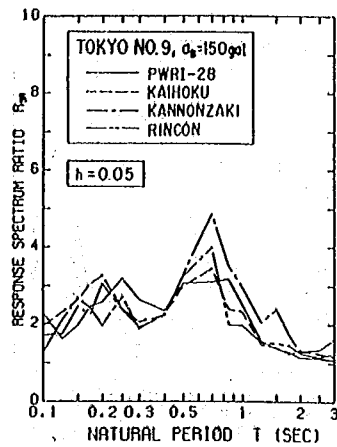
付図2.8 No.8地点



(a) 50gal入力

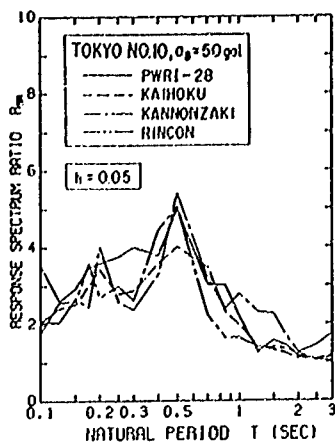


(b) 100gal入力

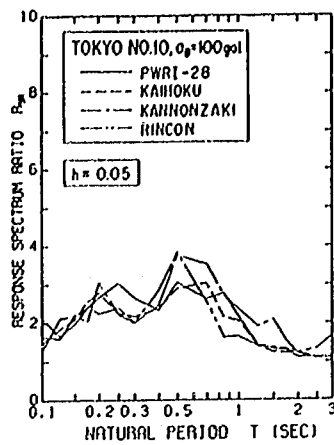


(c) 150gal入力

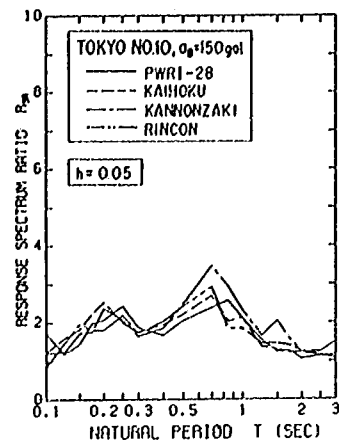
付図2.9 No.9地点



(a) 50gal入力

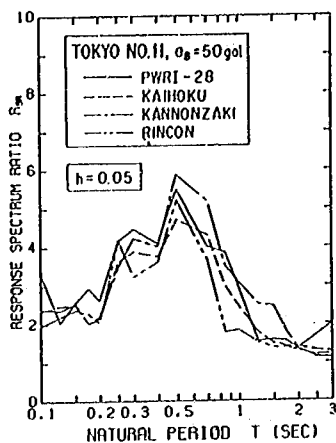


(b) 100gal入力

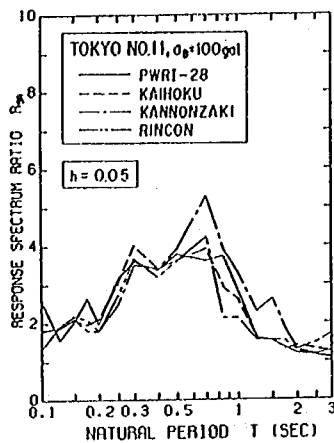


(c) 150gal入力

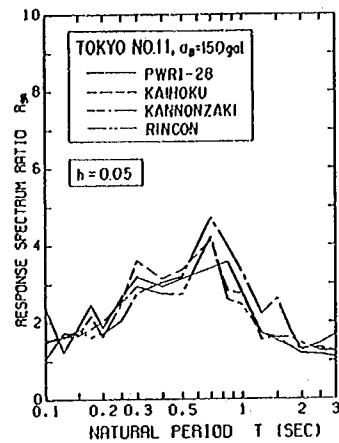
付図2.10 No.10地点



(a) 50gal入力

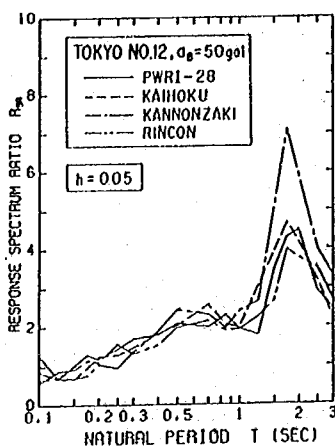


(b) 100gal入力

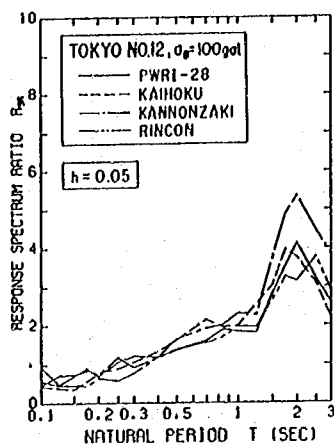


(c) 150gal入力

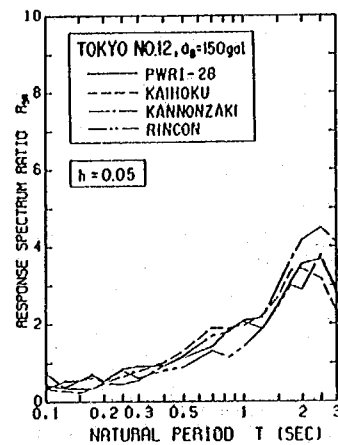
付図2.11 No.11地点



(a) 50gal入力

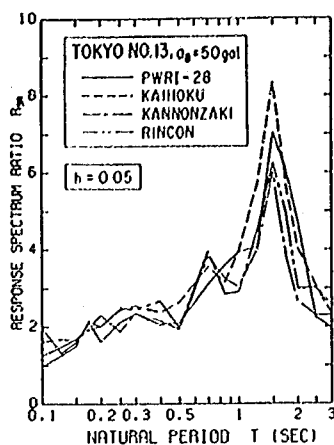


(b) 100gal入力

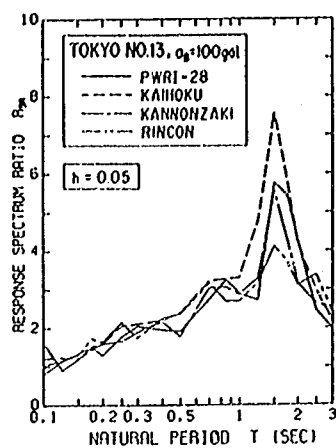


(c) 150gal入力

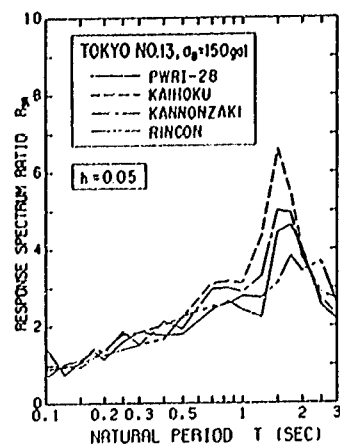
付図2.12 No.12地点



(a) 50gal入力

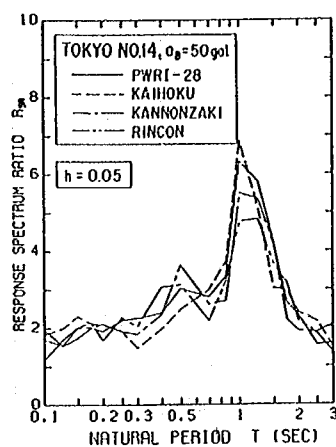


(b) 100gal入力

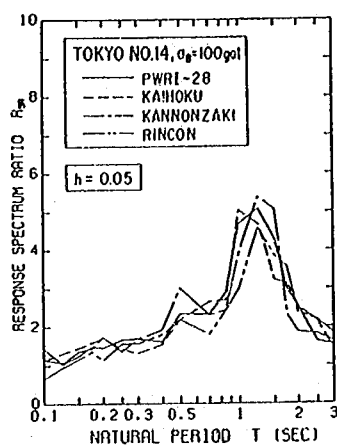


(c) 150gal入力

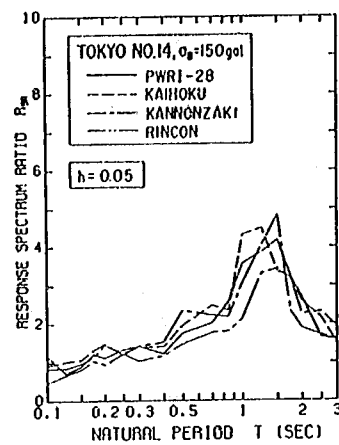
付図2.13 No.13地点



(a) 50gal入力

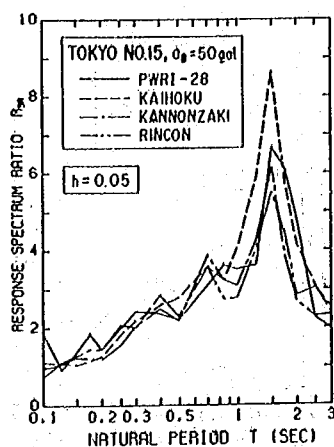


(b) 100gal入力

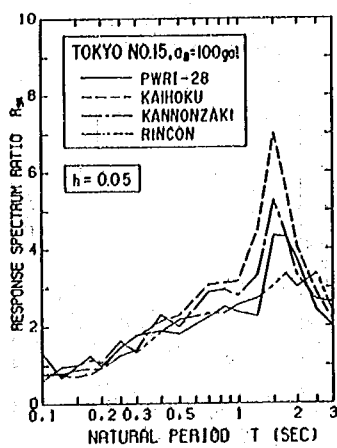


(c) 150gal入力

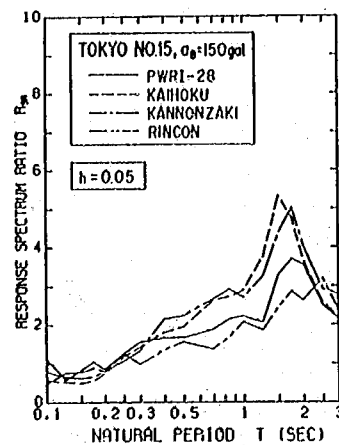
付図2.14 No.14地点



(a) 50gal入力

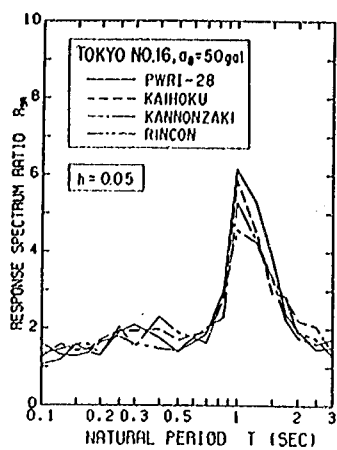


(b) 100gal入力

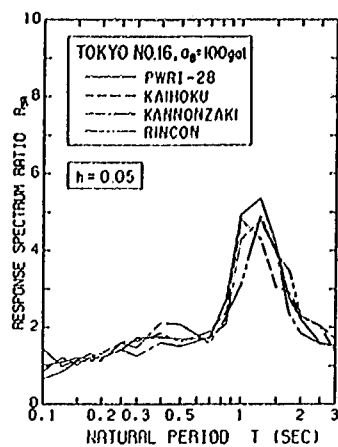


(c) 150gal入力

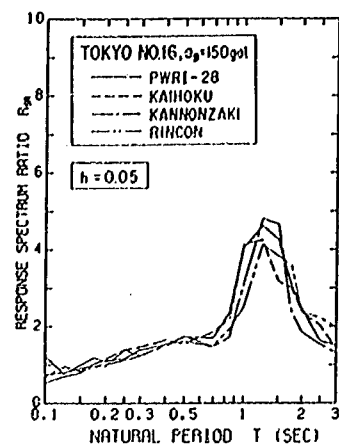
付図2.15 No.15地点



(a) 50gal入力

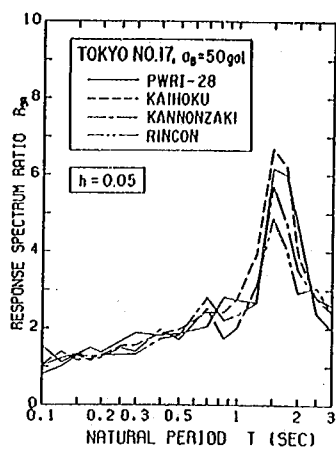


(b) 100gal入力

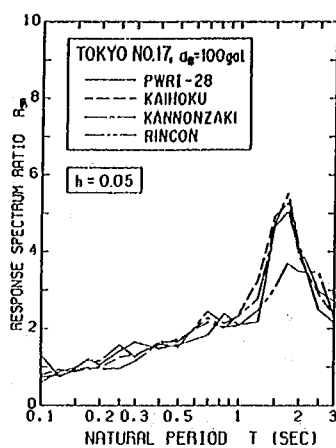


(c) 150gal入力

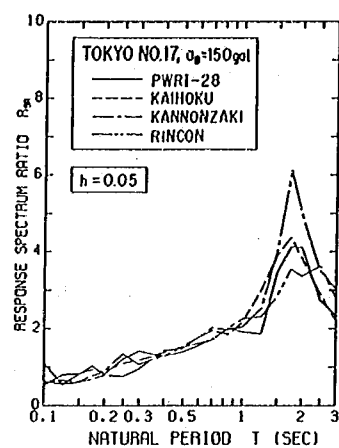
付図2.16 No.16地点



(a) 50gal入力

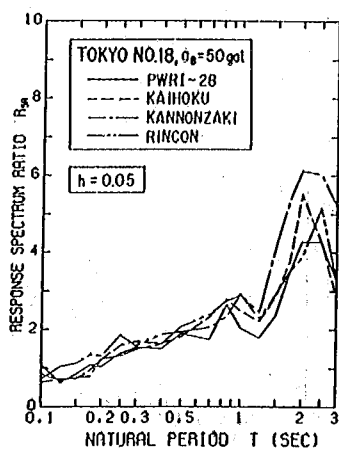


(b) 100gal入力

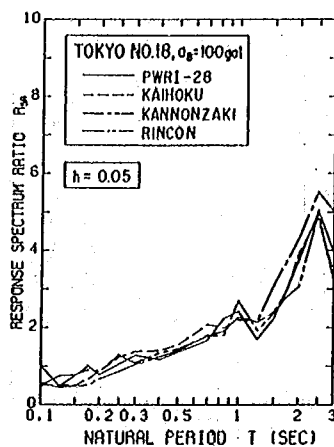


(c) 150gal入力

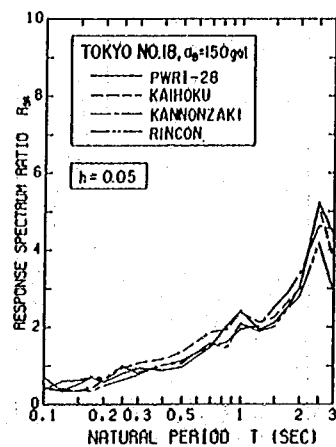
付図2.17 No.17地点



(a) 50gal入力

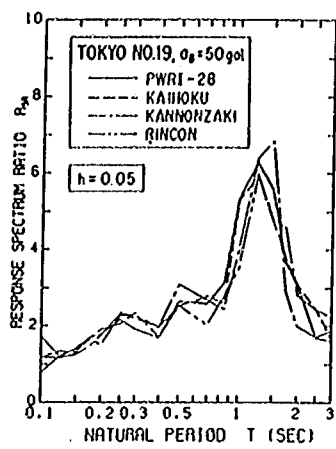


(b) 100gal入力

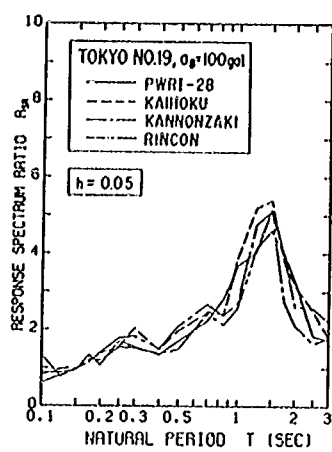


(c) 150gal入力

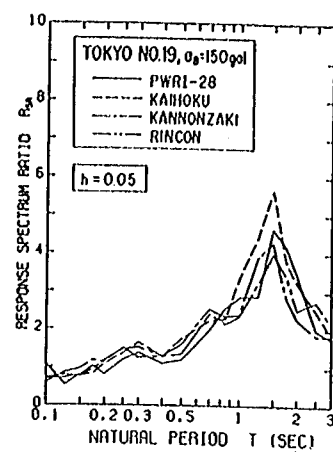
付図2.18 No.18地点



(a) 50gal入力



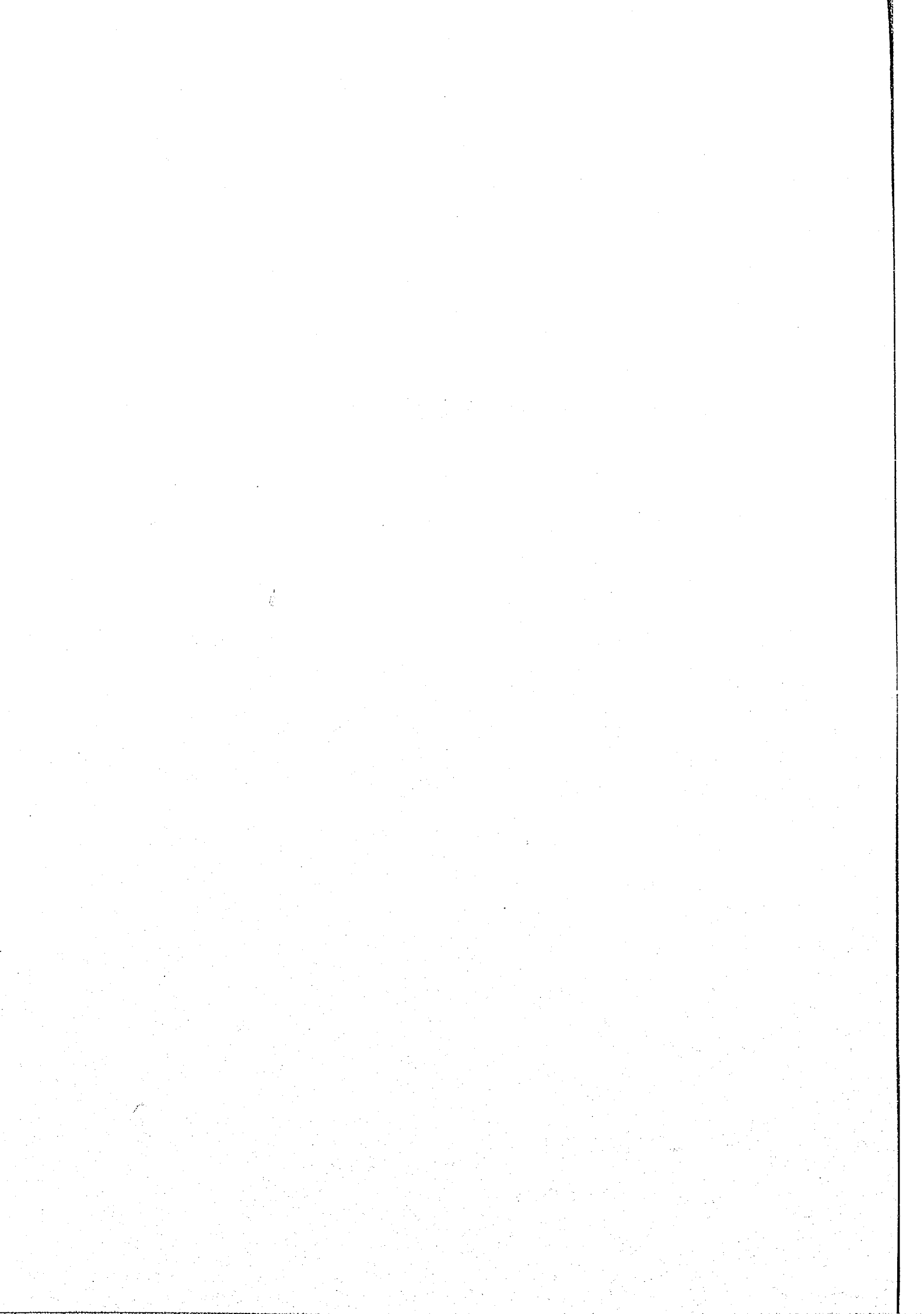
(b) 100gal入力

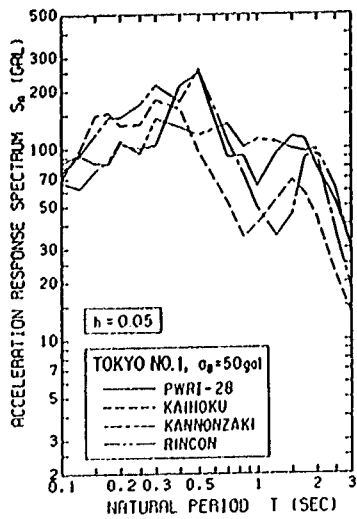


(c) 150gal入力

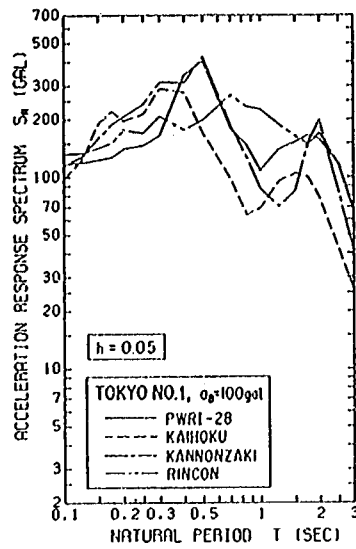
付図2.19 No.19地点

付属資料 3 地表面上の加速度応答スペクトル

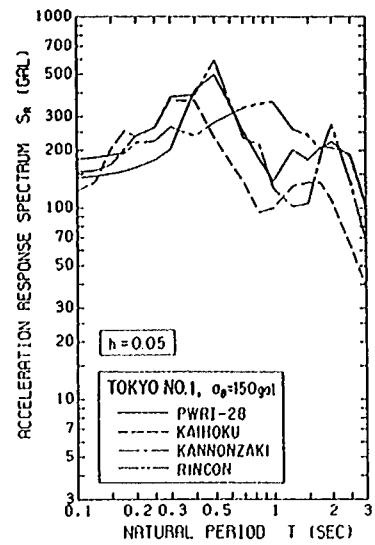




(a) 50gal入力

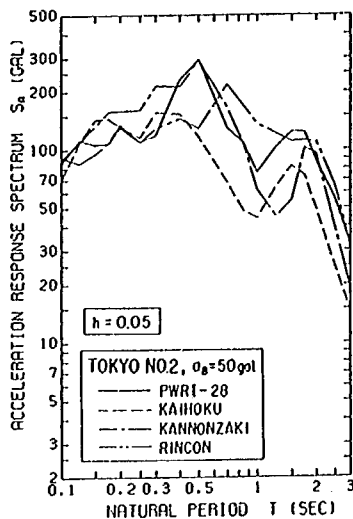


(b) 100gal入力

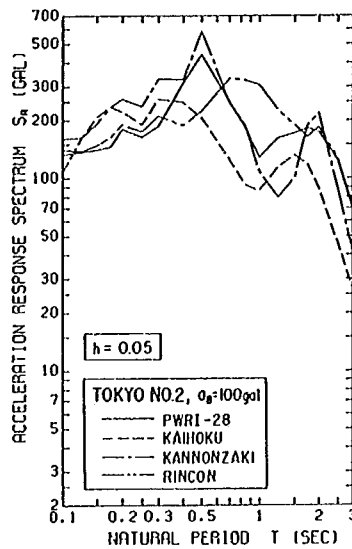


(c) 150gal入力

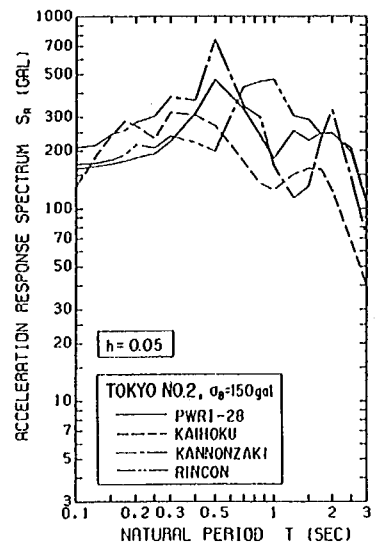
付図3.1 No.1地点



(a) 50gal入力

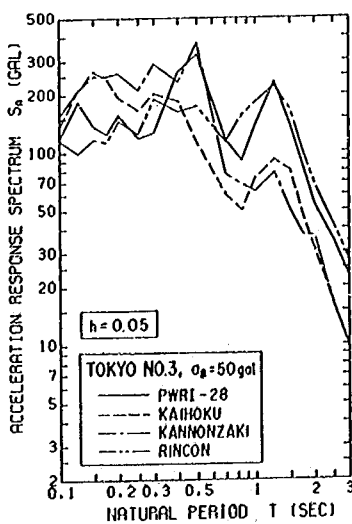


(b) 100gal入力

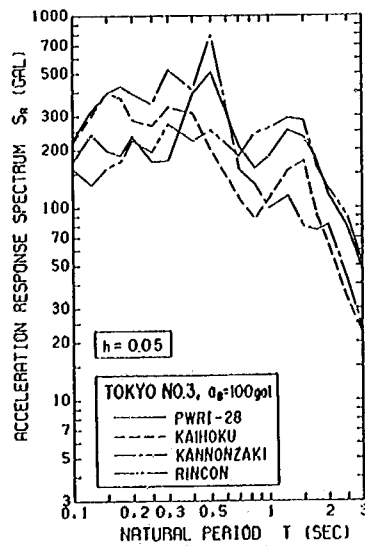


(c) 150gal入力

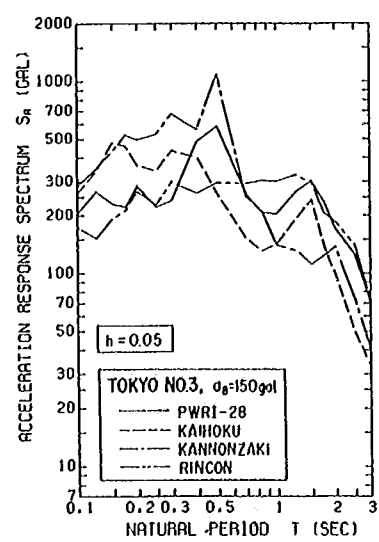
付図3.2 No.2地点



(a) 50gal入力

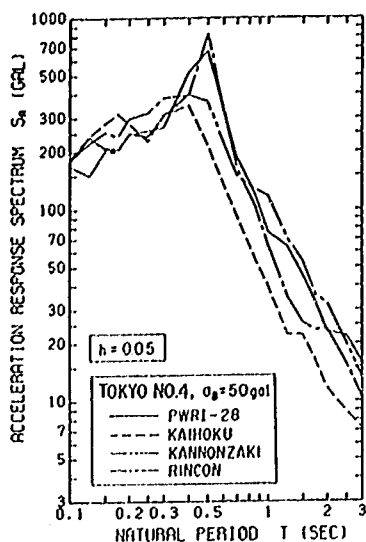


(b) 100gal入力

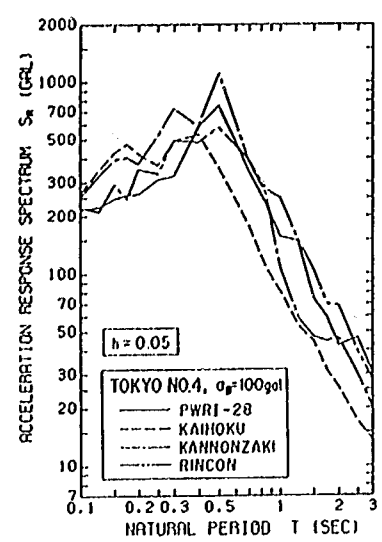


(c) 150gal入力

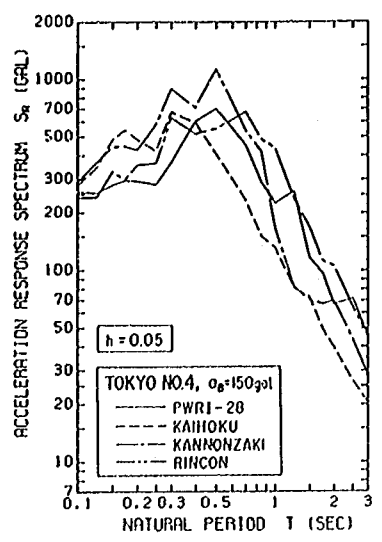
付図3.3 No.3地点



(a) 50gal入力

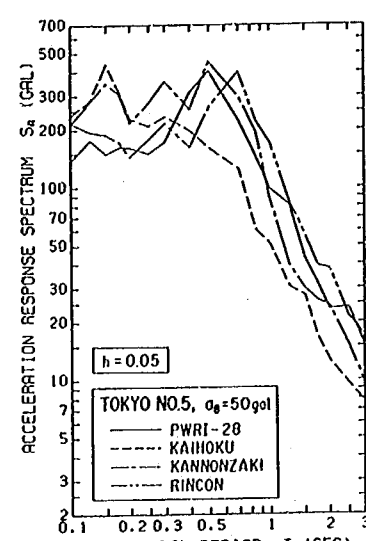


(b) 100gal入力

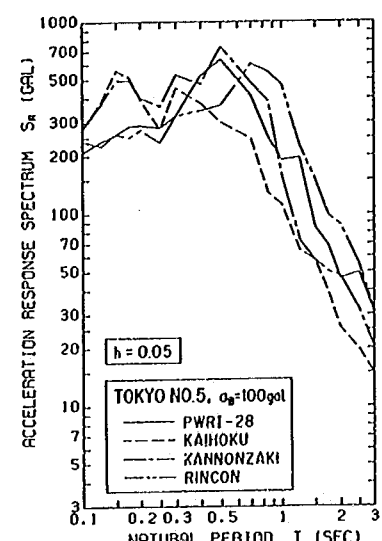


(c) 150gal入力

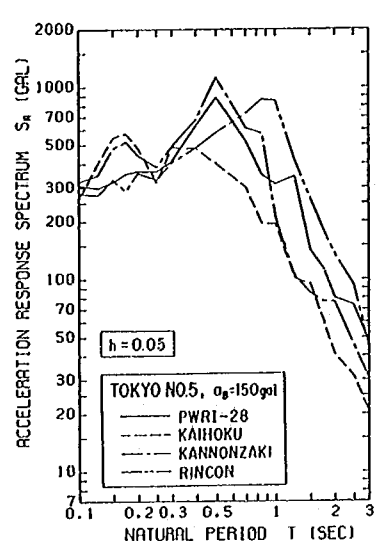
付図3.4 No.4地点



(a) 50gal入力

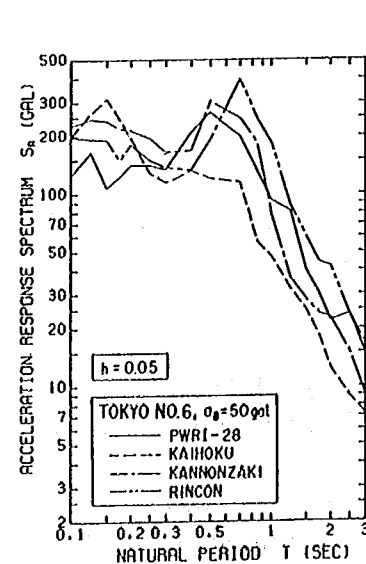


(b) 100gal入力

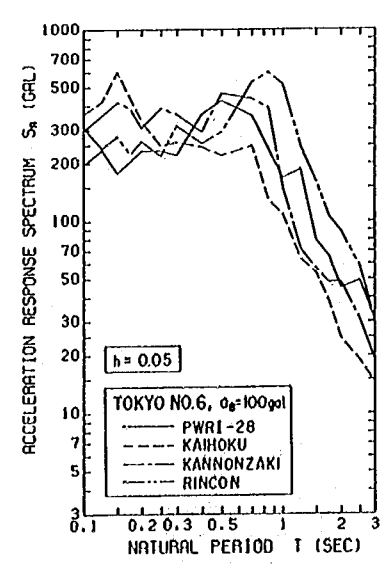


(c) 150gal入力

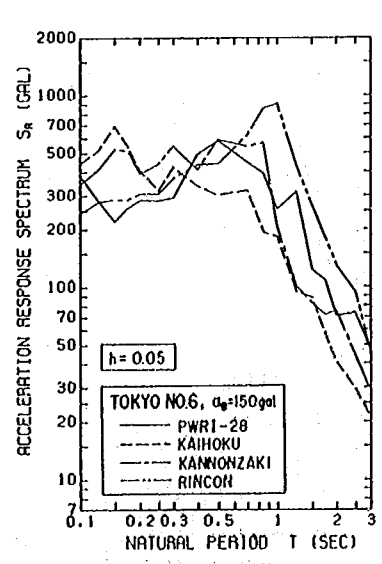
付図3.5 No.5地点



(a) 50gal入力

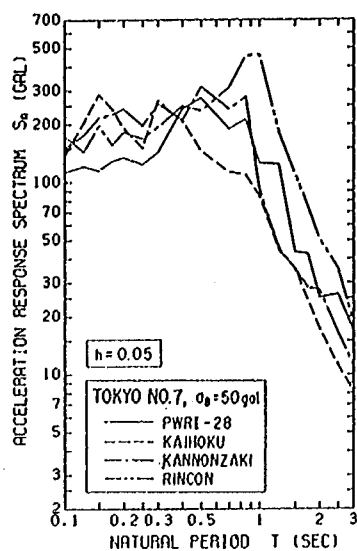


(b) 100gal入力

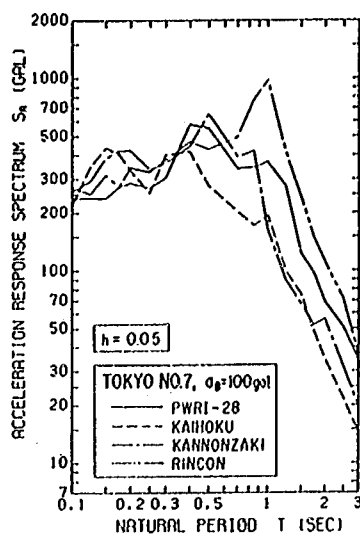


(c) 150gal入力

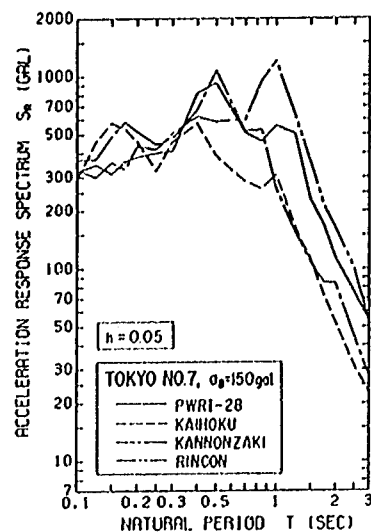
付図3.6 No.6地点



(a) 50gal入力

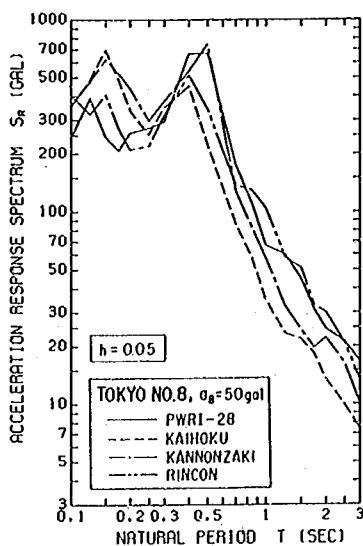


(b) 100gal入力

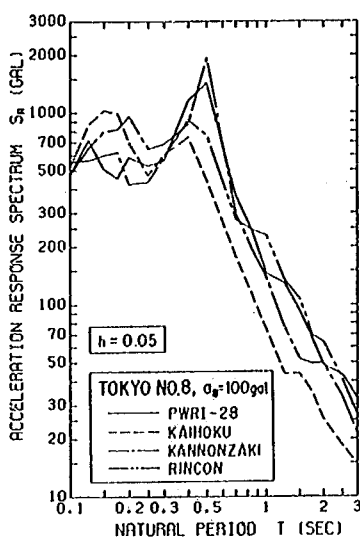


(c) 150gal入力

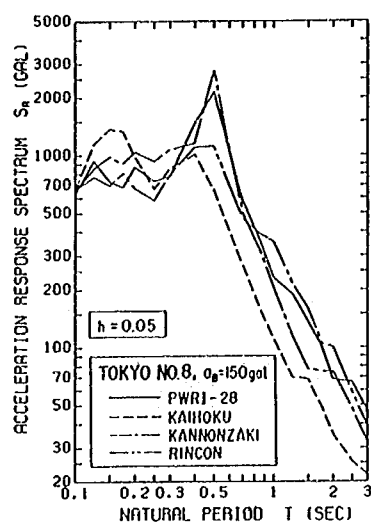
付図3.7 No.7地点



(a) 50gal入力

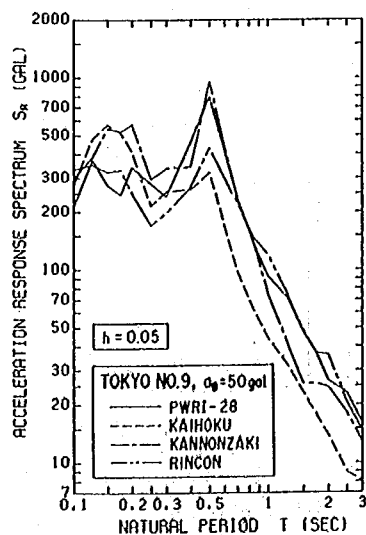


(b) 100gal入力

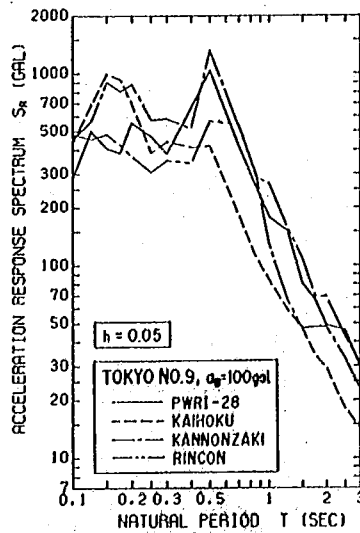


(c) 150gal入力

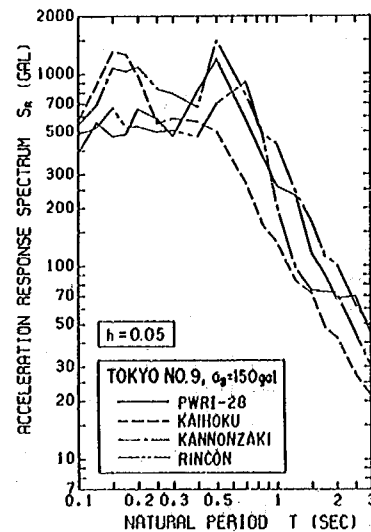
付図3.8 No.8地点



(a) 50gal入力

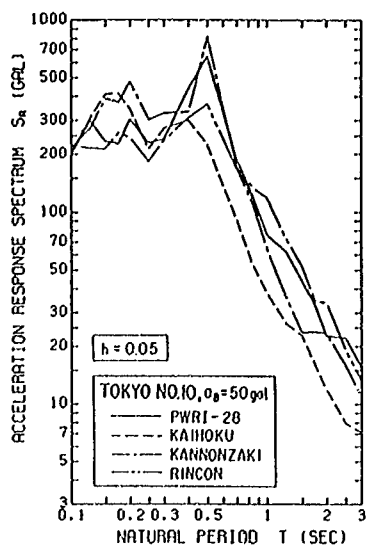


(b) 100gal入力

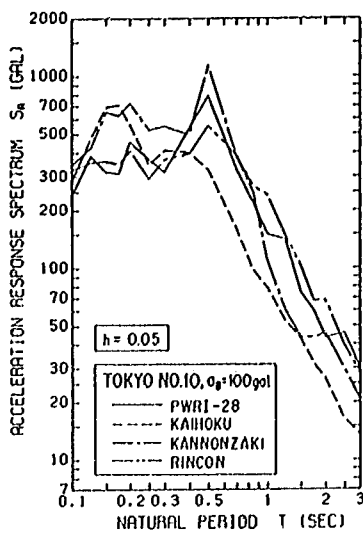


(c) 150gal入力

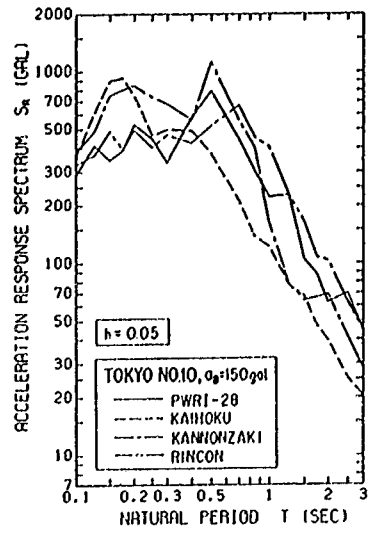
付図3.9 No.9地点



(a) 50gal入力

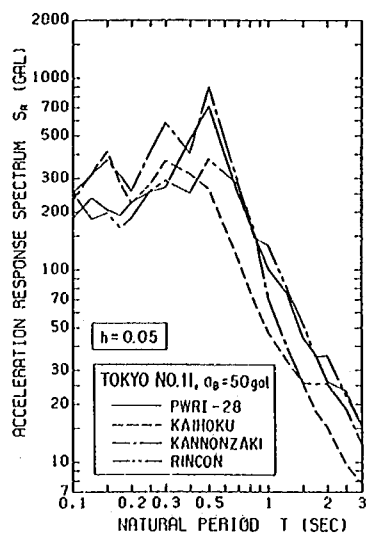


(b) 100gal入力

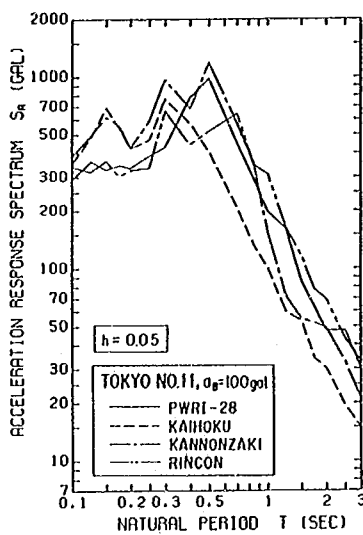


(c) 150gal入力

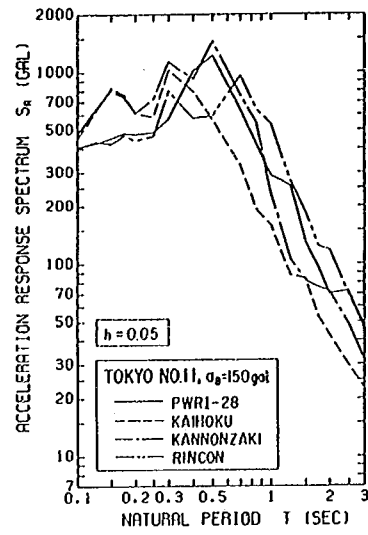
付図3.10 No.10地点



(a) 50gal入力

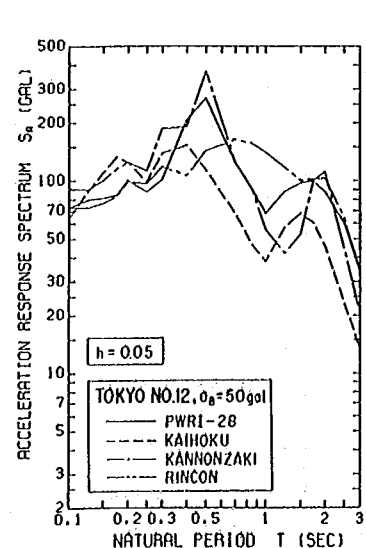


(b) 100gal入力

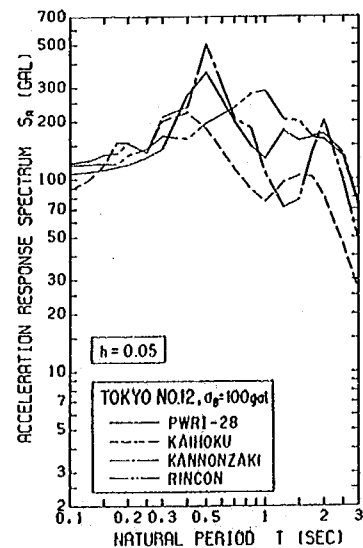


(c) 150gal入力

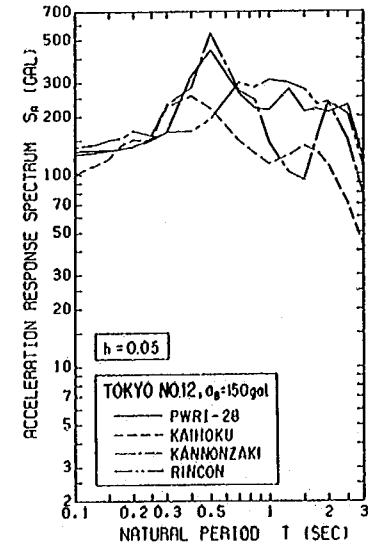
付図3.11 No.11地点



(a) 50gal入力

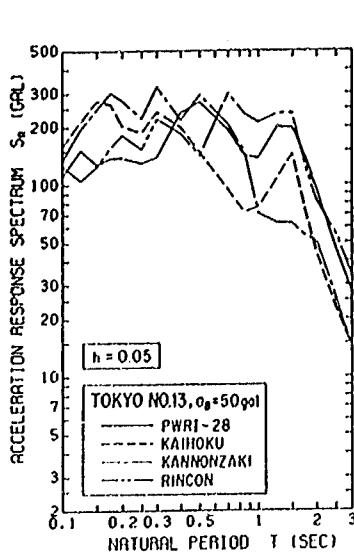


(b) 100gal入力

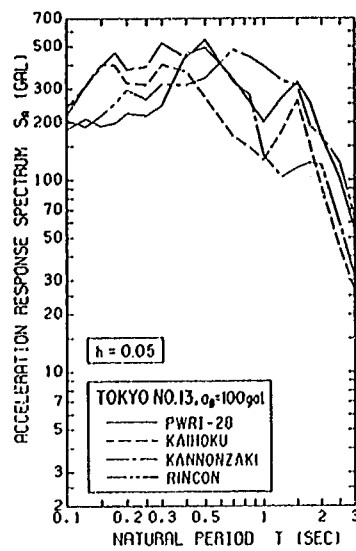


(c) 150gal入力

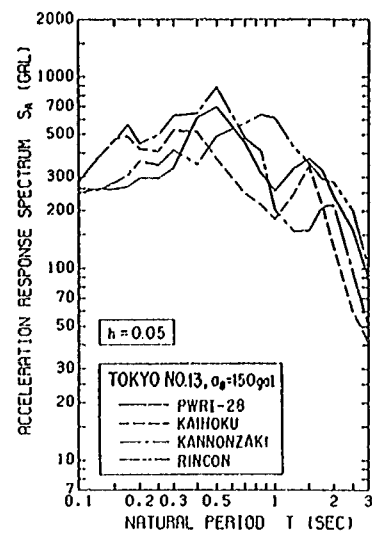
付図3.12 No.12地点



(a) 50gal入力

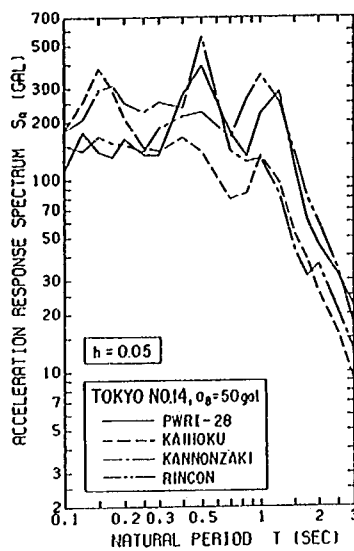


(b) 100gal入力

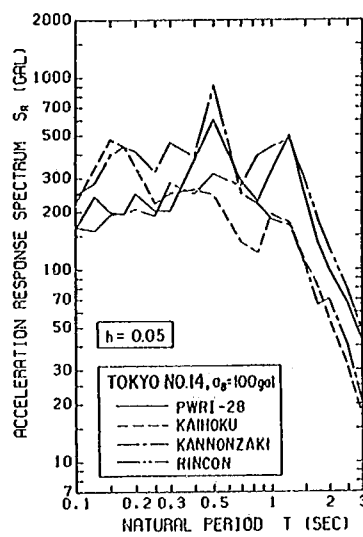


(c) 150gal入力

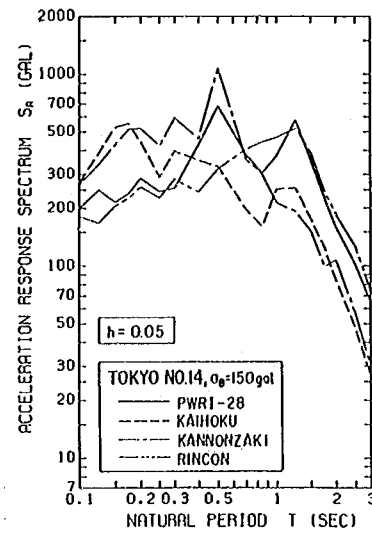
付図3.13 No.13地点



(a) 50gal入力

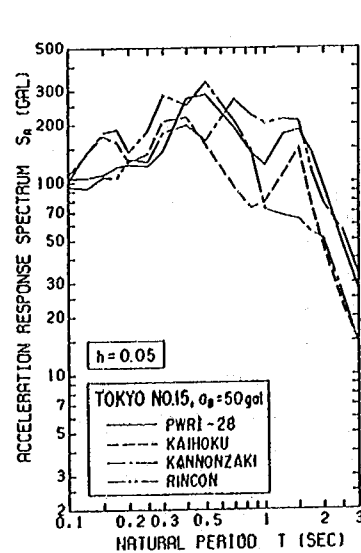


(b) 100gal入力

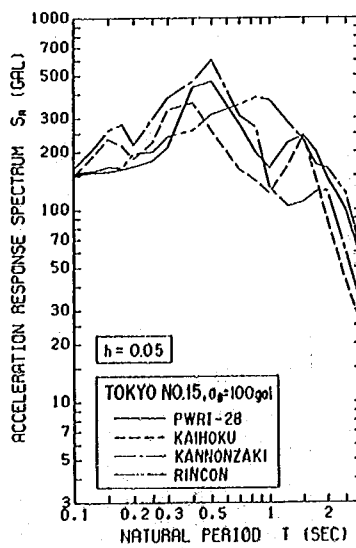


(c) 150gal入力

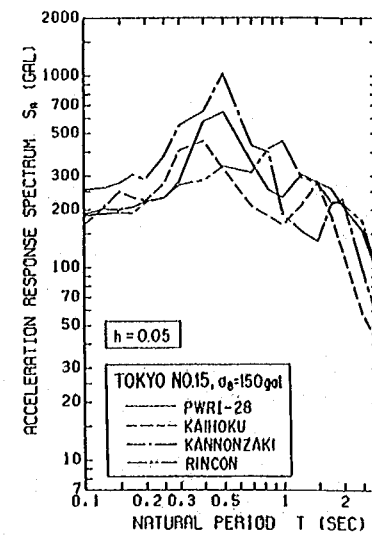
付図3.14 No.14地点



(a) 50gal入力

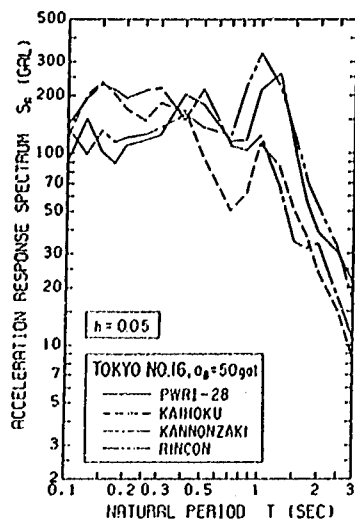


(b) 100gal入力

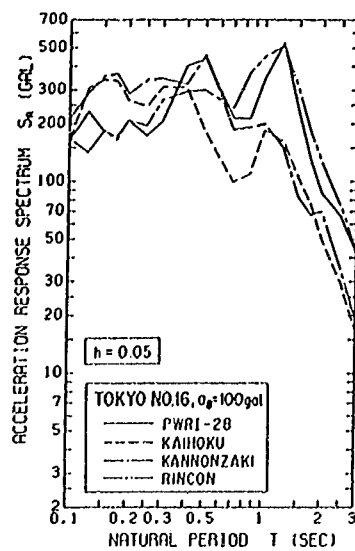


(c) 150gal入力

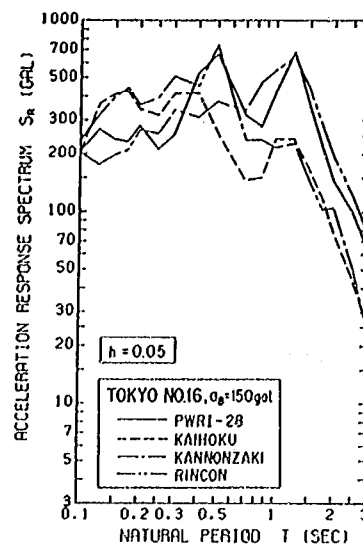
付図3.15 No.15地点



(a) 50gal入力

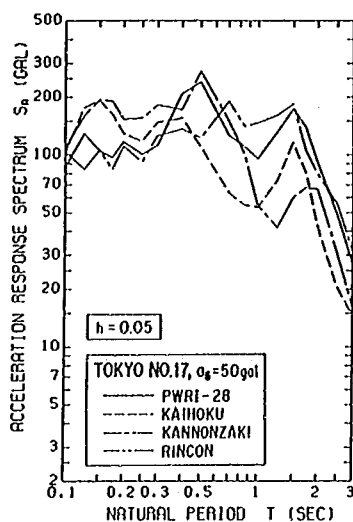


(b) 100gal入力

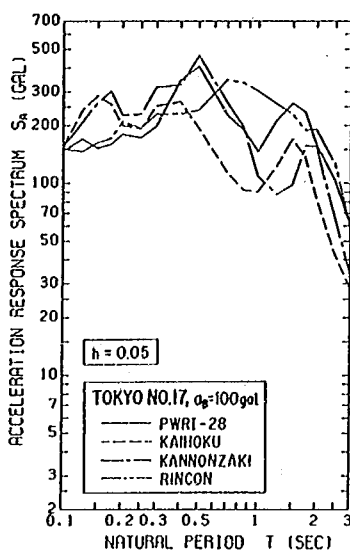


(c) 150gal入力

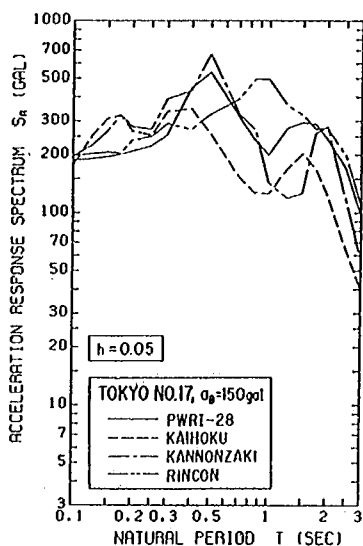
付図3.16 No.16地点



(a) 50gal入力

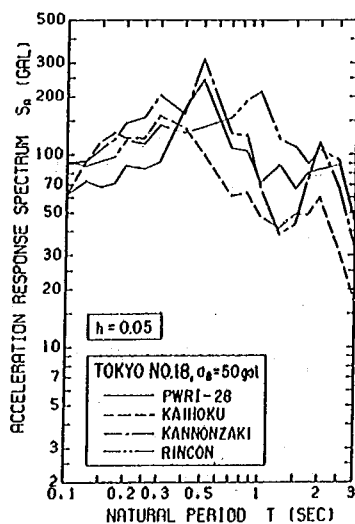


(b) 100gal入力

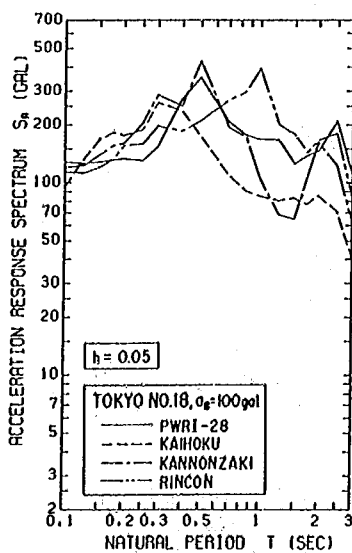


(c) 150gal入力

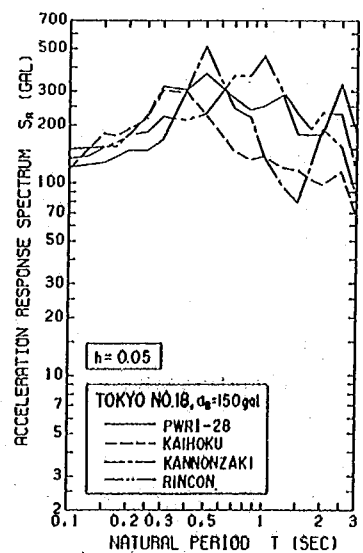
付図3.17 No.17地点



(a) 50gal入力

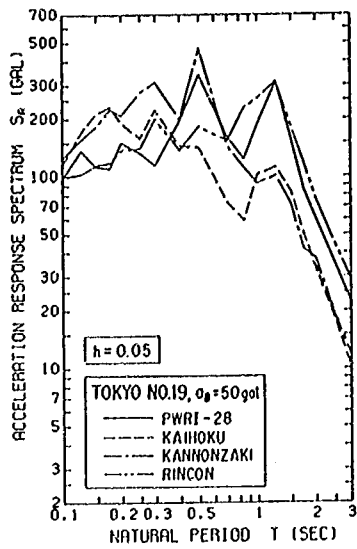


(b) 100gal入力

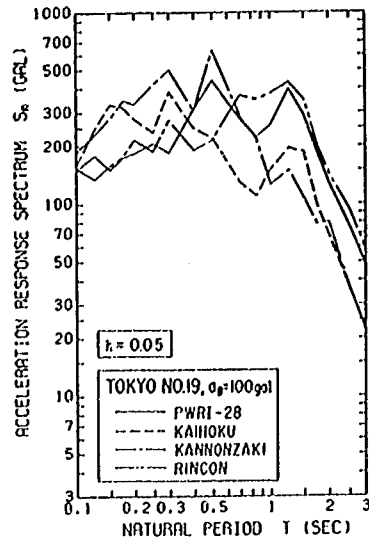


(c) 150gal入力

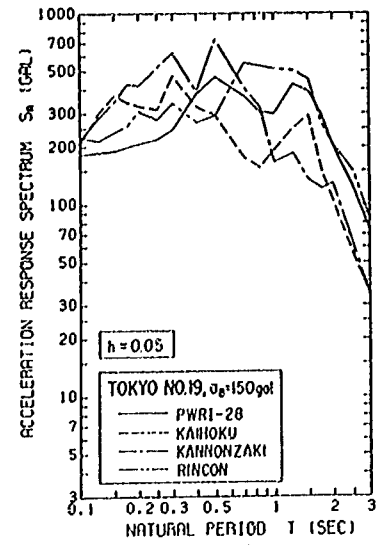
付図3.18 No.18地点



(a) 50gal入力



(b) 100gal入力

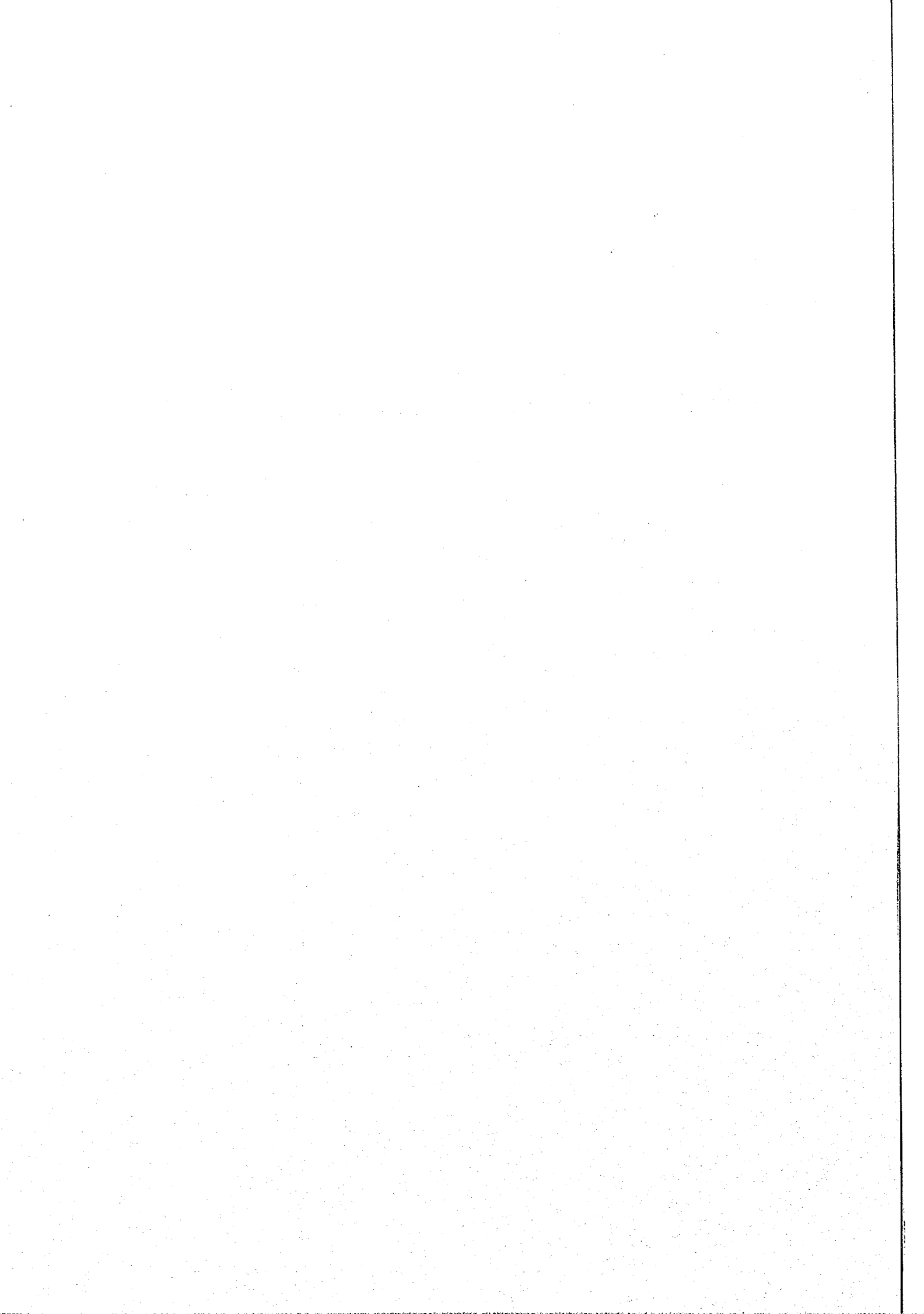


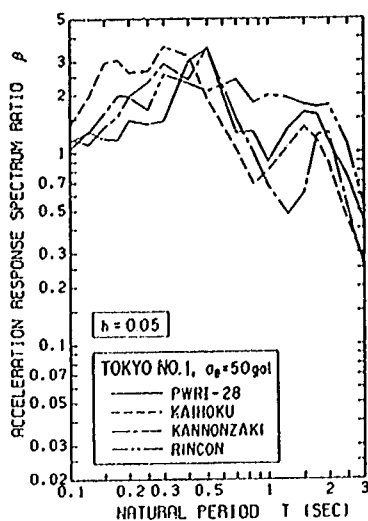
(c) 150gal入力

付図3.19 No.19地点

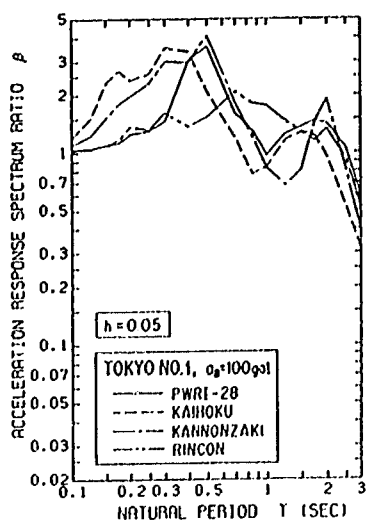
付属資料 4 地表面上の加速度応答スペクトル倍率



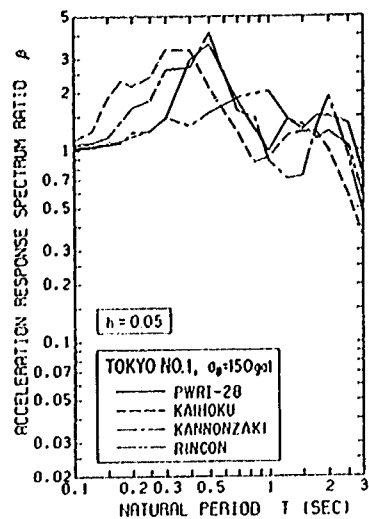




(a) 50gal入力

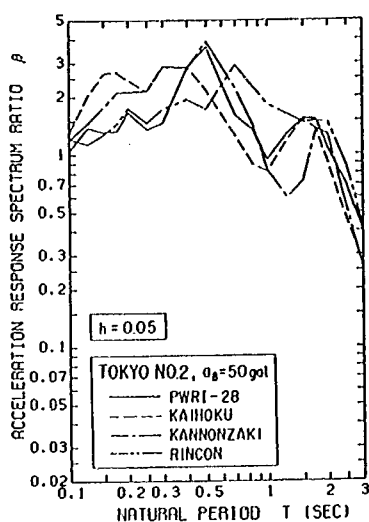


(b) 100gal入力

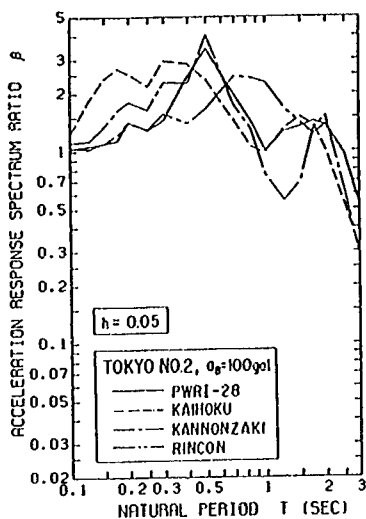


(c) 150gal入力

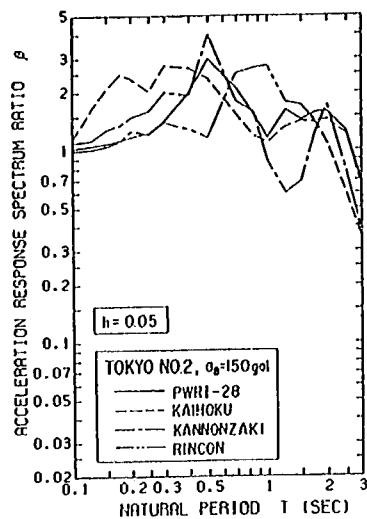
付図4.1 No.1地点



(a) 50gal入力

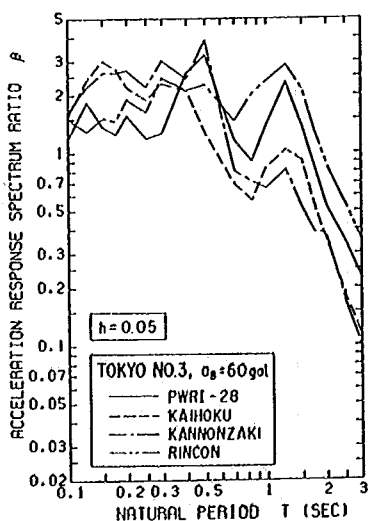


(b) 100gal入力

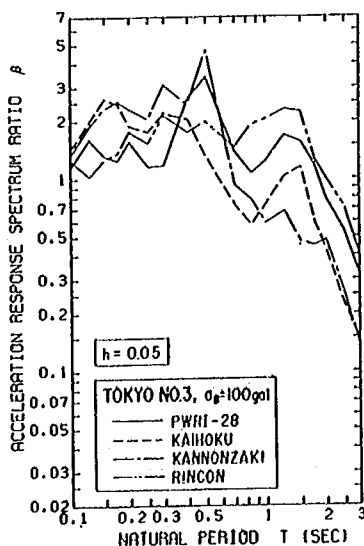


(c) 150gal入力

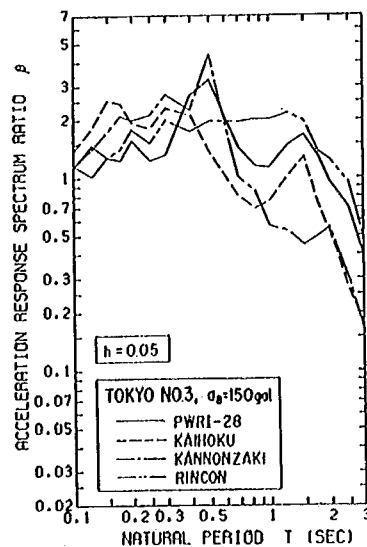
付図4.2 No.2地点



(a) 50gal入力

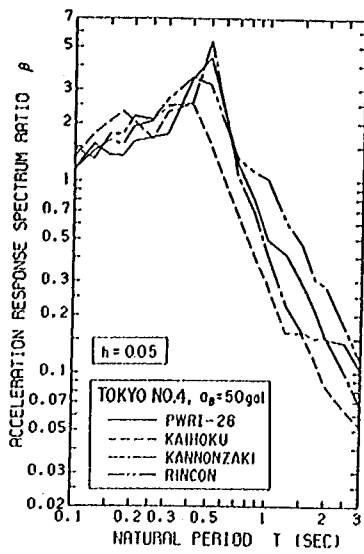


(b) 100gal入力

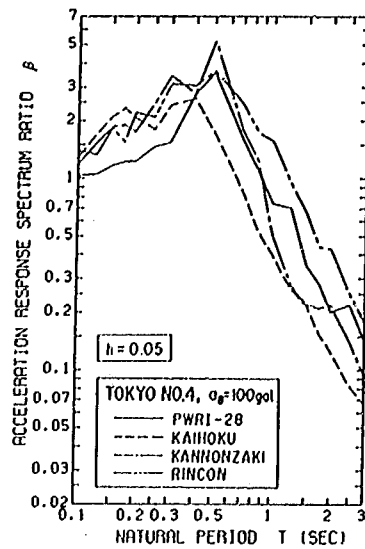


(c) 150gal入力

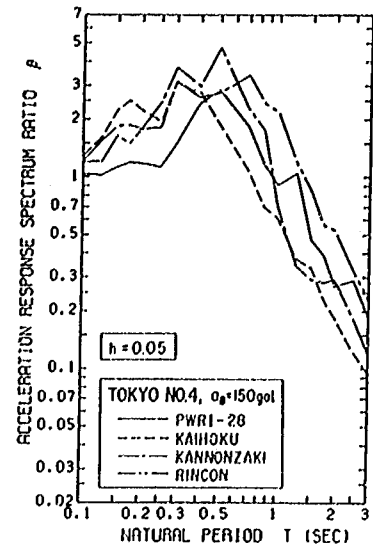
付図4.3 No.3地点



(a) 50gal入力

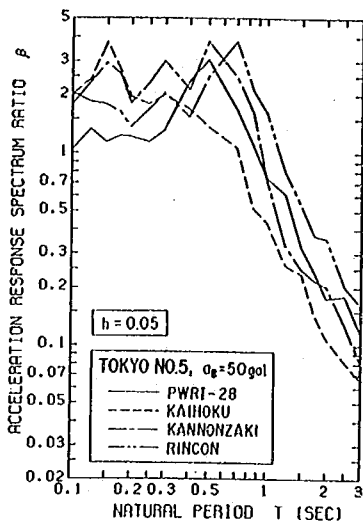


(b) 100gal入力

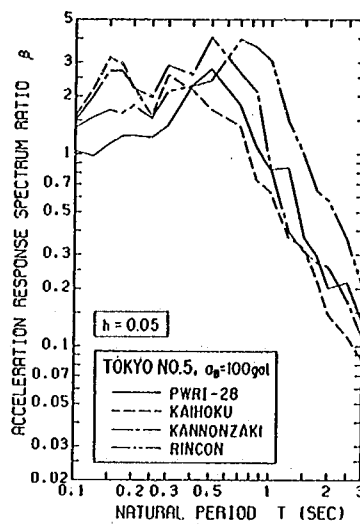


(c) 150gal入力

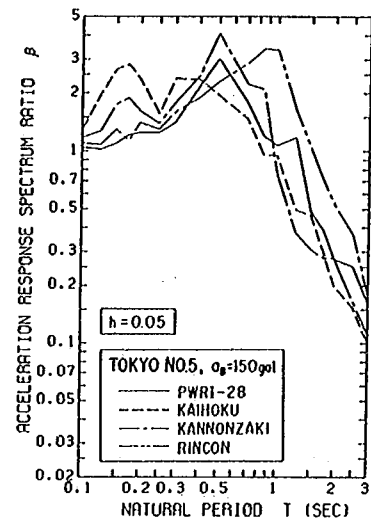
付図4.4 No.4地点



(a) 50gal入力

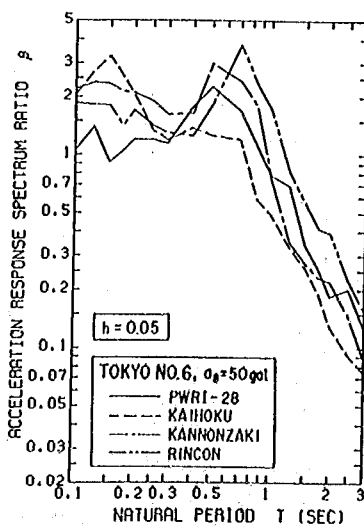


(b) 100gal入力

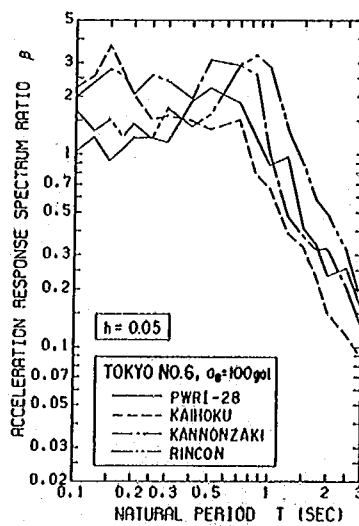


(c) 150gal入力

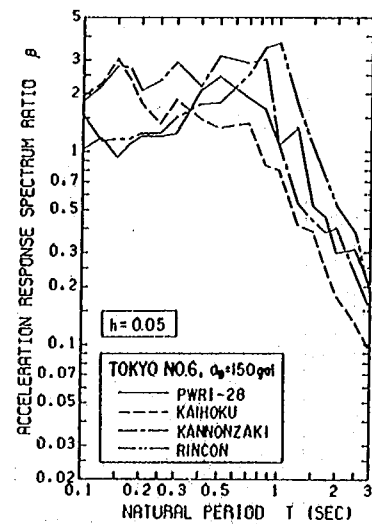
付図4.5 No.5地点



(a) 50gal入力

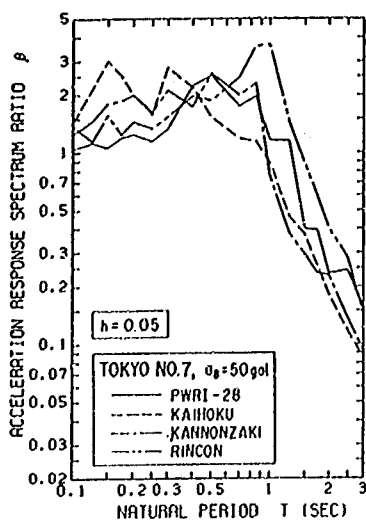


(b) 100gal入力

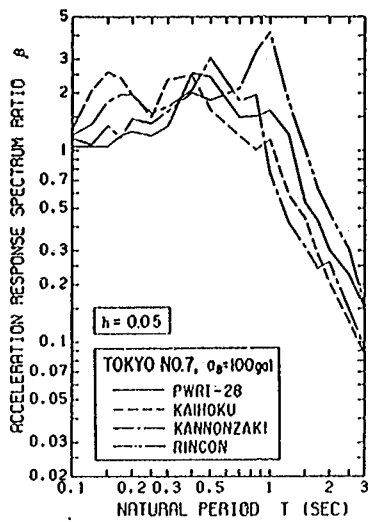


(c) 150gal入力

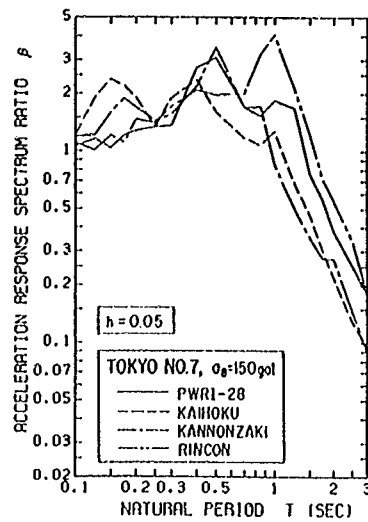
付図4.6 No.6地点



(a) 50gal入力

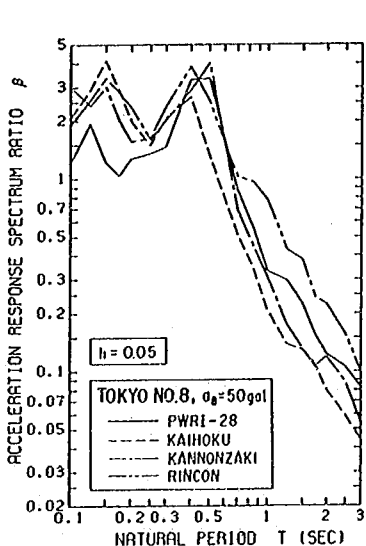


(b) 100gal入力

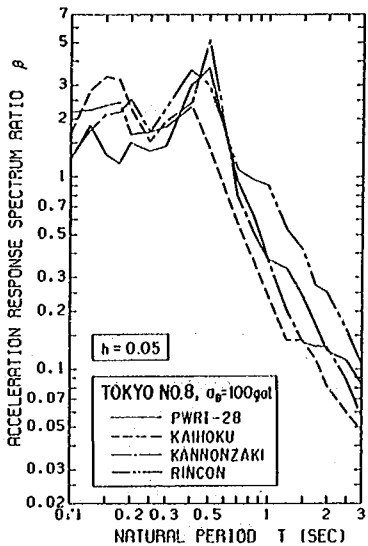


(c) 150gal入力

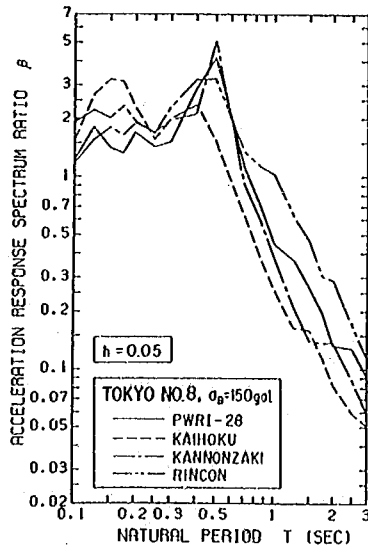
付図4.7 No.7地点



(a) 50gal入力

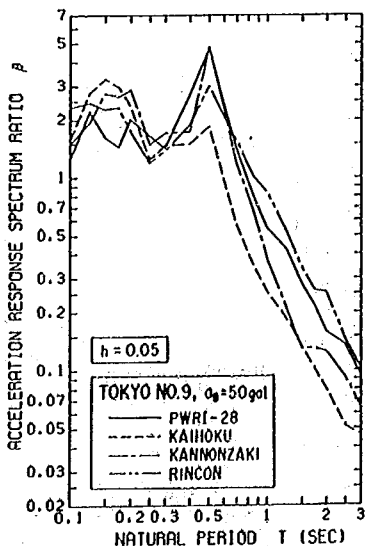


(b) 100gal入力

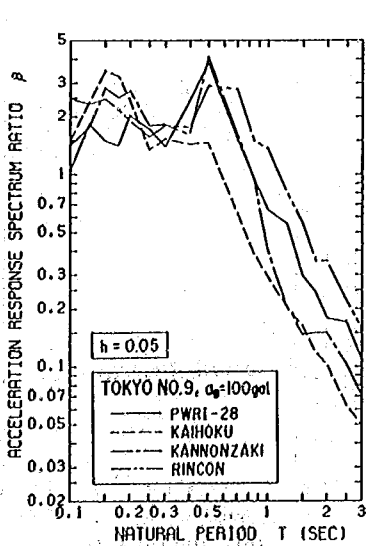


(c) 150gal入力

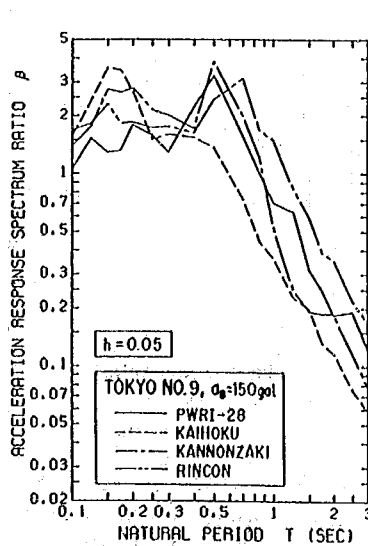
付図4.8 No.8地点



(a) 50gal入力

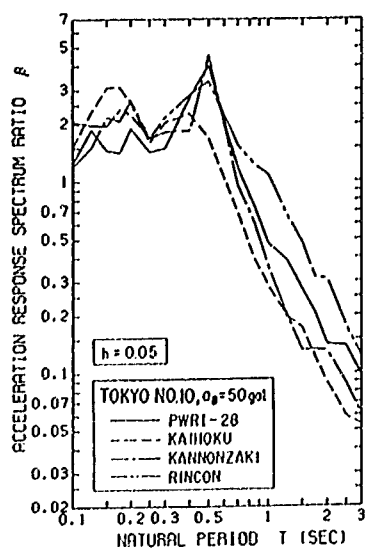


(b) 100gal入力

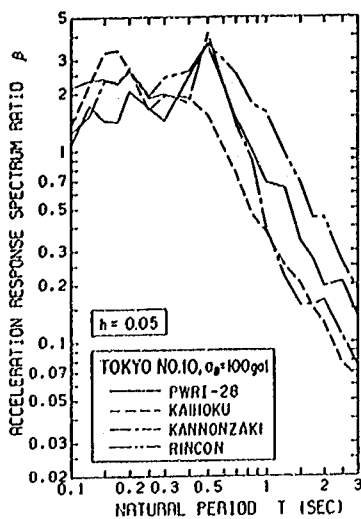


(c) 150gal入力

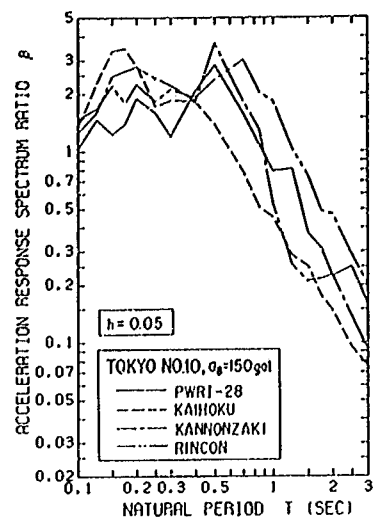
付図4.9 No.9地点



(a) 50gal入力

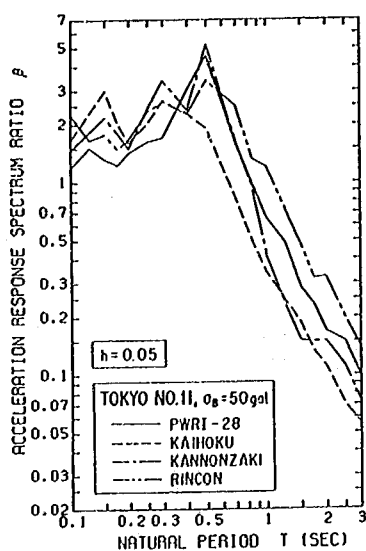


(b) 100gal入力

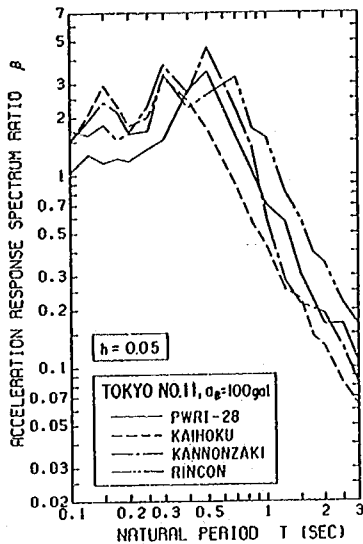


(c) 150gal入力

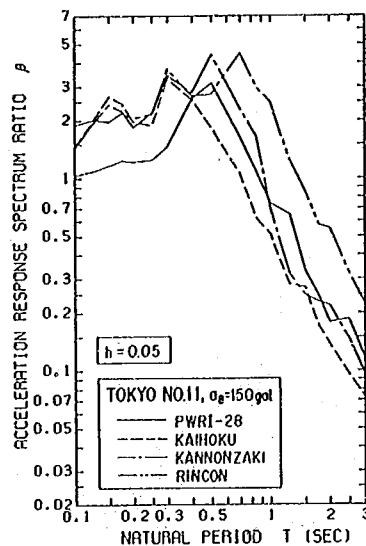
付図4.10 No.10地点



(a) 50gal入力

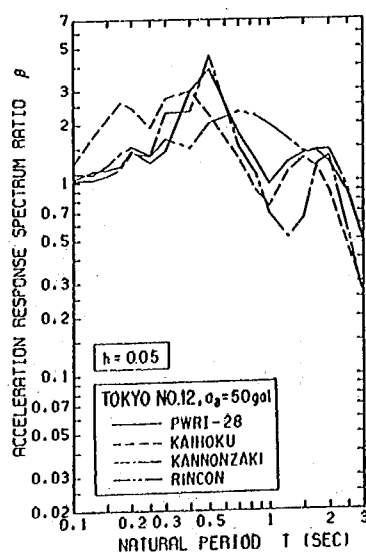


(b) 100gal入力

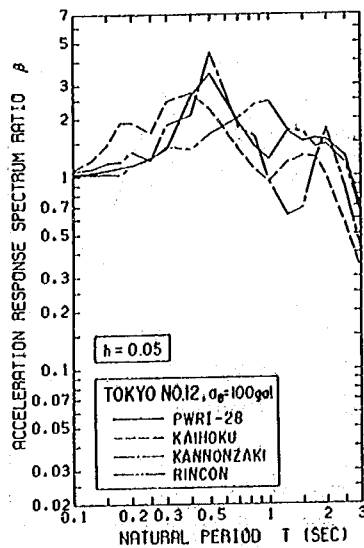


(c) 150gal入力

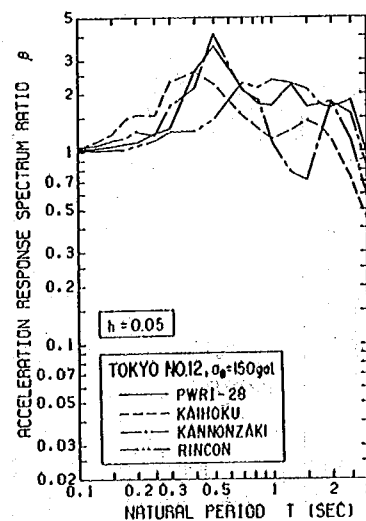
付図4.11 No.11地点



(a) 50gal入力

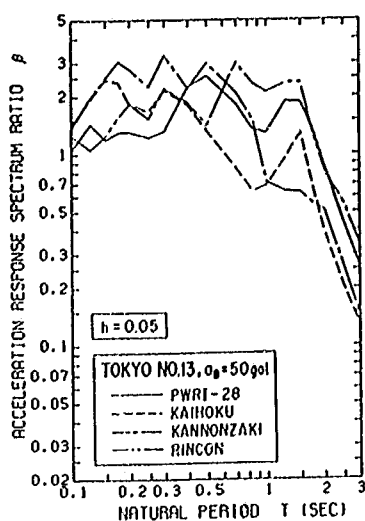


(b) 100gal入力

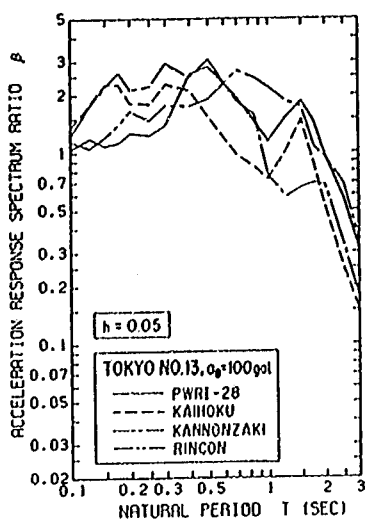


(c) 150gal入力

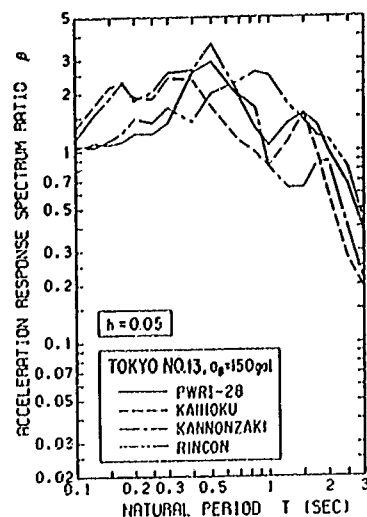
付図4.12 No.12地点



(a) 50gal入力

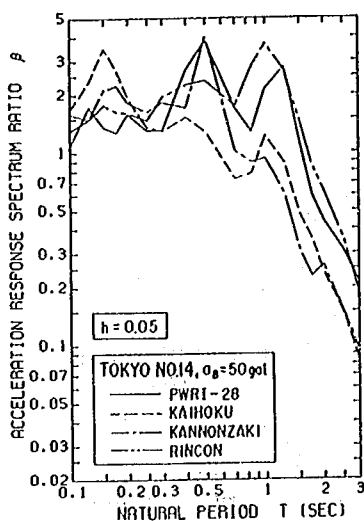


(b) 100gal入力

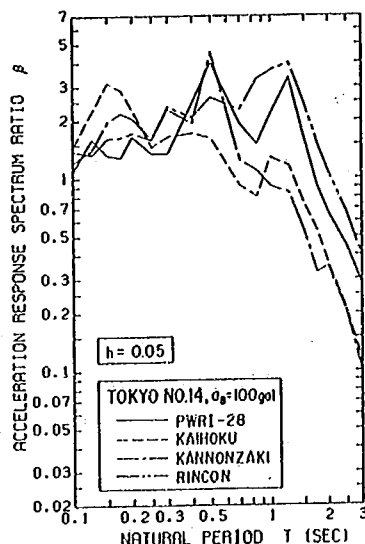


(c) 150gal入力

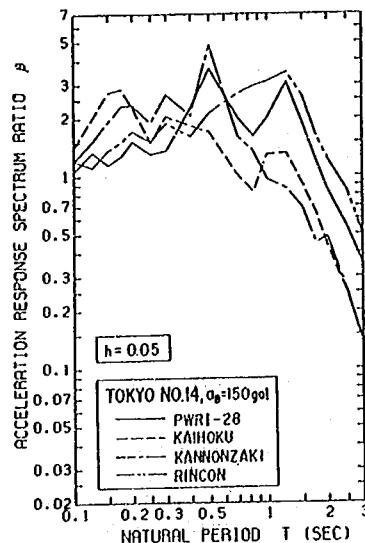
付図4.13 No.13地点



(a) 50gal入力

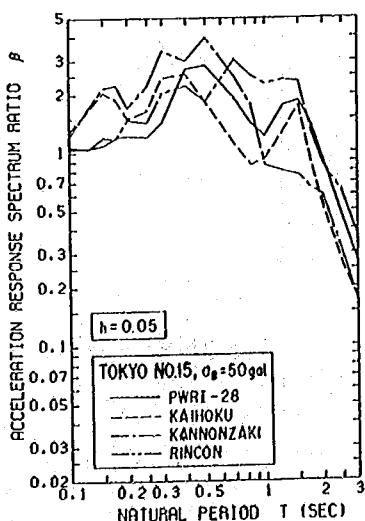


(b) 100gal入力

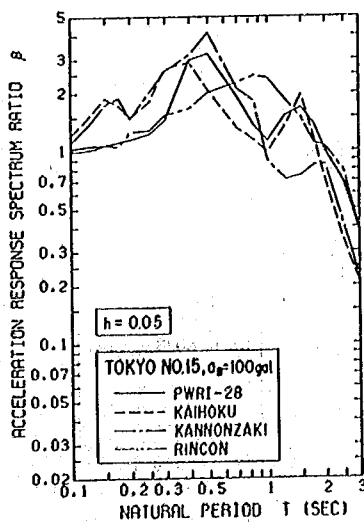


(c) 150gal入力

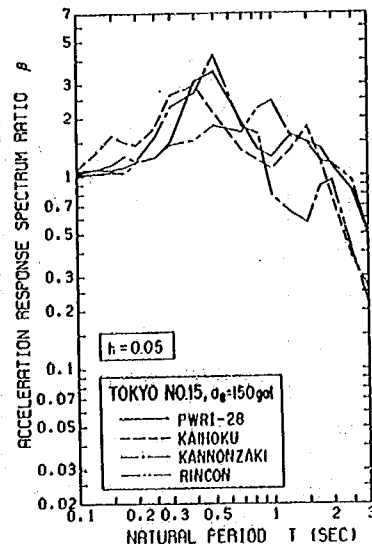
付図4.14 No.14地点



(a) 50gal入力

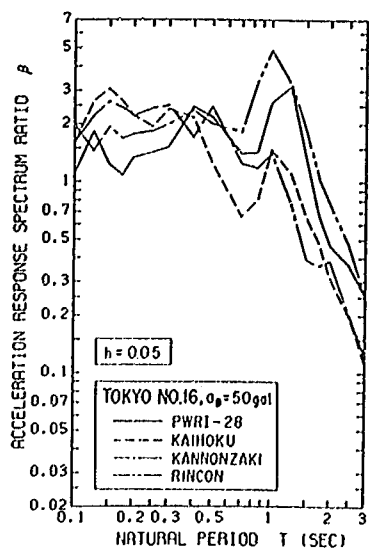


(b) 100gal入力

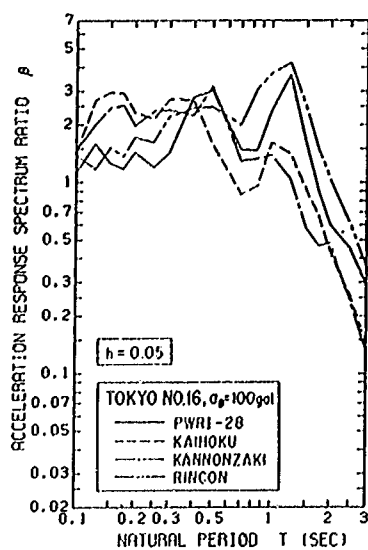


(c) 150gal入力

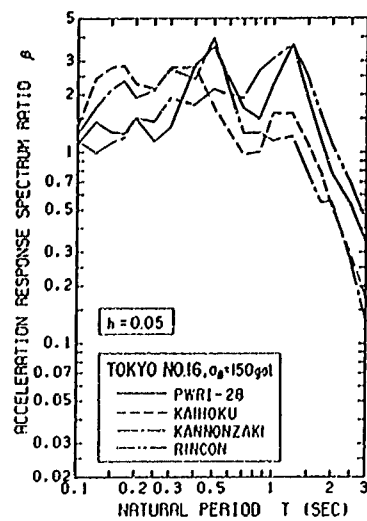
付図4.15 No.15地点



(a) 50gal入力

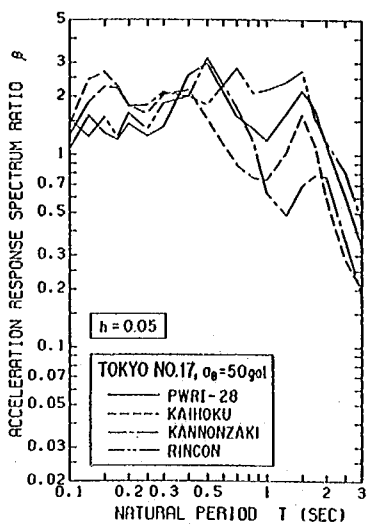


(b) 100gal入力

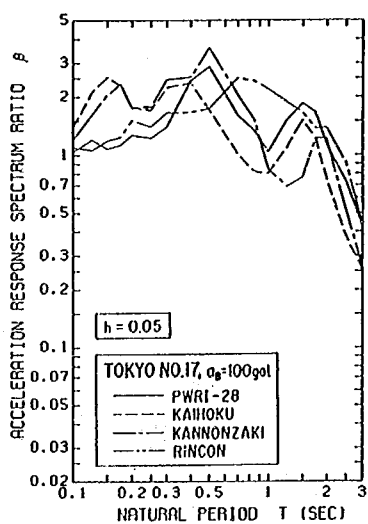


(c) 150gal入力

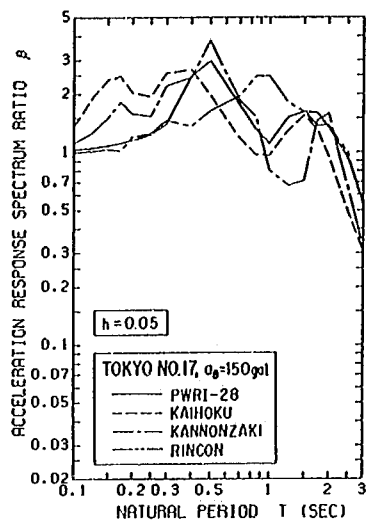
付図4.16 No.16地点



(a) 50gal入力

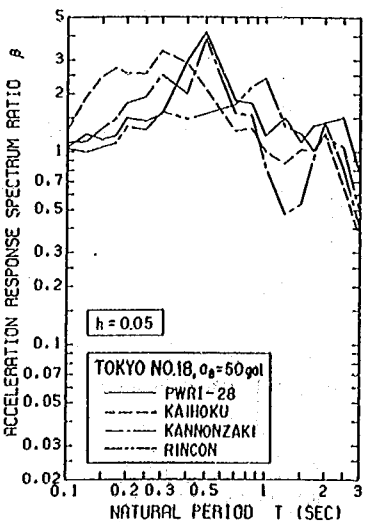


(b) 100gal入力

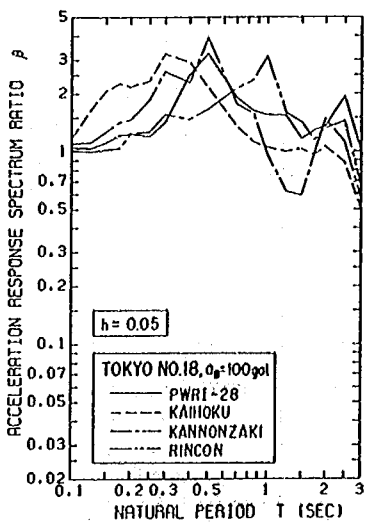


(c) 150gal入力

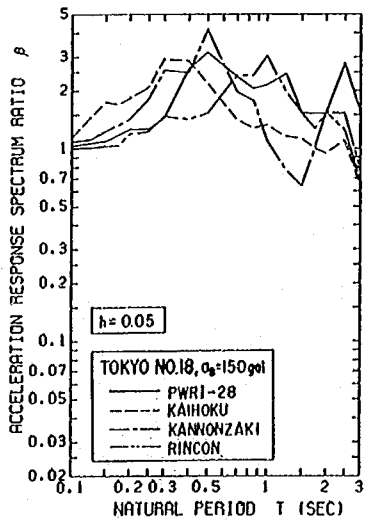
付図4.17 No.17地点



(a) 50gal入力

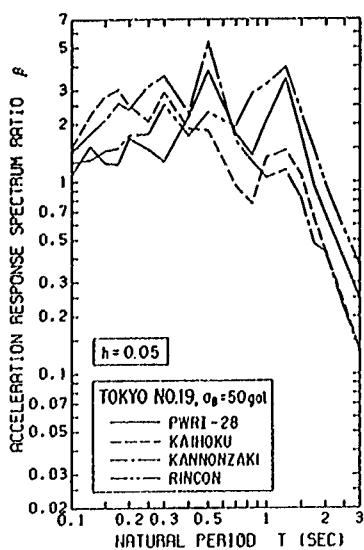


(b) 100gal入力

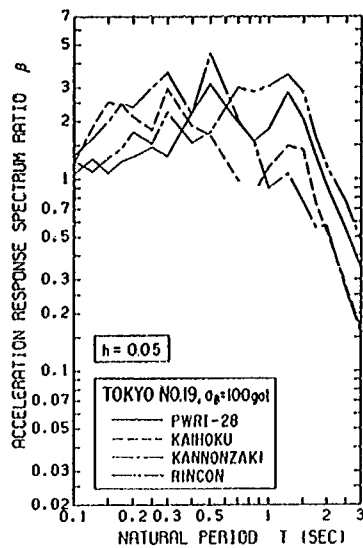


(c) 150gal入力

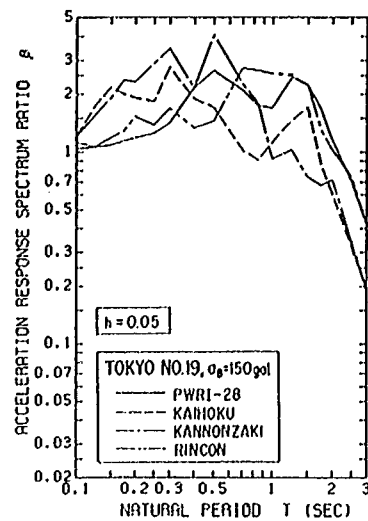
付図4.18 No.18地点



(a) 50gal入力



(b) 100gal入力



(c) 150gal入力

付図4.19 No.19地点

湾岸埋立て地における地震動の
増幅特性に関する解析的検討

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3084号
平成4年2月(1992年)
常田 賢一, 田村 敬一
相沢 興, 深田 秀実

要 旨

本資料は、東京湾沿岸の埋立て地19地点を対象として地盤の地震応答解析により最大加速度、最大変位並びに加速度応答スペクトルの地盤内増幅特性について検討したものである。また、軟弱地盤上の加速度応答スペクトル特性と地盤条件の関係についても検討した。

キーワード：埋立て地，軟弱地盤，地震動

郵便はがき

41円切手
をはって
下さい

305-□□

茨城県つくば市旭一番地

建設省土木研究所

振動研究室 御中

No. 199

No. 199

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 3084 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名

印

土木研究所資料第3084号



湾岸埋立て地における地震動の増幅特性に
関する解析的検討