

土 木 研 究 所 資 料

不整形地盤における地震動増幅特性の 簡単評価手法

平成11年3月

建設省 土木研究所
耐震技術研究センター
振動研究室

Copyright©(1999) by P.W.R.I.

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

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

不整形地盤における地震動増幅特性の 簡単評価手法

耐震技術研究センター 振動研究室 室長 田村 敬一
研究員 本田 利器*
" 中尾 吉宏
" 千葉 光

要 旨

従来からの震災経験等を踏まえ、不整形地盤においては成層地盤に比較して地震動が増幅されることが指摘されているが、その増幅特性を簡便かつ精度良く評価する手法は確立されていないのが実状である。本研究は、このような観点から、軟質層と硬質層から成る2層系の地盤で両者の境界が傾斜している不整形地盤モデルを対象として、地震動増幅特性について検討し、結果をとりまとめたものである。地盤の不整形性に起因する地震動の増幅特性としては、水平成層地盤と比較した場合の加速度応答スペクトルの増幅に着目し、その増幅率を地点間の地盤の特性値の差から評価する式を提案した。また、加速度応答スペクトルの増幅が特に大きくなる周期帯の評価式を提案した。

キーワード：不整形地盤，地震動，地震動増幅，設計地震動，耐震設計

* 現 京都大学 防災研究所 助手 (平成9年10月より)

ま え が き

地形や基盤の深さ、土質定数等の地盤条件が急激に変化する不整形地盤においては、局所的な地震動の増幅が生じることが、過去の被災事例の検討や強震記録の解析等から指摘されている。そのため、不整形地盤における地震動特性に関しては従来より種々の検討が行われてきているが、不整形地盤における地震動のメカニズムは多くの要因が影響し複雑であるため、その増幅特性を簡便かつ精度良く評価する手法は確立されていないのが実状である。

このような観点から、本研究では、軟質層と硬質層から成る2層系の地盤で両者の境界が傾斜している不整形地盤モデルを対象として、地盤の不整形性が地震動の増幅特性に及ぼす影響について検討した。ここで、地盤の不整形性に起因する地震動の増幅特性として、水平成層地盤と比較した場合の加速度応答スペクトルの増幅に着目し、その増幅率を地点間の地盤の特性値の差から評価する式を提案した。また、加速度応答スペクトルの増幅が特に大きくなる周期帯の評価式を提案した。

平成 11 年 3 月

耐震技術研究センター 振動研究室 室 長 田村 敬一

研 究 員 本田 利器*

〃 中尾 吉宏

〃 千葉 光

* 現 京都大学 防災研究所 助手 (平成 9 年 10 月より)

目 次

まえがき

1. 地震応答解析	1
1. 1 地盤モデル	1
1. 2 解析手法及び解析条件	1
1. 2. 1 二次元地震応答解析	1
1. 2. 2 一次元地震応答解析	2
1. 3 地震応答解析結果	2
2. 地盤の不整形性による地震動増幅程度の評価方法	9
2. 1 増幅特性の評価指標	9
2. 2 地盤の不整形性の評価指標	10
3. 不整形地盤における地震動増幅特性	11
3. 1 片側傾斜基盤における地震動増幅特性	11
3. 2 両側傾斜基盤における地震動増幅特性	11
3. 3 埋没片側傾斜基盤における地震動増幅特性	11
3. 4 埋没両側傾斜基盤における地震動増幅特性	11
3. 5 半埋没両側傾斜基盤における地震動増幅特性	12
4. 地震動増幅特性の評価	16
4. 1 地震動増幅に影響を与えるパラメータ	16
4. 1. 1 傾斜角度が地震動の増幅特性に与える影響	16
4. 1. 2 軟質層底辺の長さが地震動の増幅特性に与える影響	16
4. 1. 3 埋没深さが地震動の増幅特性に与える影響	16
4. 2 増幅特性の定式化	17
4. 2. 1 片側傾斜基盤	17
4. 2. 2 両側傾斜基盤	17
4. 2. 3 埋没片側傾斜基盤	17
4. 2. 4 埋没両側傾斜基盤	17
4. 2. 5 半埋没両側傾斜基盤	18
5. 増幅が大きくなる周期帯の評価	25
5. 1 増幅率 $R_{\max}(S_a)$ を与える固有周期	25
5. 2 増幅が大きくなる周期帯の定式化	25
6. まとめ	29

参考文献		30
付属資料1 地震応答解析結果		31
付属資料2 $R(Sa)$ の分布		49
付属資料3 $r(Sa(T))$ と T_G^{AC} 及び T_b の関係		65

1. 地震応答解析

1.1 地盤モデル

解析に用いた地盤モデルは、沖積粘土層を想定した軟質層と洪積砂層を想定した硬質層から成る2層系の地盤であり、2層の境界の形状を変化させ、次のとおり設定した。

- ① 片側傾斜基盤：2層の境界の片側だけが傾斜しているモデル
- ② 両側傾斜基盤：2層の境界の両側が傾斜しているモデル
- ③ 埋没片側傾斜基盤：2層の境界の片側だけが傾斜し、硬質層が軟質層下に埋没しているモデル
- ④ 埋没両側傾斜基盤：2層の境界の両側が傾斜し、硬質層が軟質層下に埋没しているモデル
- ⑤ 半埋没両側傾斜基盤：両側傾斜基盤の片側だけが埋没しているモデル

これらの5つの地盤モデルを図 1.1 に示す。ここで、各モデルについて、軟質層の厚さ H_1 [m]、傾斜区間の長さ L_s [m]、軟質層底辺の長さ L_2 [m] (両側傾斜基盤)、軟質層及び硬質層の土質定数 (せん断弾性波速度[m/s]及び湿潤密度[gf/cm³]) 等のパラメータを変化させた。表 1.1～1.5 及び表 1.6 に、それぞれ、モデルケースの一覧及び地盤の物性値を示す。

1.2 解析手法及び解析条件

地震応答解析は、二次元の有限要素プログラム FLUSH¹⁾ を用いて行った。また、二次元地震応答解析結果との比較のために、水平成層地盤を想定した重複反射理論による一次元地震応答解析を、SHAKE²⁾ を用いて行った。両プログラムとも、土の非線形性を等価線形化法により考慮している。以下に、それぞれの解析条件を示す。

1.2.1 二次元地震応答解析

二次元地震応答解析では、表 1.1～1.5 に示すモデルケースについて、二次元の有限要素メッシュモデルを作成した。メッシュの大きさはモデルケースによって異なるが、水平方向 10m×鉛直方向 10m を基本とした。増幅が急激に変化すると考えられる2層の境界の傾斜部分は最も細かく分割し、水平方向 5m×鉛直方向 5m とした。

境界条件は、地盤モデルの左右側方を水平ローラ (上下動は拘束し、水平動のみ許容する。) とし、モデル底面には厚さ 10m の江戸川層を想定した基盤層 (せん断弾性波速度 500m/s) を設け、基盤層の下面は固定境界とした。

軟質層と硬質層の土質定数のひずみ依存特性については、軟質層は、岩崎ら³⁾ による沖積粘土の動的変形特性曲線を、硬質層は、岩崎ら⁴⁾ による砂の動的変形特性曲線 (有効上載圧 $\sigma_v' = 3.0 \text{ kgf/cm}^2$) を用いた。基盤層の動的変形曲線は線形とした。解析に用いたせん断剛性低下率 G/G_0 及び減衰定数 h とせん断ひずみ γ との関係を図 1.2 に示す。

入力波形は、宮城県沖地震 (1978 年 6 月 12 日) の際に開北橋近傍の地盤上 (I 種地盤) で観測された

記録及び茨城県南部の地震（1983年2月27日）の際に土木研究所構内（Ⅱ種地盤）で観測された記録を、最大加速度が100galになるように調整したものを、これらを基盤層の下面から入射した。前者は短周期卓越型であるのに対して、後者は若干長い周期領域まで振幅特性が比較的フラットであるという特徴を有している。なお、当初は、入力地震動として4波形を用いて解析を行ったが、解析結果に大きな差が認められなかったため、4波形のうち異なる周期特性を持つ2波形を用いることとした。これらの波形の時刻歴、フーリエスペクトル及び加速度応答スペクトル（減衰定数5%）を図1.3及び図1.4に示す。

1.2.2 一次元地震応答解析

一次元地震応答解析では、地盤モデルを二次元地震応答解析の地盤モデルに対応するように、硬質層(Ds)のみの一層のモデルを基準にして、地表から軟質層(Ac)の厚さが5mごとに変化するモデルを設定した。図1.5に地表から基盤までの層厚が60m、軟質層厚が30mの場合の二次元地震応答解析の地盤モデルと一次元地震応答解析の地盤モデルとの対比を示す。

モデルの底面には厚さ10mの基盤層を設け、この底面から二次元地震応答解析と同一の波形を入力した。軟質層と硬質層の土質定数のひずみ依存特性は、二次元地震応答解析と同じものを用いた。

1.3 地震応答解析結果

二次元地震応答解析による地表の各節点における加速度時刻歴波形から最大加速度を算出した。付図1.1～1.5に開北橋記録及び土木研究所記録を入力した場合の地盤モデル地表面における最大加速度分布及び両者の平均値の分布を示す。また、一次元地震応答解析による地表面の加速度時刻歴から求めた最大加速度値を付表1～4に示す。

表1.1 片側傾斜基盤のモデルケース

No	分類	モデル名	物性	Ls	H1	H2
1	片側傾斜基盤 (KB)	KA 30 005 600	A	5	30	30
2		KB 10 020 600	A	20	10	50
3		KB 10 020 600	B			
4		KB 10 020 600	C			
5		KB 10 040 600	A	40	10	50
6		KB 10 040 600	B			
7		KB 10 040 600	C			
8		KB 10 080 600	A	80	10	50
9		KB 10 080 600	B			
10		KB 10 080 600	C			
11		KB 20 040 600	A	40	20	40
12		KB 20 040 600	B			
13		KB 20 040 600	C			
14		KB 20 040 600	E			
15		KB 20 040 600	F			
16		KB 20 080 600	A	80	20	40
17		KB 20 080 600	B			
18		KB 20 080 600	C			
19		KB 20 160 600	A	160	20	40
20		KB 20 160 600	B			
21		KB 20 160 600	C			
22		KB 30 060 600	A	60	30	30
23		KB 30 060 600	B			
24		KB 30 060 600	C			
25		KB 30 060 600	D			
26		KB 30 060 600	E			
27		KB 30 060 600	F			
28		KB 30 120 600	A	120	30	30
29		KB 30 120 600	B			
30		KB 30 120 600	C			
31		KB 30 240 600	A	240	30	30
32		KB 30 240 600	B			
33		KB 30 240 600	C			
34		KB 30 360 600	A	360	30	30
35		KB 30 360 600	B			
36		KB 30 720 600	A	720	30	30
37		KB 30 720 600	B			
38		KB 30 1440 600	A	1440	30	30
39		KB 30 1440 600	B			
40		KB 20 040 100	A	40	20	100
41		KB 20 040 200	A	40	20	200
42		KB 40 080 600	A	80	40	20
43		KB 40 080 600	B			
44		KB 40 080 080	A	80	40	80

※物性については表1.6を、Ls, H1等の意味については図1.1(a)を参照。

表1.2 両側傾斜基盤のモデルケース

No	分類	モデル名	物性	Ls	L2	H1	H2
1	両側傾斜基盤 (BO)	BO 10 020 050	A	20	50	10	50
2		BO 10 020 050	B				
3		BO 20 040 050	A	40	50	20	40
4		BO 20 040 050	B				
5		BO 20 040 050	C				
6		BO 20 040 075	A	40	75	20	40
7		BO 20 040 075	B				
8		BO 20 040 075	C				
9		BO 20 040 300	A	40	300	20	40
10		BO 20 040 300	B				
11		BO 20 040 300	C				
12		BO 20 040 600	A	40	600	20	40
13		BO 20 040 600	B				
14		BO 30 060 050	A	60	50	30	30
15		BO 30 060 050	B				
16		BO 30 060 050	C				
17		BO 30 060 075	A	60	75	30	30
18		BO 30 060 075	B				
19		BO 30 060 075	C				
20		BO 30 060 075	G				
21		BO 30 060 150	A	60	150	30	30
22		BO 30 060 150	B				
23		BO 30 060 150	C				
24		BO 30 060 300	A	60	300	30	30
25		BO 30 060 300	B				
26		BO 30 060 300	C				
27		BO 30 060 600	A	60	600	30	30
28		BO 30 060 600	B				
29		BO 30 120 075	A	120	75	30	30
30		BO 30 120 150	A	120	150	30	30

※物性については表1.6を、Ls, H1等の意味については図1.1(b)を参照。

表1.3 埋没片側傾斜基盤のモデルケース

No	分類	モデル名	物性	Ls	H1	H2	H3
1	埋没片側傾斜基盤 (MB)	MB 30 040 010	A	40	30	30	10
2		MB 30 040 010	B				
3		MB 30 040 010	C				
4		MB 30 040 010	G				
5		MB 30 080 010	A	80	30	30	10
6		MB 30 160 010	A	160	30	30	10
7		MB 30 060 010	A	60	30	30	10
8		MB 30 060 010	B				
9		MB 30 020 020	A	20	30	30	20
10		MB 30 040 020	A	40	30	30	20
11		MB 30 080 020	A	80	30	30	20
12		MB 30 010 025	A	10	30	30	25
13		MB 40 060 010	A	60	40	20	10
14		MB 40 040 020	A	40	40	20	20
15		MB 40 040 020	B				
16		MB 40 020 030	A	20	40	20	30
17		MB 40 010 035	A	10	40	20	35

※物性については表1.6を、Ls, H1等の意味については図1.1(c)を参照。

表1.4 埋没両側傾斜基盤のモデルケース

No	分類	モデル名	物性	Ls	L2	Ls'	H1	H2	H3	H4
1	埋没両側傾斜基盤 (MC)	MC 20 20 075 10	A	20	75	20	20	40	10	10
2		MC 20 10 075 15	A	10	75	10	20	40	15	15
3		MC 30 60 075 10	A	60	75	60	30	30	10	10
4		MC 30 60 075 10	B							
5		MC 30 40 075 10	A	40	75	40	30	30	10	10
6		MC 30 40 075 10	B							
7		MC 30 40 075 10	G							
8		MC 30 40 150 10	A	40	150	40	30	30	10	10
9		MC 30 40 150 10	B							
10		MC 30 20 075 20	A	20	75	20	30	30	20	20
11		MC 30 10 075 25	A	10	75	10	30	30	25	25
12		MC 30 40 075 20	A	20	75	40	30	30	20	10
13		MC 30 40 075 20	B							
14		MC 40 40 075 20	A	20	75	40	40	20	20	20
15		MC 40 40 075 20	B							

※物性については表1.6を、Ls, H1等の意味については図1.1(d)を参照。

表1.5 半埋没両側傾斜基盤のモデルケース

No	分類	モデル名	物性	Ls	L2	Ls'	H1	H2	H3
1	半埋没両側傾斜基盤 (MA)	MA 10 060 075	A	60	75	40	30	30	10
2		MA 10 060 075	B						
3		MA 10 060 150	A	60	150	40	30	30	10
4		MA 10 060 150	B						
5		MA 20 060 075	A	60	75	20	30	30	20
6		MA 20 060 075	B						
7		MA 20 060 150	A	60	150	20	30	30	20
8		MA 20 060 150	B						

※物性については表1.6を、Ls, H1等の意味については図1.1(e)を参照。

表1.6 地盤の物性値

物性	軟質層		硬質層		インピーダンス比
	S波速度[m/s]	湿潤密度[gf/cm ³]	S波速度[m/s]	湿潤密度[gf/cm ³]	
A	100	1.55	270	1.85	0.31
B	150	1.60			0.48
C	200	1.65			0.66
D	125	1.58			0.395
E	100	1.55	180	1.85	0.465
F	150	1.60	405	1.85	0.32
G	100	1.55	405	1.85	0.207

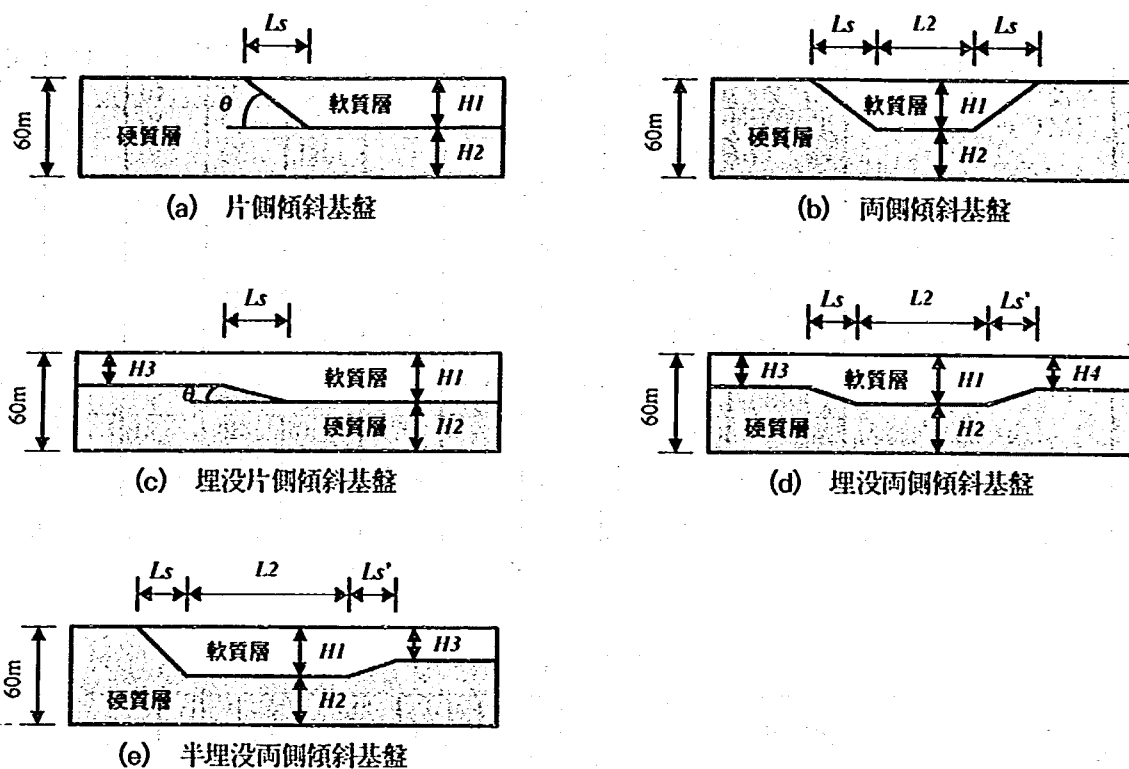


図 1.1 地盤モデル

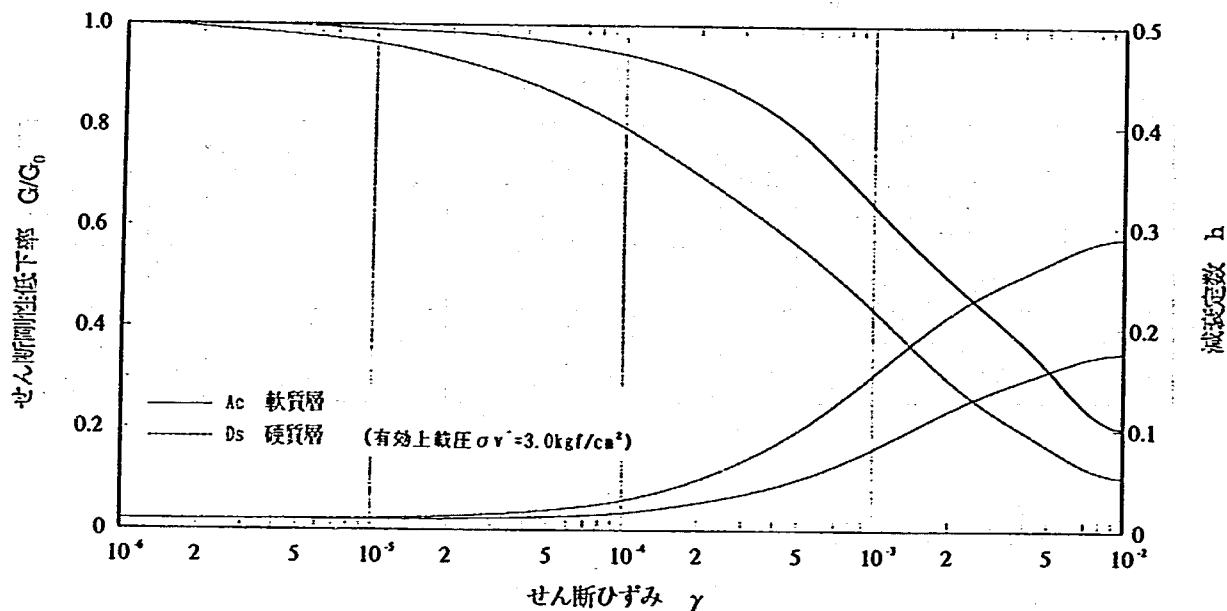
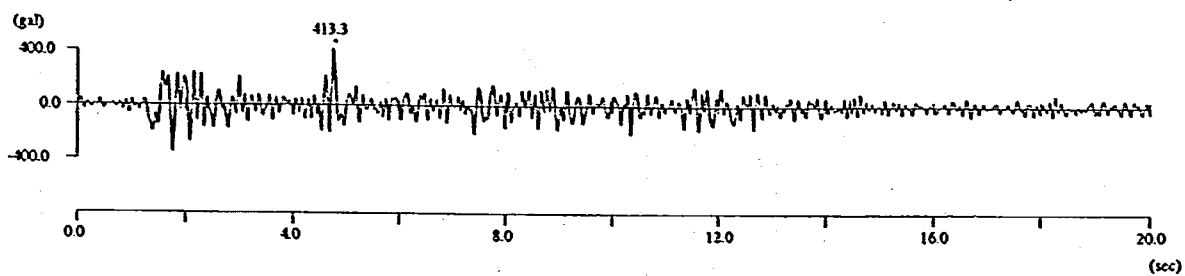
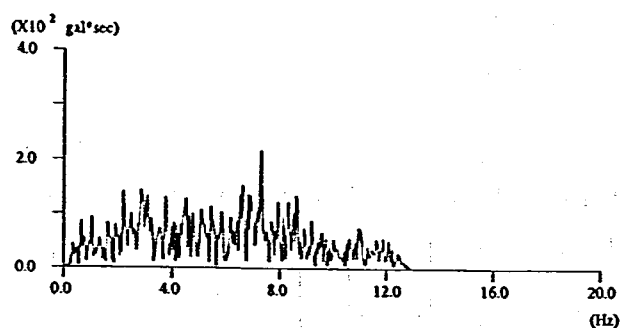


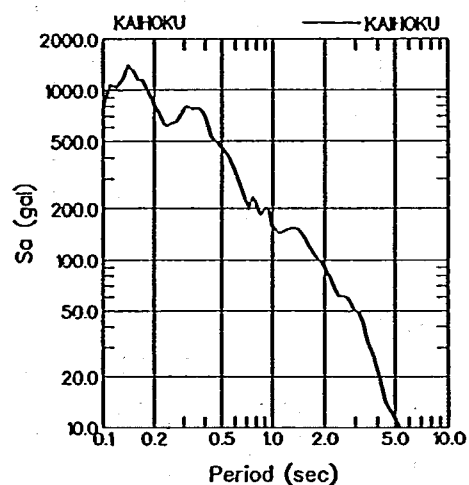
図 1.2 地震応答解析に用いた動的変形特性曲線



(a) 時刻歴波形

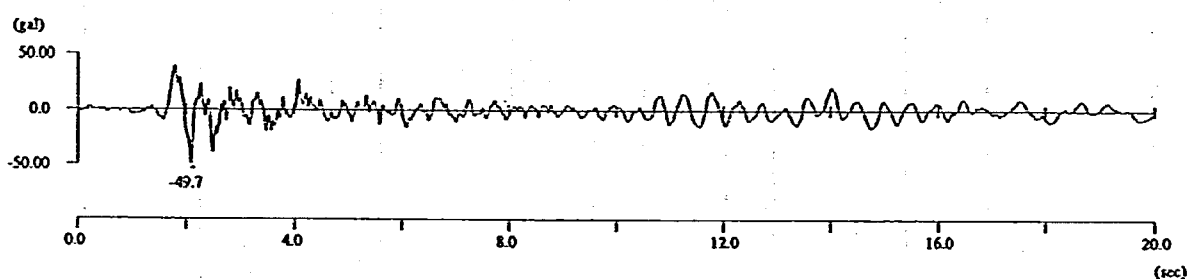


(b) フーリエスペクトル

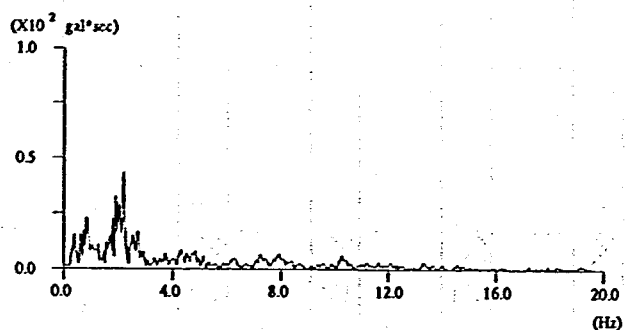


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数5%)

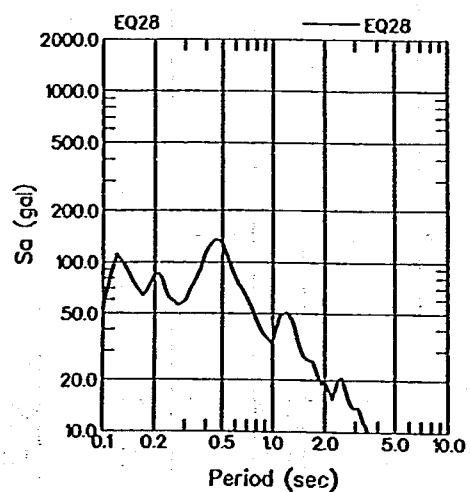
図1.3 開北橋記録



(a) 時刻歴波形

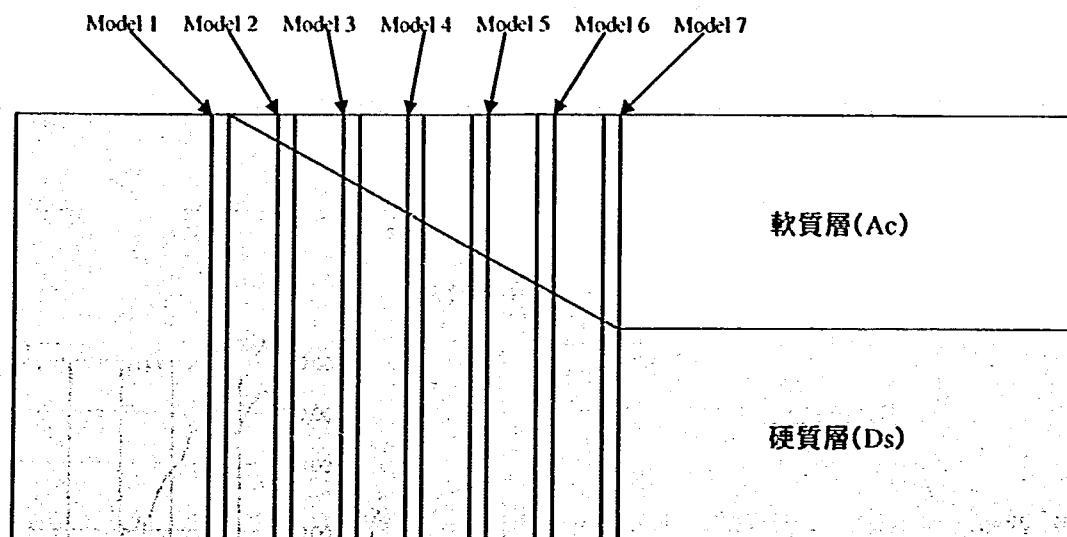


(b) フーリエスペクトル

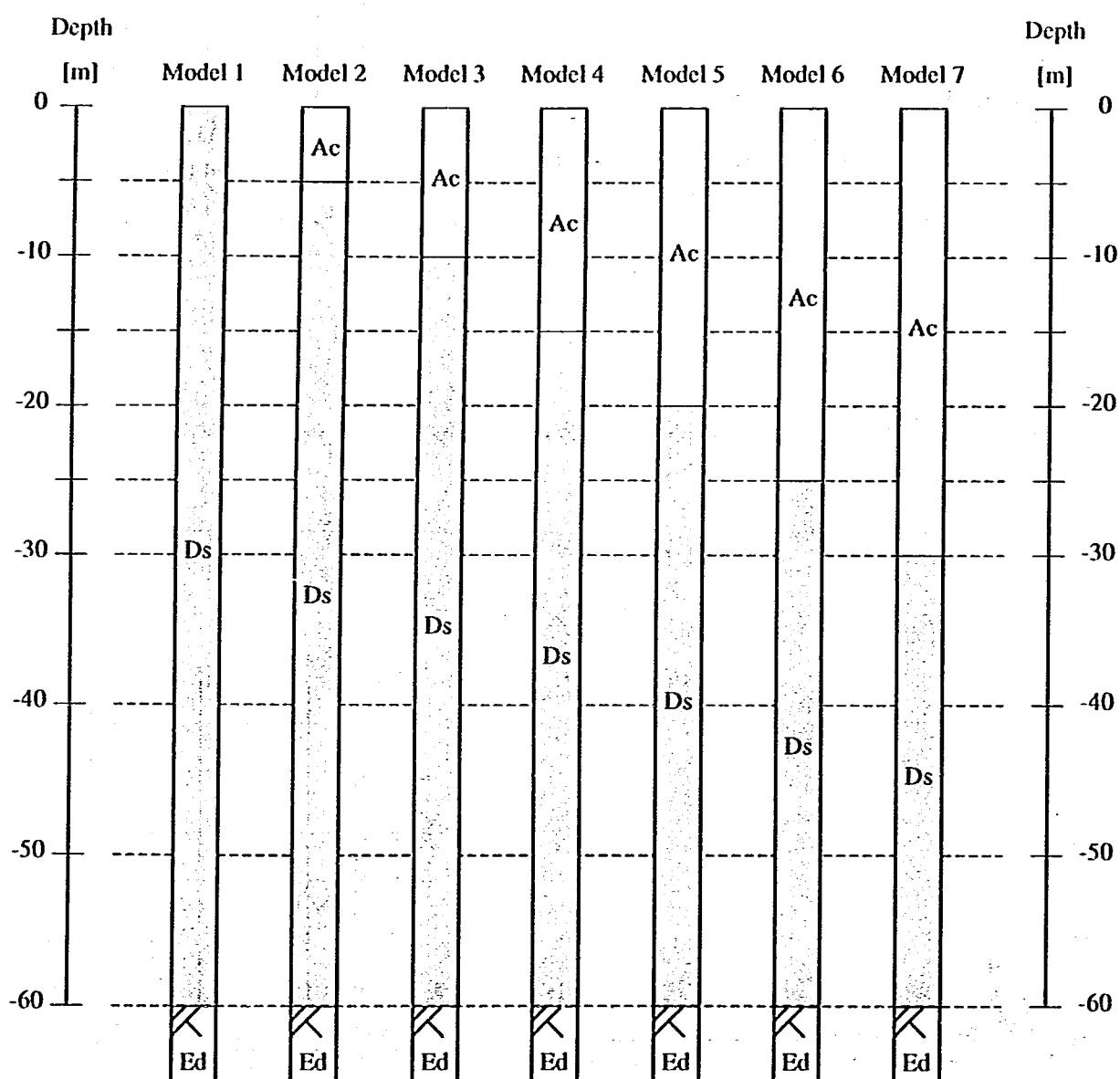


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数5%)

図1.4 土木研究所記録



(a) 二次元地震応答解析地盤モデル



(b) 一次元地震応答解析地盤モデル

図1.5 二次元地震応答解析モデルと一次元地震応答解析モデルの対比

2. 地盤の不整形性による地震動増幅程度の評価方法

2.1 増幅特性の評価指標

地盤の不整形性に起因する地震動の増幅を定量的に評価するため、地震動の増幅程度を示す指標を加速度応答スペクトルを用いて、次のとおり定義した。まず、地盤モデル地表上の任意の地点における二次元地震応答解析により得られた地震動の加速度応答スペクトル値を $Sa(T)_{2D}$ 、二次元地盤モデルの各鉛直断面について水平成層地盤を想定し、一次元地震応答解析により得られた地震動の加速度応答スペクトル値を $Sa(T)_{1D}$ とし、両者の比を $r(Sa(T))$ とする。

$$r(Sa(T)) = \frac{Sa(T)_{2D}}{Sa(T)_{1D}} \quad (2.1)$$

ここで、 T は固有周期である。また、減衰定数は一般的な土木構造物の減衰特性を考慮して 0.05 とした。なお、一次元地震応答解析の地盤モデルは、図 1.5 に示したように 7~9 種類（軟質層厚が 40m の場合は 9 種類）であり、傾斜部の長さの関係により二次元地震応答解析と一次元地震応答解析のモデルが対応しないものもあるため、その部分については一次元地震応答解析による加速度応答スペクトルを線形補間して用いることとした。また、以降の解析においては、各固有周期について 1.2 に示した 2 種類の入力地震動から算出される $r(Sa(T))$ の平均値を $r(Sa(T))$ とした。

$r(Sa(T))$ は、地盤上の各地点において固有周期の数だけ算出されるが、地盤の不整形性により生じる地震動増幅を把握するという耐震設計上への応用を考えると $r(Sa(T))$ の最大値の評価が重要となる。そこで、地震動の増幅程度を簡便に表す指標として、一般的な土木構造物の耐震設計上重要な固有周期 $T=\{0.1\sim 5 \text{ 秒}\}$ における $r(Sa(T))$ の最大値 $R(Sa)$ を用いた。 $R(Sa)$ は地表上の各地点において次式で定義される。

$$R(Sa) = \max_{\{T=0.1\sim 5.0\}} \{r(Sa(T))\} \quad (2.2)$$

$R(Sa)$ は、図 2.1 に示すように地盤モデル地表上の全ての地点で算出され、その数は膨大であるため、地盤モデルごとの比較には適さない。そこで、地盤モデル地表上の全ての地点における $R(Sa)$ のうち、地震動増幅程度を代表させる指標として、 $R(Sa)$ の最大値を $R_{\max}(Sa)$ とした。 $R_{\max}(Sa)$ は、各地盤モデルに対して 1 つ求まり、次のように定義される。

$$R_{\max}(Sa) = \max_{\{\text{地盤モデル全ての点}\}} \{R(Sa)\} \quad (2.3)$$

また、地盤モデルの形状によっては、図 2.1 に示すように、地盤条件の変化部において $R(Sa)$ が急激に変化し $R_{\max}(Sa)$ が著しく大きくなる場合がある。そのため、上記の $R_{\max}(Sa)$ は、耐震設計で考慮すべき地震動の増幅程度を評価する指標としては、必ずしも適切でない可能性が考えられる。そこで、増幅率が大きくなる区間での $R(Sa)$ の平均値を取り $R_{\text{ave}}(Sa)$ と定義した。平均を取る区間は、片側傾斜型のモデルについては基盤が傾斜している区間を右側に L_s だけ延長した区間（図-2.1(a)の L_s+L_s の区間）とし、両側傾斜型のモデルについては地盤モデル地表上の軟質層の区間（図-2.1(b)の $L_s+L_2+L_s$ の区間）とした。

2.2 地盤の不整形性の評価指標

地盤の不整形性の程度を示す指標としては、道路橋示方書⁵⁾に示される地盤の特性値（表層地盤の基本固有周期に相当） T_G を用い、地盤条件が異なる地点間の T_G の差をとり、 ΔT_G を定義した。なお、地盤の特性値 T_G は、次式で表される。

$$T_G = \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}} \quad (2.4)$$

ここで、

T_G ：地盤の特性値 [s]

H_i ： i 番目の地層の厚さ [m]

V_{si} ： i 番目の地層の平均せん断弾性波速度 [m/s]

式(2.4)を用いて、 ΔT_G を次式のように定義した。

$$\Delta T_G = T_G^{\max} - T_G^{\min} \quad (2.5)$$

ここで、

ΔT_G ：地盤の特性値の差 [s]

$T_G^{\max}$ ：軟質層が最も厚い部分の地盤の特性値 T_G [s]

$T_G^{\min}$ ：軟質層が最も薄い部分の地盤の特性値 T_G [s]

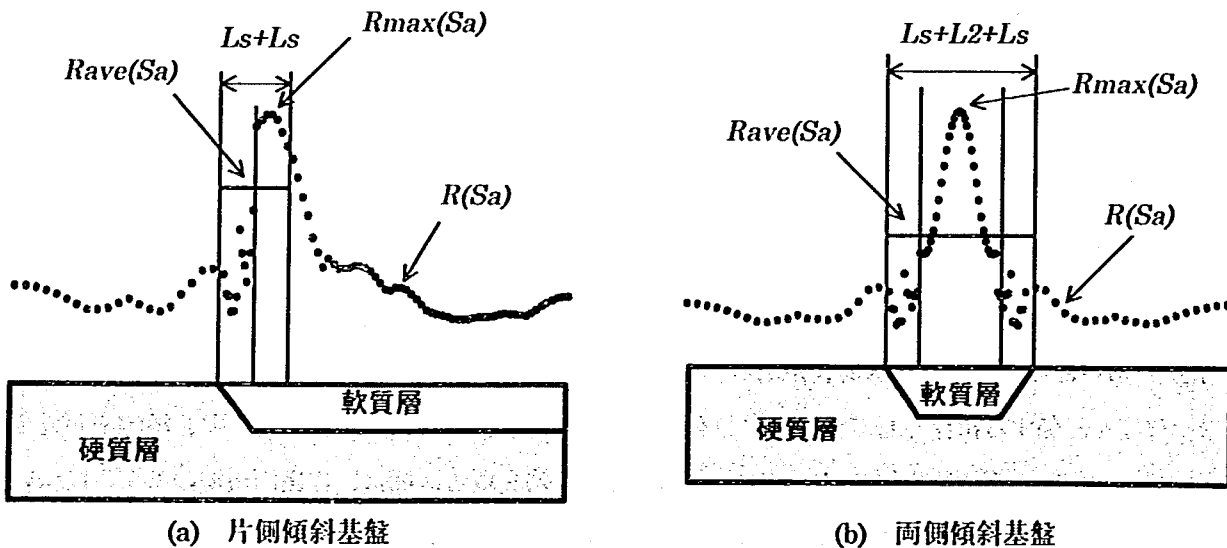


図 2.1 地盤の不整形性による地震動増幅程度の評価指標の概念

3. 不整形地盤における地震動増幅特性

3.1 片側傾斜基盤における地震動増幅特性

図 3.1 に $L_s=120\text{m}$ 、 $H_1=20\text{m}$ 、 $H_2=40\text{m}$ の片側傾斜基盤モデルの地表面における地震動増幅特性 ($R(Sa)$ の分布) の計算結果の一例を示す。図 3.1 に示す 3 種類の図は、それぞれ土の物性 (せん断弾性波速度) を変えたものであり、硬質層のせん断弾性波速度を一定 ($270[\text{m/s}]$) とし、上から順番に軟質層のせん断弾性波速度を 100 、 150 、 $200[\text{m/s}]$ としたものである。これらの図からわかるように、せん断弾性波速度を変化させることにより、 $R(Sa)$ の分布形状及び最大値が大きく異なる。また、傾斜区間 L_s を右側に延長した L_s+L_s の区間において増幅が大きくなる場合があることがわかる。

なお、付図 2.1～2.5 に各地盤モデルに対する $R(Sa)$ の分布図を示す。

3.2 両側傾斜基盤における地震動増幅特性

図 3.2 に $L_s=60\text{m}$ 、 $L_2=75\text{m}$ 、 $L_s=60\text{m}$ 、 $H_1=30\text{m}$ 、 $H_2=30\text{m}$ の両側傾斜基盤モデルの地表面における地震動増幅特性 ($R(Sa)$ の分布) の計算結果の一例を示す。図 3.2 に示す 3 種類の図は、片側傾斜基盤の場合と同様に、硬質層のせん断弾性波速度を一定 ($270[\text{m/s}]$) とし、上から順番に軟質層のせん断弾性波速度を 100 、 150 、 $200[\text{m/s}]$ としたものである。 $R(Sa)$ の分布形状はモデルの中間部を境に対称形となり、片側傾斜基盤の場合と同様に、せん断弾性波速度を変化させることにより、 $R(Sa)$ の分布形状及び最大値が大きく異なることがわかる。また、硬質層が盆状になっている $L_s+L_2+L_s$ の区間において増幅が大きくなっていることがわかる。

3.3 埋没片側傾斜基盤における地震動増幅特性

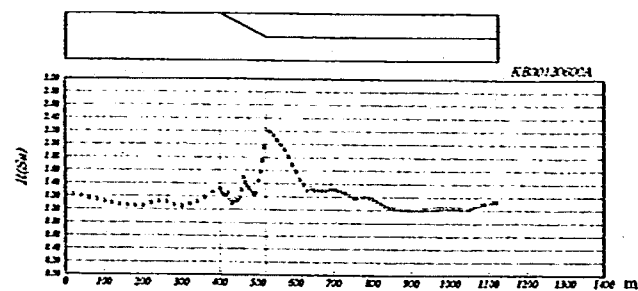
図 3.3 に $L_s=40\text{m}$ 、 $H_1=30\text{m}$ 、 $H_2=30\text{m}$ 、 $H_3=10\text{m}$ の埋没片側傾斜基盤のモデル地表面における地震動増幅特性 ($R(Sa)$ の分布) の計算結果の一例を示す。図 3.3 に示す 3 種類の図は、片側傾斜基盤の場合と同様に、上から順番に軟質層のせん断弾性波速度を 100 、 150 、 $200[\text{m/s}]$ としたものである。 $R(Sa)$ の分布形状は、片側傾斜基盤の場合と類似しており、増幅が大きくなる区間も片側傾斜基盤の場合と同様に、傾斜区間 L_s を右側に延長した L_s+L_s の区間である。また、せん断弾性波速度を変化させることにより、 $R(Sa)$ の分布形状及び最大値が大きく異なることも片側傾斜基盤及び両側傾斜基盤の場合と同様である。

3.4 埋没両側傾斜基盤における地震動増幅特性

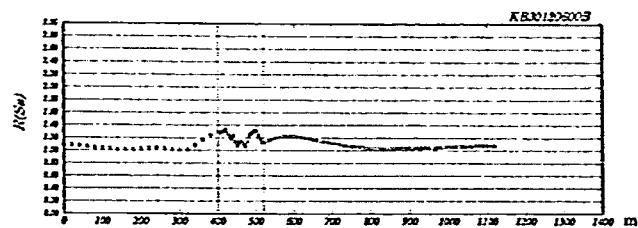
図 3.4 に $L_s=40\text{m}$ 、 $L_2=75\text{m}$ 、 $L_s=40\text{m}$ 、 $H_1=30\text{m}$ 、 $H_2=30\text{m}$ 、 $H_3=10\text{m}$ 、 $H_4=10\text{m}$ の埋没両側傾斜基盤のモデル地表面における地震動増幅特性 ($R(Sa)$ の分布) の計算結果の一例を示す。図 3.4 に示す 2 種類の図は、片側傾斜基盤の場合と同様に、上から順番に軟質層のせん断弾性波速度を 100 、 $150[\text{m/s}]$ としたものである。 $R(Sa)$ の分布形状は、両側傾斜基盤の場合と類似しており、増幅が大きくなる区間も両側傾斜基盤の場合と同様に硬質層が盆状になっている $L_s+L_2+L_s$ の区間である。

3.5 半埋没両側傾斜基盤における地震動増幅特性

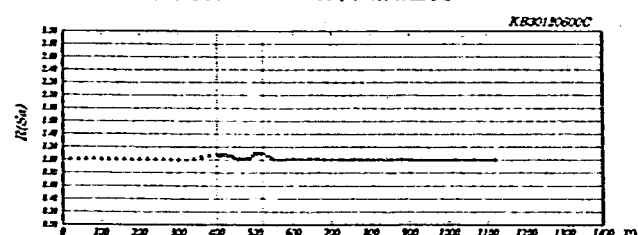
図 3.5 に $L_s=60\text{m}$ 、 $L_2=75\text{m}$ 、 $L_s'=20\text{m}$ 、 $H_1=30\text{m}$ 、 $H_2=30\text{m}$ 、 $H_3=20\text{m}$ の半埋没両側傾斜基盤モデルの地表面における地震動増幅特性 ($R(S_a)$ の分布) の計算結果の一例を示す。図 3.5 に示す 2 種類の図は、片側傾斜基盤の場合と同様に、上から順番に軟質層のせん断弾性波速度を 100m/s 、 150m/s としたものである。 $R(S_a)$ の分布形状は、両側傾斜基盤の場合と類似しており、増幅が大きくなる区間も両側傾斜基盤の場合と同様に硬質層が盆状になっている $L_s+L_2+L_s'$ の区間である。



(a) 軟質層のせん断弾性波速度=100m/s

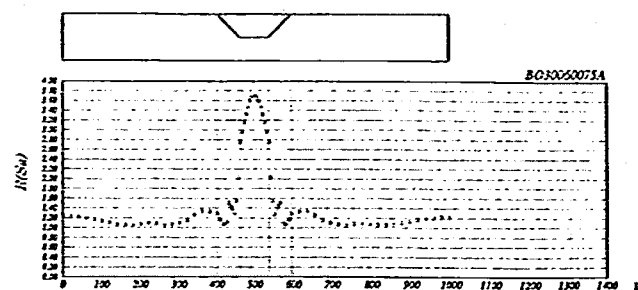


(b) 軟質層のせん断弾性波速度=150m/s

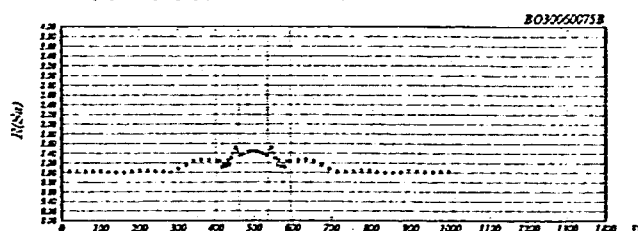


(c) 軟質層のせん断弾性波速度=200m/s

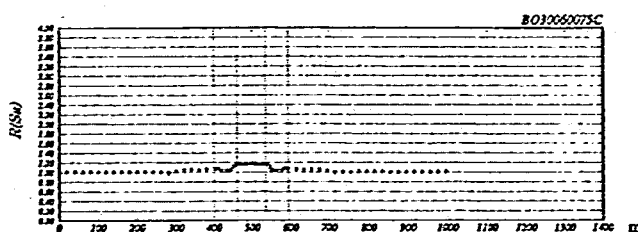
図3.1 片側傾斜基盤モデルの地表面における $R(Sa)$ の分布



(a) 軟質層のせん断弾性波速度=100m/s

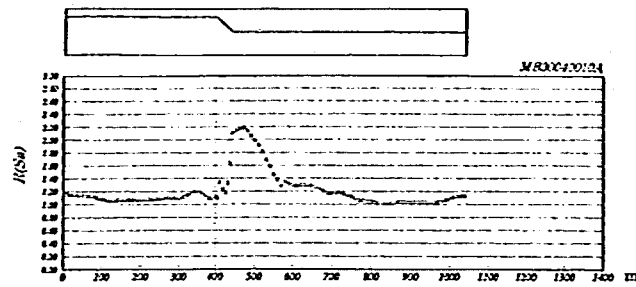


(b) 軟質層のせん断弾性波速度=150m/s

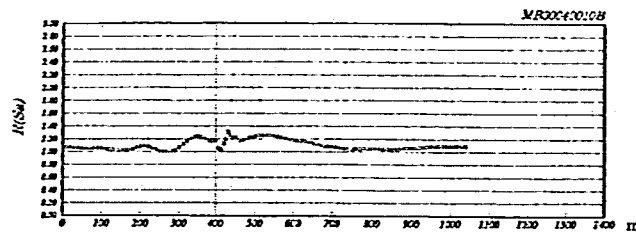


(c) 軟質層のせん断弾性波速度=200m/s

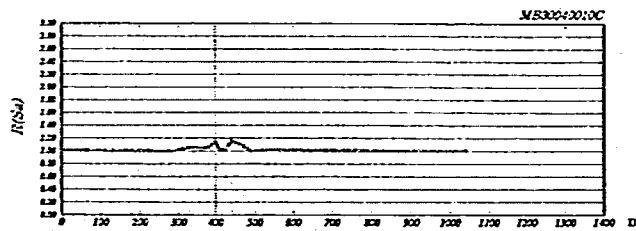
図3.2 両側傾斜基盤モデルの地表面における $R(Sa)$ の分布



(a) 軟質層のせん断弾性波速度=100m/s

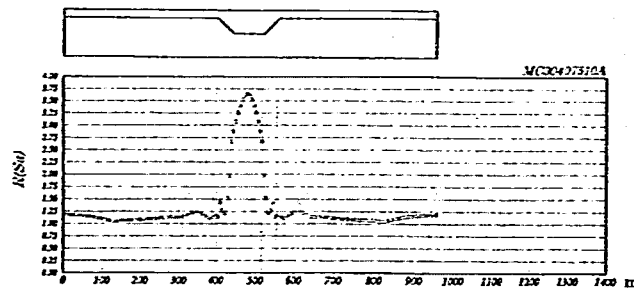


(b) 軟質層のせん断弾性波速度=150m/s

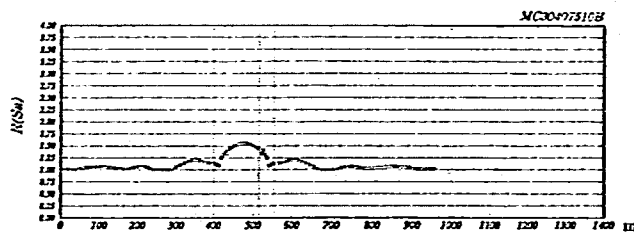


(c) 軟質層のせん断弾性波速度=200m/s

図 3.3 埋没片側傾斜基盤モデルの地表面における $R(Sa)$ の分布



(a) 軟質層のせん断弾性波速度=100m/s



(b) 軟質層のせん断弾性波速度=150m/s

図 3.4 埋没両側傾斜基盤モデルの地表面における $R(Sa)$ の分布

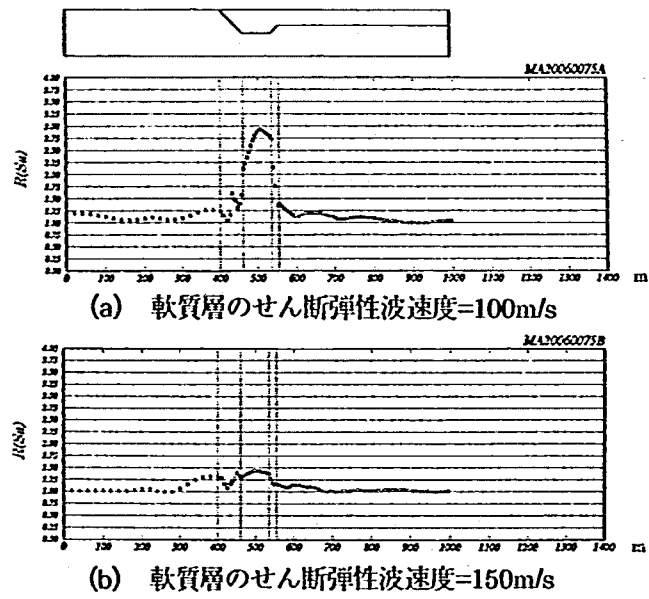


図3.5 半埋没両側傾斜基盤モデルの地表面における $R(Sa)$ の分布

4. 地震動増幅特性の評価

4.1 地震動増幅に影響を与えるパラメータ

4.1.1 傾斜角度が地震動の増幅特性に与える影響

片側傾斜基盤における軟質層と硬質層の境界の傾斜角度 θ が地震動の増幅特性に与える影響について検討した。片側傾斜基盤について、 $\tan \theta$ と増幅率 $R_{\max}(Sa)$ 及び $R_{\text{ave}}(Sa)$ との関係を図 4.1 に示す。これより、 $R_{\max}(Sa)$ 及び $R_{\text{ave}}(Sa)$ は、 $1/8 \leq \tan \theta \leq 1/2$ では傾斜角度によりほとんど変化しないが、 $\tan \theta < 1/8$ では $\tan \theta$ が小さくなるほど著しく低下することがわかる。また、地盤の不整形性の程度を示す地盤の特性値の差 ΔT_G について増幅率を比較すると、 ΔT_G が大きいほど増幅率が大きいことがわかる。

4.1.2 軟質層底辺の長さが地震動の増幅特性に与える影響

両側傾斜基盤における軟質層底辺の長さ $L2$ が地震動の増幅特性に与える影響について検討した。両側傾斜基盤について、 $L2$ と増幅率 $R_{\max}(Sa)$ 及び $R_{\text{ave}}(Sa)$ との関係を図 4.2 に示す。これより、 $R_{\max}(Sa)$ 及び $R_{\text{ave}}(Sa)$ は、軟質層底辺の長さが $150\text{m} \leq L2 \leq 600\text{m}$ では、いずれの ΔT_G についても $L2$ によりほとんど変化しないが、 $L2 \leq 150\text{m}$ では、 $\Delta T_G = 0.756\text{s}$ (不整形性の程度が最も大きい) の場合に $L2$ が小さくなるほど増加することがわかる。また、 ΔT_G について増幅率を比較すると、 ΔT_G が大きいほど増幅率が大きいことがわかる。

4.1.3 埋没深さが地震動の増幅特性に与える影響

片側傾斜基盤及び両側傾斜基盤において、硬質層を軟質層下に埋没させたときの影響を検討した。 $Ls=60\text{m}$ 、 $H1=30\text{m}$ 、 $H2=30\text{m}$ の片側傾斜基盤及び $Ls=60\text{m}$ 、 $L2=75\text{m}$ 、 $Ls=60\text{m}$ 、 $H1=30\text{m}$ 、 $H2=30\text{m}$ の両側傾斜基盤について、埋没深さ $H3$ 及び $H4=10$ 、 20 及び 25m と変化させ、地盤モデル地表上の $R(Sa)$ を比較した。図 4.3 は埋没深さ $H3=10\text{m}$ の埋没片側傾斜基盤と片側傾斜基盤の場合を比較したものである。図からわかるように、両者の $R(Sa)$ 分布形状は非常によく似ており、増幅率 $R_{\max}(Sa)$ もほぼ等しい値である。一方、図 4.4 及び図 4.5 は埋没深さがそれぞれ $H3=20$ 及び 25m の埋没片側傾斜基盤と片側傾斜基盤の $R(Sa)$ を比較したものであるが、両者の分布形状はあまり類似しておらず、増幅率 $R_{\max}(Sa)$ は埋没片側傾斜基盤の方が小さい値となっている。また、図 4.6、4.7 及び 4.8 は、埋没深さ $H3$ 及び $H4$ がそれぞれ 10 、 20 及び 25m の埋没両側傾斜基盤と両側傾斜基盤の $R(Sa)$ を比較したものであるが、埋没片側傾斜基盤と片側傾斜基盤の場合と同様の傾向を示している。以上より、埋没深さ $H3$ 及び $H4$ が 10m 程度までは硬質層が軟質層下に埋没していることの影響はほとんどないが、 $H3$ 及び $H4$ が 20m 程度以上のときは硬質層が軟質層下に埋没することにより増幅の程度が小さくなることがわかる。

4.2 増幅特性の定式化

4.1 の検討結果より、増幅率 $R_{\max}(Sa)$ 及び $R_{\text{ave}}(Sa)$ は ΔT_G に強く依存することがわかったため、 $R_{\max}(Sa)$ 及び $R_{\text{ave}}(Sa)$ を ΔT_G から簡便に推定する式として、次式を仮定した。

$$R_{\max}(Sa) = \alpha \cdot \Delta T_G + 1.0 \quad (4.1)$$

ここで、 α は係数であり、回帰分析により地盤モデルごとに算出した。以下に各地盤モデルの増幅特性の評価式を示す。

4.2.1 片側傾斜基盤⁶⁾

片側傾斜基盤について、増幅率 $R_{\max}(Sa)$ 及び $R_{\text{ave}}(Sa)$ と ΔT_G の関係をプロットしたものを図 4.9 に示す。これにより、片側傾斜基盤の増幅率の評価式として、式(4.2)及び(4.3)を得た。ここで、 $\tan \theta < 1/8$ のケースでは、増幅率が著しく低下するため、 $\tan \theta \geq 1/8$ のケースのみで回帰を行った。したがって、次式の適用範囲は $\tan \theta \geq 1/8$ である。

$$R_{\max}(Sa) = 1.29\Delta T_G + 1.0 \quad (4.2)$$

$$R_{\text{ave}}(Sa) = 0.69\Delta T_G + 1.0 \quad (4.3)$$

4.2.2 両側傾斜基盤⁶⁾

両側傾斜基盤について、増幅率 $R_{\max}(Sa)$ 及び $R_{\text{ave}}(Sa)$ と ΔT_G の関係をプロットしたものを図 4.10 に示す。これにより、両側傾斜基盤の増幅率の評価式として、式(4.4)及び(4.5)を得た。

$$R_{\max}(Sa) = 2.31\Delta T_G + 1.0 \quad (4.4)$$

$$R_{\text{ave}}(Sa) = 0.99\Delta T_G + 1.0 \quad (4.5)$$

4.2.3 埋没片側傾斜基盤⁷⁾

埋没片側傾斜基盤について、増幅率 $R_{\max}(Sa)$ 及び $R_{\text{ave}}(Sa)$ と ΔT_G の関係をプロットしたものを図 4.11 に示す。これにより、埋没片側傾斜基盤の増幅率の評価式として、次式を得た。ここで、適用範囲は片側傾斜基盤の場合と同様に $\tan \theta \geq 1/8$ である。

$$R_{\max}(Sa) = 1.88\Delta T_G + 1.0 \quad (4.6)$$

$$R_{\text{ave}}(Sa) = 1.02\Delta T_G + 1.0 \quad (4.7)$$

4.2.4 埋没両側傾斜基盤⁷⁾

埋没両側傾斜基盤について、増幅率 $R_{\max}(Sa)$ 及び $R_{\text{ave}}(Sa)$ と ΔT_G の関係をプロットしたものを図 4.12 に示す。これにより、埋没両側傾斜基盤の増幅率の評価式として、次式を得た。

$$R_{\max}(Sa) = 4.21\Delta T_G + 1.0 \quad (4.8)$$

$$R_{\text{ave}}(Sa) = 2.22\Delta T_G + 1.0 \quad (4.9)$$

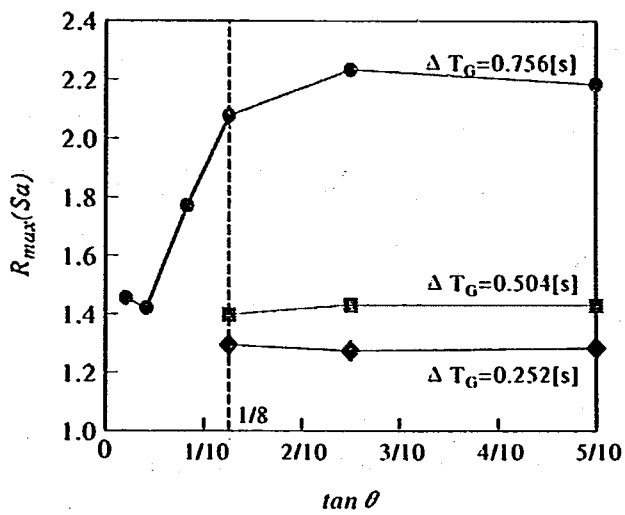
4.2.5 半埋没両側傾斜基盤⁹⁾

半埋没両側傾斜基盤について、増幅率 $R_{max}(Sa)$ 及び $R_{ave}(Sa)$ と ΔT_G の関係をプロットしたものを図 4.13 に示す。これにより、埋没両側傾斜基盤の増幅率の評価式として、次式を得た。

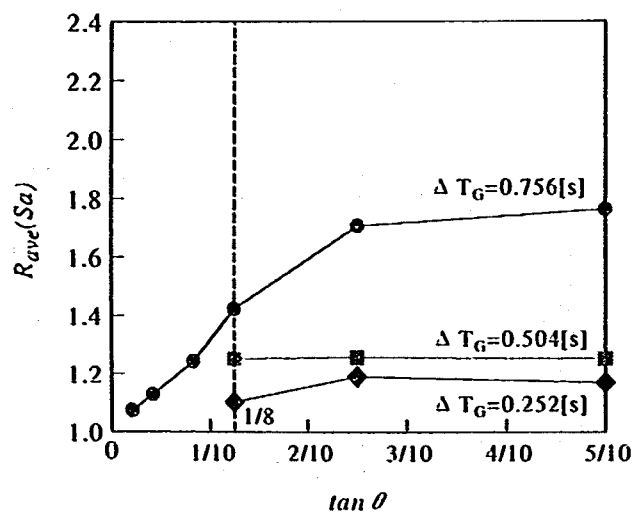
$$R_{max}(Sa) = 2.26\Delta T_G + 1.0 \quad (4.10)$$

$$R_{ave}(Sa) = 1.15\Delta T_G + 1.0 \quad (4.11)$$

図 4.14 に半埋没両側傾斜基盤の増幅率 $R_{max}(Sa)$ 及び $R_{ave}(Sa)$ の計算値と両側傾斜基盤の評価式(4.4)及び(4.5)の関係を示す。図からわかるように、半埋没両側傾斜基盤の増幅率 $R_{max}(Sa)$ 及び $R_{ave}(Sa)$ は両側傾斜基盤の評価式とよく一致している。また、半埋没両側傾斜基盤と両側傾斜基盤における増幅率の評価式、式(4.10)と式(4.4)、式(4.11)と式(4.5)をそれぞれ比較すると、ほぼ等しい値をとっている。このような現象が生じる理由は現状でははっきりしないが、半埋没両側傾斜基盤の増幅特性は、両側傾斜基盤の評価式によっても、概ね評価可能であることがわかる。

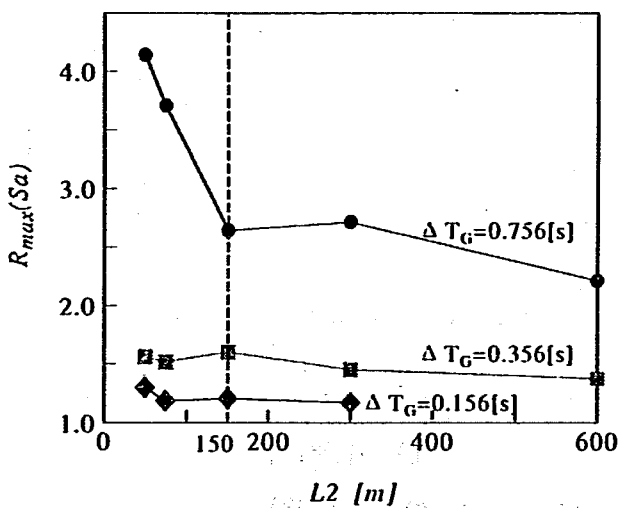


(a) $\tan \theta$ と $R_{max}(Sa)$ の関係

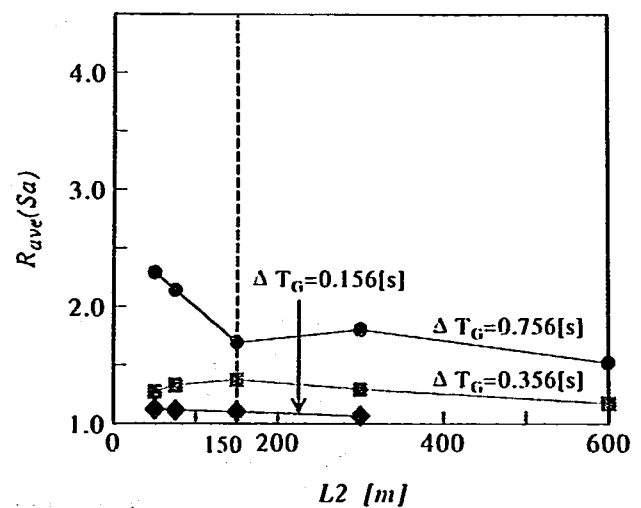


(b) $\tan \theta$ と $R_{ave}(Sa)$ の関係

図 4.1 片側傾斜基盤における傾斜角度と増幅率 $R_{max}(Sa)$ 及び $R_{ave}(Sa)$ の関係

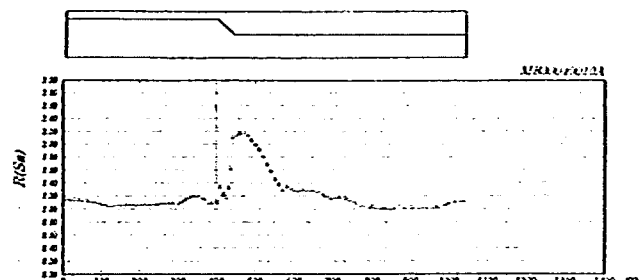


(a) 軟質層底辺の長さ $L2$ と $R_{max}(Sa)$ の関係

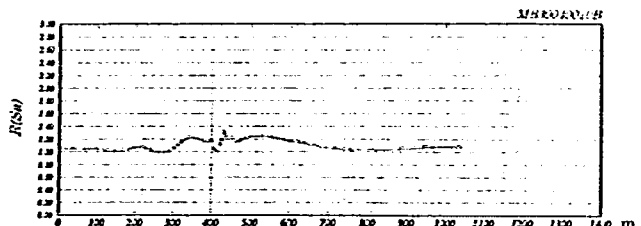


(b) 軟質層底辺の長さ $L2$ と $R_{ave}(Sa)$ の関係

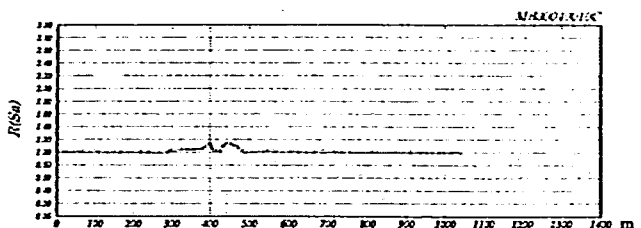
図 4.2 両側傾斜基盤における軟質層底辺の長さ増幅率 $R_{max}(Sa)$ 及び $R_{ave}(Sa)$ の関係



(i) 軟質層のせん断弾性波速度=100m/s

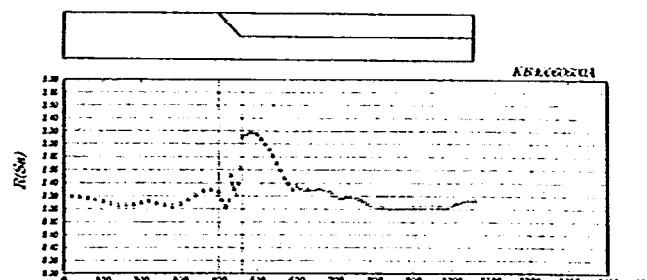


(ii) 軟質層のせん断弾性波速度=150m/s

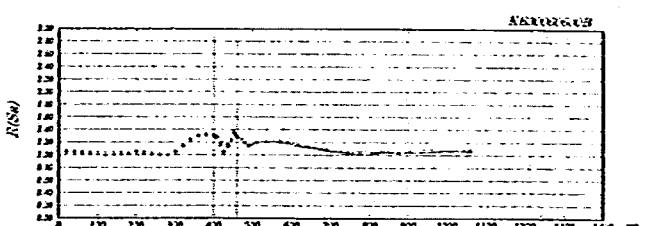


(iii) 軟質層のせん断弾性波速度=200m/s

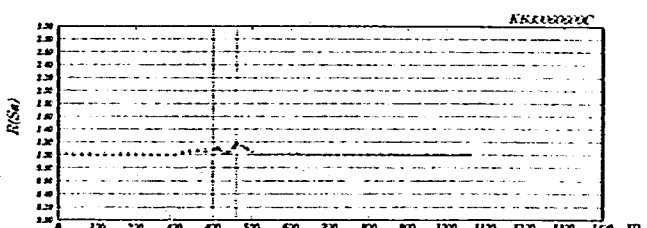
(a) 埋没片側傾斜基盤



(i) 軟質層のせん断弾性波速度=100m/s



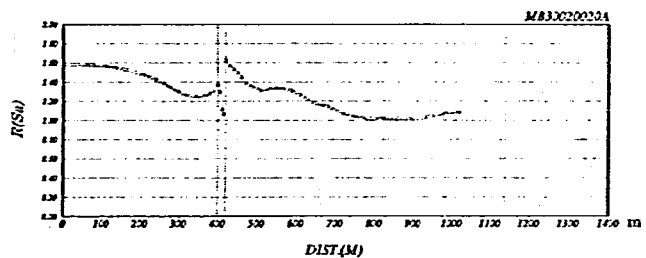
(ii) 軟質層のせん断弾性波速度=150m/s



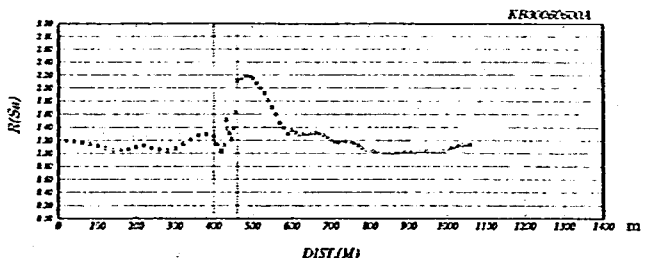
(iii) 軟質層のせん断弾性波速度=200m/s

(b) 片側傾斜基盤

図4.3 埋没片側傾斜基盤 ($H_3=10\text{m}$) と片側傾斜基盤の $R(Sa)$ の比較

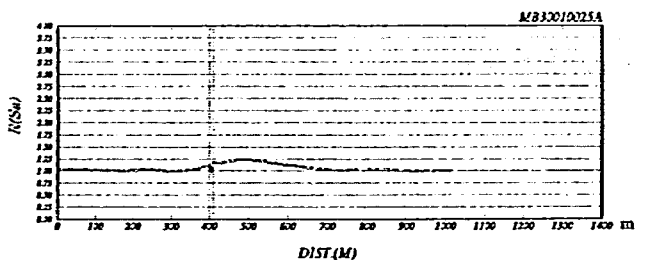


(a) 埋没片側傾斜基盤

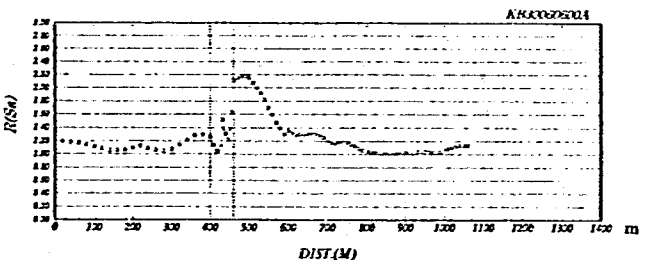


(b) 片側傾斜基盤

図4.4 埋没片側傾斜基盤 ($H_3=20\text{m}$) と片側傾斜基盤の $R(Sa)$ の比較

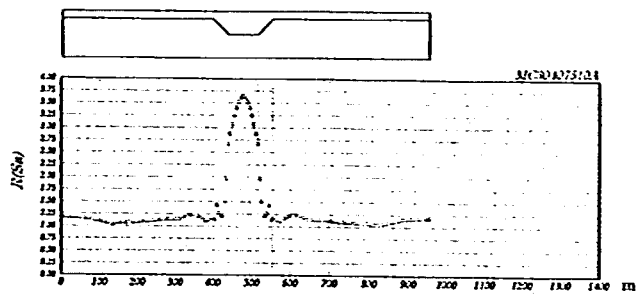


(a) 埋没片側傾斜基盤

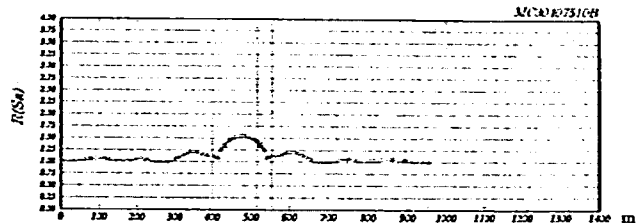


(b) 片側傾斜基盤

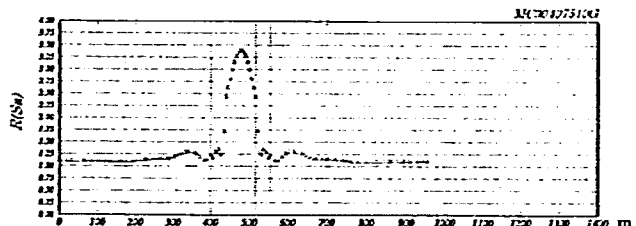
図4.5 埋没片側傾斜基盤 ($H_3=25\text{m}$) と片側傾斜基盤の $R(Sa)$ の比較



(i) 軟質層のせん断弾性波速度=100m/s

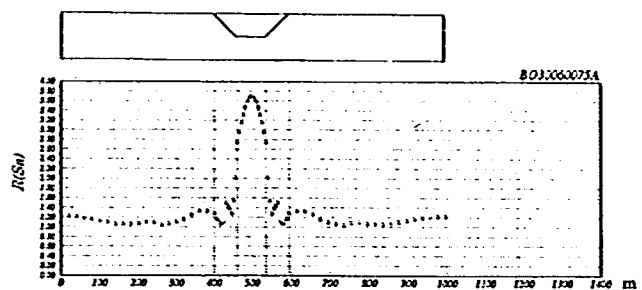


(ii) 軟質層のせん断弾性波速度=150m/s

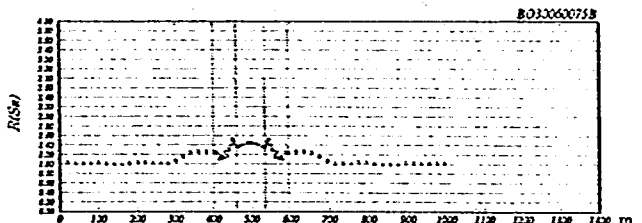


(iii) 軟質層の $V_s=100\text{m/s}$, 硬質層の $V_s=405\text{m/s}$

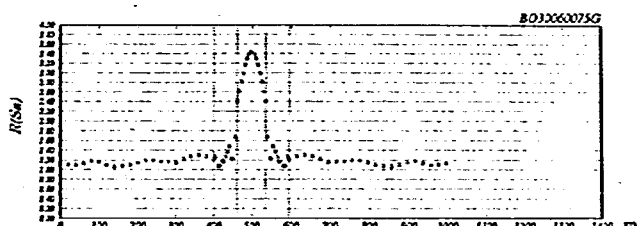
(a) 埋没両側傾斜基盤



(i) 軟質層のせん断弾性波速度=100m/s



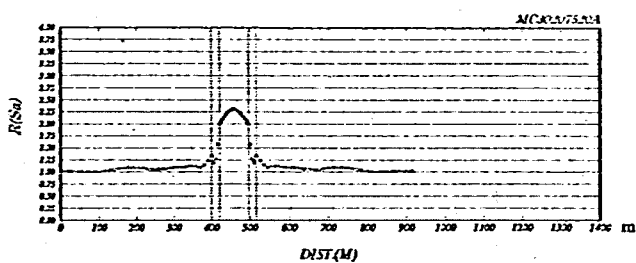
(ii) 軟質層のせん断弾性波速度=150m/s



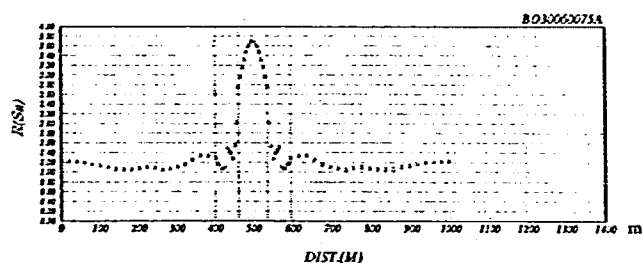
(iii) 軟質層の $V_s=100\text{m/s}$, 硬質層の $V_s=405\text{m/s}$

(b) 両側傾斜基盤

図 4.6 埋没両側傾斜基盤 (H_3 及び $H_4=10\text{m}$) と両側傾斜基盤の $R(Sa)$ の比較

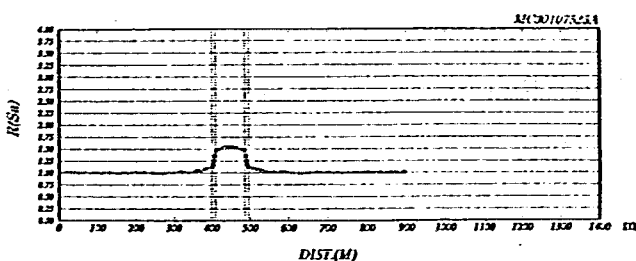


(a) 埋没両側傾斜基盤

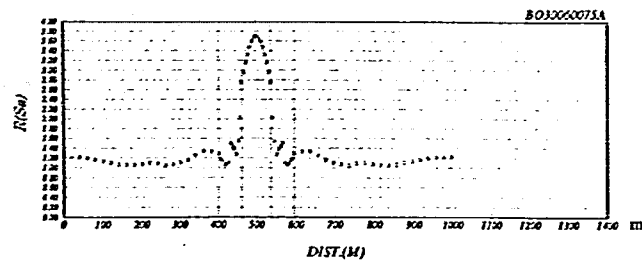


(b) 両側傾斜基盤

図 4.7 埋没両側傾斜基盤 (H_3 及び $H_4=20\text{m}$) と両側傾斜基盤の $R(Sa)$ の比較

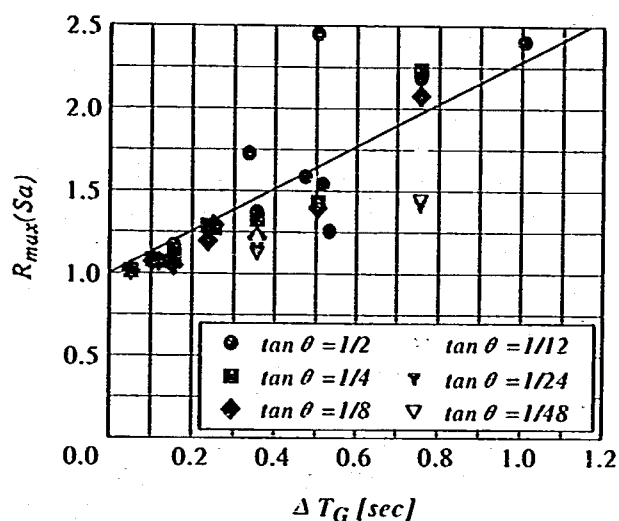


(a) 埋没両側傾斜基盤

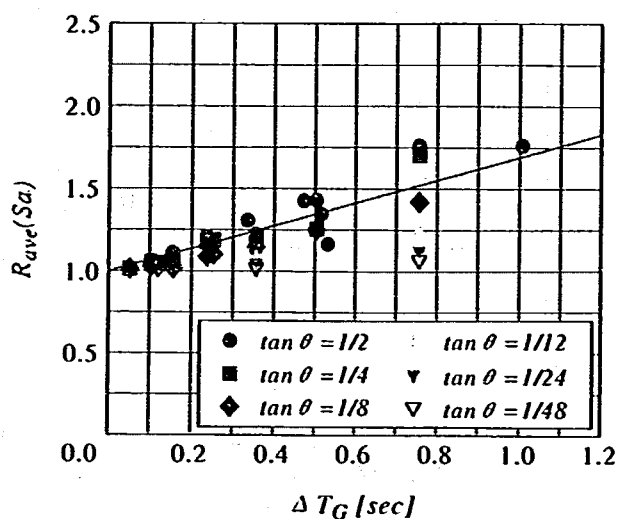


(b) 両側傾斜基盤

図 4.8 埋没両側傾斜基盤 (H_3 及び $H_4=25\text{m}$) と両側傾斜基盤の $R(Sa)$ の比較

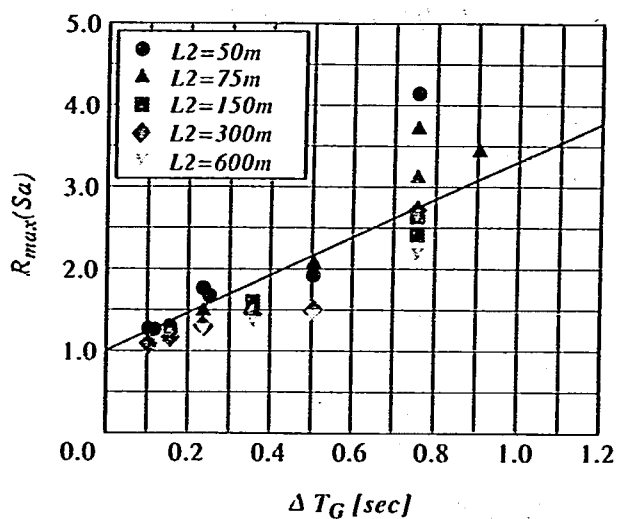


(a) ΔT_G と $R_{max}(Sa)$ の関係

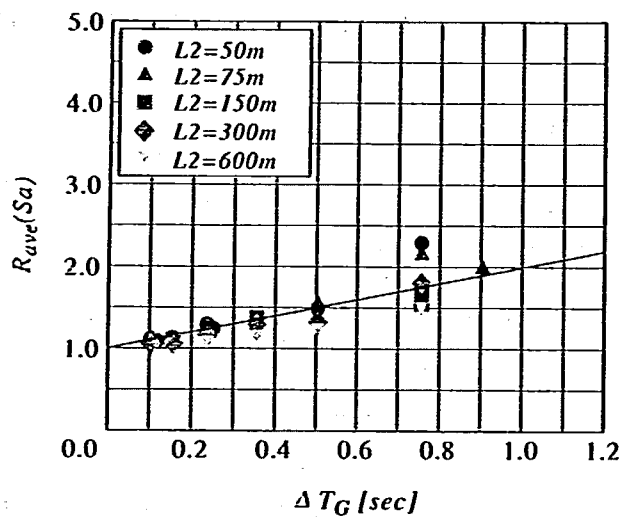


(b) ΔT_G と $R_{ave}(Sa)$ の関係

図4.9 片側傾斜基盤における ΔT_G と増幅率 $R_{max}(Sa)$ 及び $R_{ave}(Sa)$ の関係

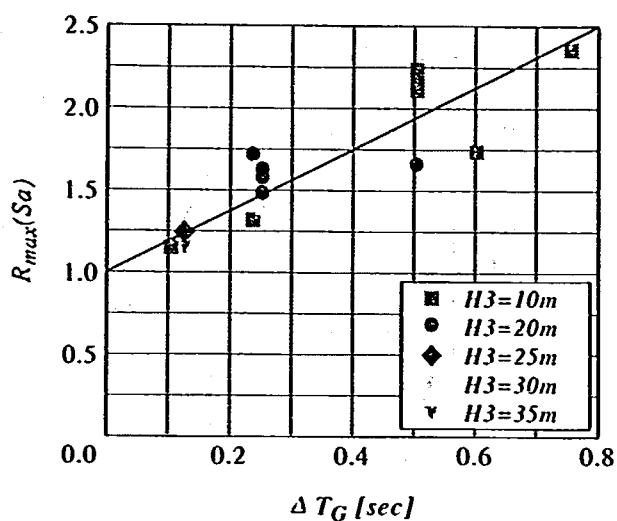


(a) ΔT_G と $R_{max}(Sa)$ の関係

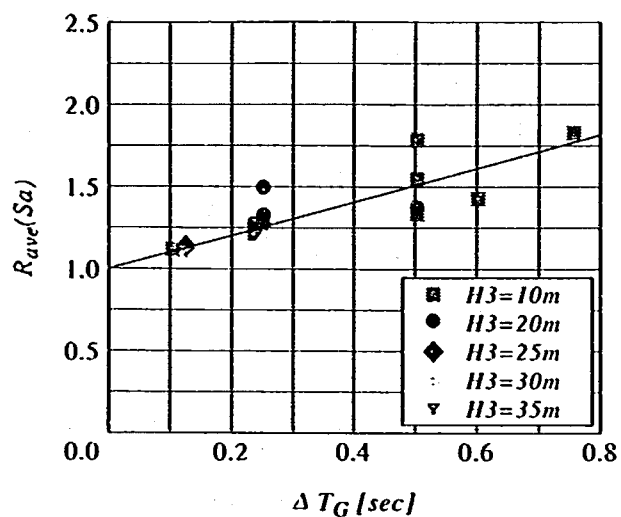


(b) ΔT_G と $R_{ave}(Sa)$ の関係

図4.10 両側傾斜基盤における ΔT_G と増幅率 $R_{max}(Sa)$ 及び $R_{ave}(Sa)$ の関係

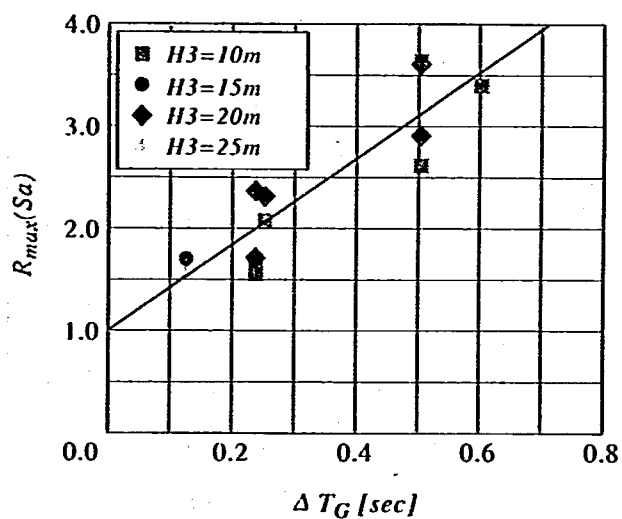


(a) ΔT_G と $R_{max}(Sa)$ の関係

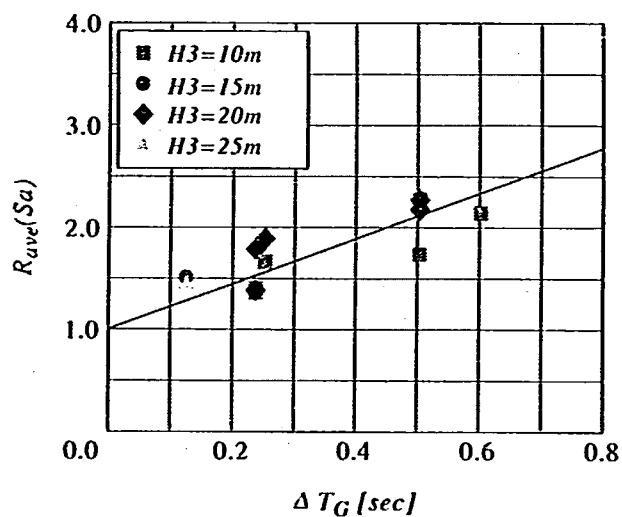


(b) ΔT_G と $R_{ave}(Sa)$ の関係

図 4.11 埋没片側傾斜基盤における ΔT_G と増幅率 $R_{max}(Sa)$ 及び $R_{ave}(Sa)$ の関係

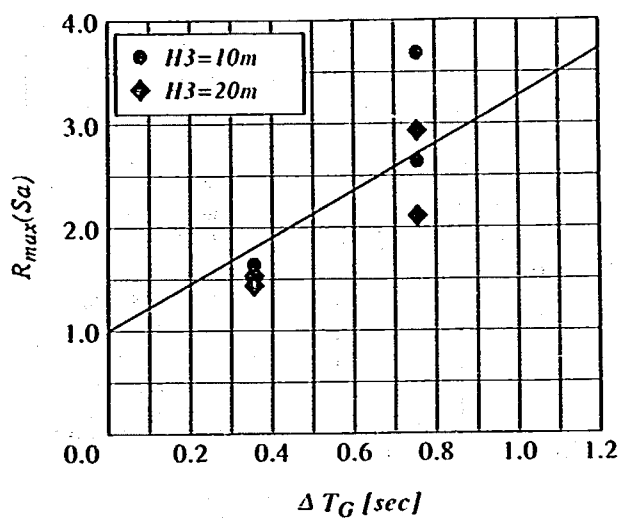


(a) ΔT_G と $R_{max}(Sa)$ の関係

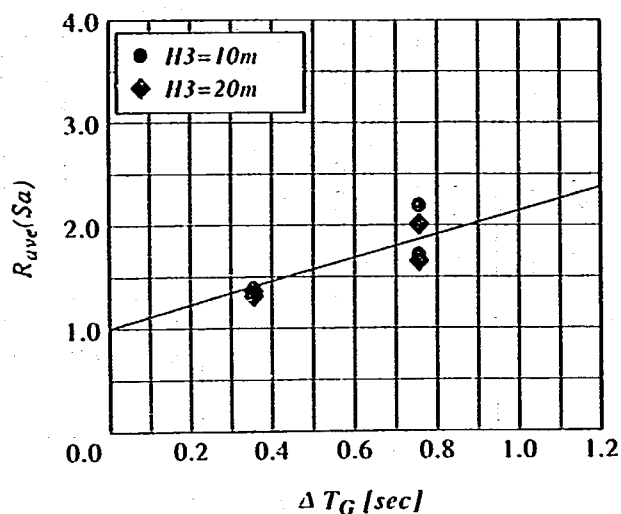


(b) ΔT_G と $R_{ave}(Sa)$ の関係

図 4.12 埋没両側傾斜基盤における ΔT_G と増幅率 $R_{max}(Sa)$ 及び $R_{ave}(Sa)$ の関係

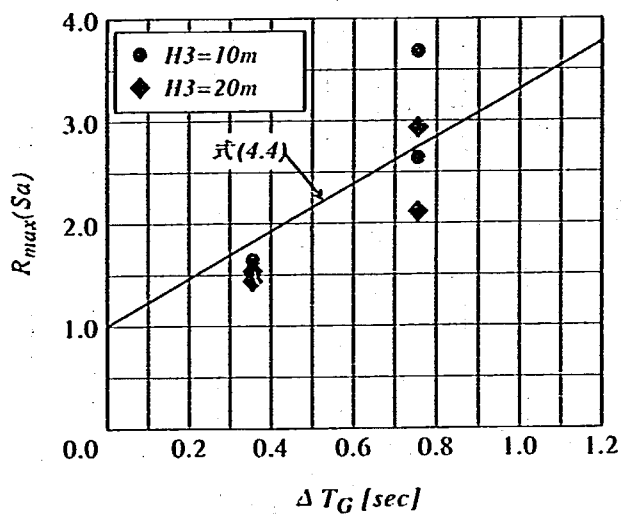


(a) ΔT_G と $R_{max}(Sa)$ の関係

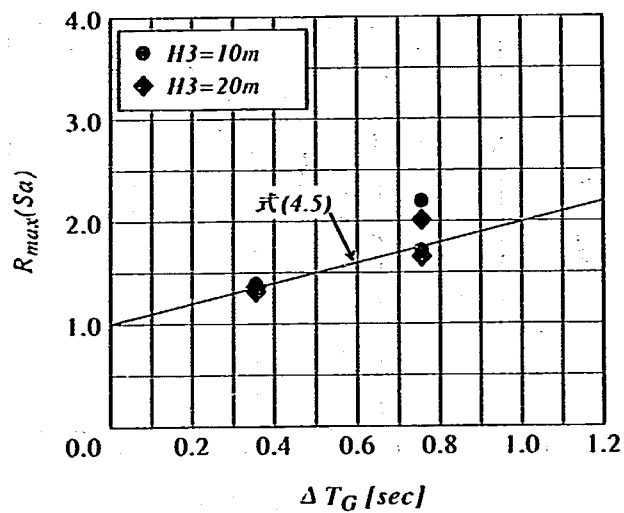


(b) ΔT_G と $R_{ave}(Sa)$ の関係

図 4.13 半埋没両側傾斜基盤における ΔT_G と増幅率 $R_{max}(Sa)$ 及び $R_{ave}(Sa)$ の関係



(a) ΔT_G と $R_{max}(Sa)$ の関係



(b) ΔT_G と $R_{ave}(Sa)$ の関係

図 4.14 半埋没両側傾斜基盤における増幅率の計算値と両側傾斜基盤に対する評価式の関係

5. 増幅が大きくなる周期帯の評価

5.1 増幅率 $R_{max}(Sa)$ を与える固有周期⁶⁾

地盤の不整形性による地震動増幅程度を表す指標として用いた増幅率 $R_{max}(Sa)$ 及び $R_{ave}(Sa)$ は、周期成分ごとの増幅程度の差は考慮していないため、不整形地盤において増幅が特に大きくなる周期帯について検討を行った。ここで、いずれの地盤モデルにおいても増幅が大きくなる周期帯は地点に依らずほぼ一定であったため、 $R(Sa)$ が最大となる点、すなわち増幅率 $R_{max}(Sa)$ が出現する地点における地震動増幅の周期特性について検討を行った。また、周期特性を評価するための指標としては、次の2つを用いた。

①軟質層のみから算定される地盤の特性値 T_G^{AC} [sec]

②軟質層、硬質層及び基盤層から成る水平成層地盤におけるレーリー波の群速度が最小となる周期 T_S [sec]

ここで、 T_G^{AC} を用いたのは、地震動の増幅特性には軟質層の物性の影響が大きいことを想定したものであり、また、 T_S を検討対象としたのは、地震動の増幅に表面波が影響を及ぼす可能性を考慮するためである。付属資料3に $R_{max}(Sa)$ が出現する地点における $r(Sa(T))$ (式(2.1)参照) と T_G^{AC} 及び T_S を示す。図中の実線が T_G^{AC} を、破線が T_S を示している。図より、ほとんどのケースで $R_{max}(Sa)$ を与える固有周期 ($0.1s \leq T \leq 5s$ で $r(Sa(T))$ が最大となる固有周期) は T_G^{AC} と T_S に挟まれる周期帯にある。上記①及び②の評価指標の妥当性を確認するために、地震動の増幅特性を工学的に評価する上で有意と考えられる $R_{max}(Sa) \geq 1.2$ となるケースについて、 $R_{max}(Sa)$ が出現する地点における $r(Sa(T))$ が最大値を示す固有周期 T_{Rmax} と T_G^{AC} 及び T_S との関係について検討した。図5.1に T_{Rmax} と T_G^{AC} 及び T_S の関係を示す。図5.1(a)に示す T_{Rmax} と T_G^{AC} の関係をみると、 T_{Rmax} と T_G^{AC} は広い周期帯で概ね一致している。一方、図5.1(b)に示す T_{Rmax} と T_S の関係をみると、 T_{Rmax} と T_S は短周期領域では良く一致しているが、長周期領域では乖離している。すなわち、 T_{Rmax} を評価する指標としては T_G^{AC} が有効であることがわかる。

5.2 増幅が大きくなる周期帯の定式化^{8), 9)}

増幅率 $R_{max}(Sa)$ を与える固有周期 T_{Rmax} は、軟質層のみから算定される地盤の特性値 T_G^{AC} により概ね評価可能であることを踏まえて、全ての地盤モデルを対象として増幅が大きくなる周期帯を、 T_G^{AC} を用いて定式化した。まず、増幅率 $R_{max}(Sa)$ が出現する地点において $r(Sa(T)) \geq 1.2$ を示す最小及び最大の固有周期を、それぞれ、 T_{min} 及び T_{max} とした。次に次式を仮定し、回帰分析により係数 α 、 β を算定した。

$$T_{min} = \alpha \cdot T_G^{AC} \quad (5.1)$$

$$T_{max} = \beta \cdot T_G^{AC} \quad (5.2)$$

両者の関係は次のように表される。

$$T_{min} = 0.546 T_G^{AC} \quad (5.3)$$

$$T_{max} = 1.416 T_G^{AC} \quad (5.4)$$

同様の方法により $r(Sa(T)) \geq 1.3$ 、 1.4 及び 1.5 となる周期帯についても定式化を行うと、次のようになる。

$r(Sa(T)) \geq 1.3$ となる周期帯

$$T_{min} = 0.592 T_G^{AC} \quad (5.5)$$

$$T_{max} = 1.389 T_G^{AC} \quad (5.6)$$

$r(Sa(T)) \geq 1.4$ となる周期帯

$$T_{min} = 0.625 T_G^{AC} \quad (5.7)$$

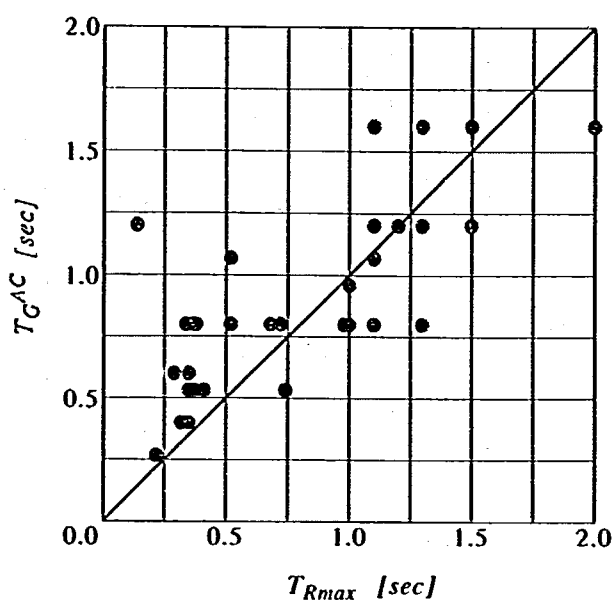
$$T_{max} = 1.366 T_G^{AC} \quad (5.8)$$

$r(Sa(T)) \geq 1.5$ となる周期帯

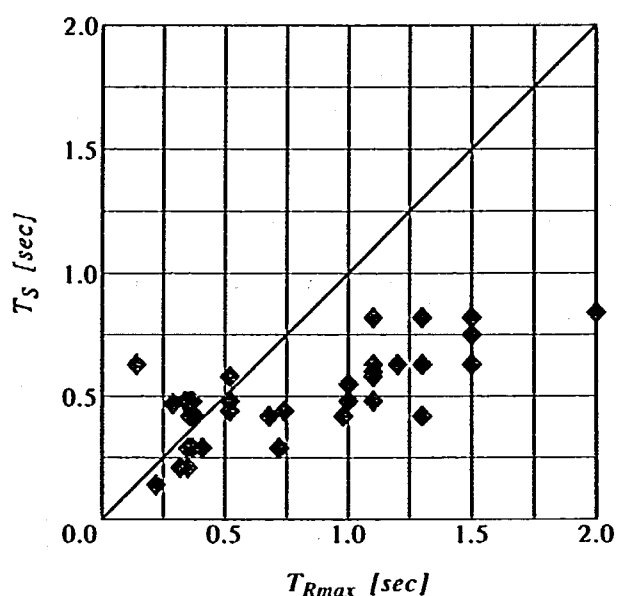
$$T_{min} = 0.679 T_G^{AC} \quad (5.9)$$

$$T_{max} = 1.297 T_G^{AC} \quad (5.10)$$

図 5.2 に T_G^{AC} と T_{min} 及び T_{max} の関係を示す。図中の●は T_G^{AC} と T_{Rmax} の関係を示している。これらの図から、増幅が大きくなる周期帯は、上記の評価式により概ね評価可能であることがわかる。

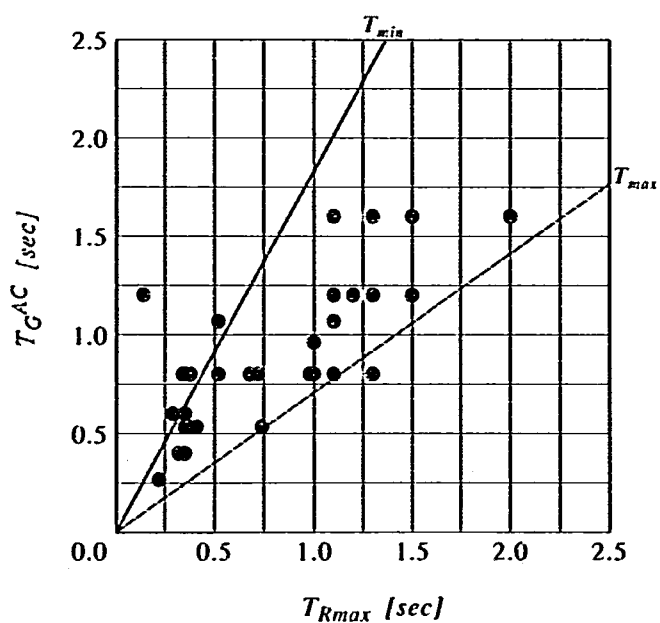


(a) $R_{max}(Sa)$ を与える T_{Rmax} と T_G^{AC} の関係

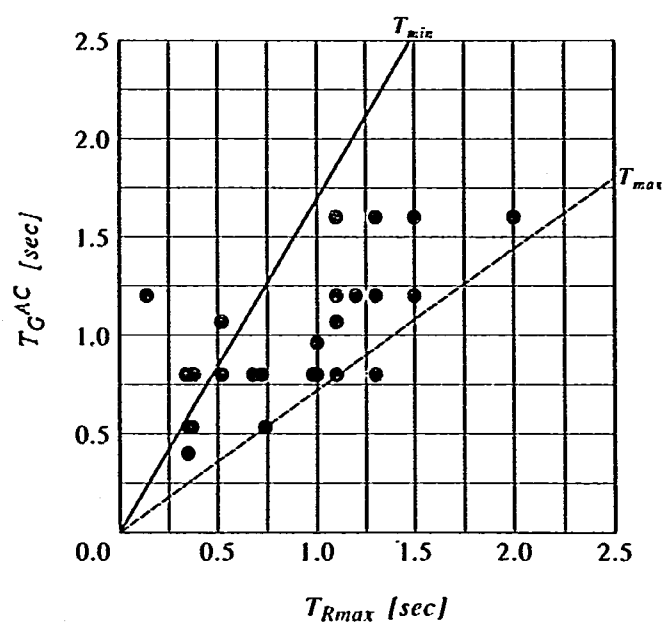


(b) $R_{max}(Sa)$ を与える T_{Rmax} と T_S の関係

図5.1 増幅率 $R_{max}(Sa)$ を与える固有周期 T_{Rmax} と T_G^{AC} 及び T_S の関係

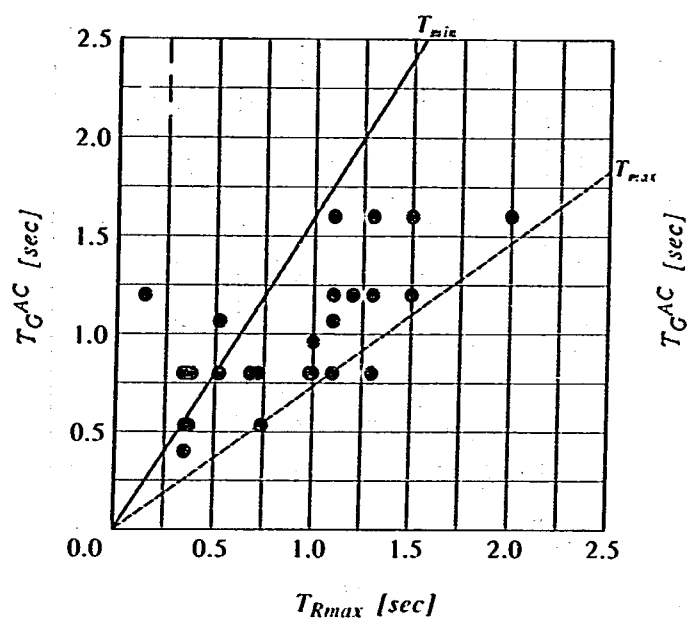


(a) $r(Sa(T)) \geq 1.2$

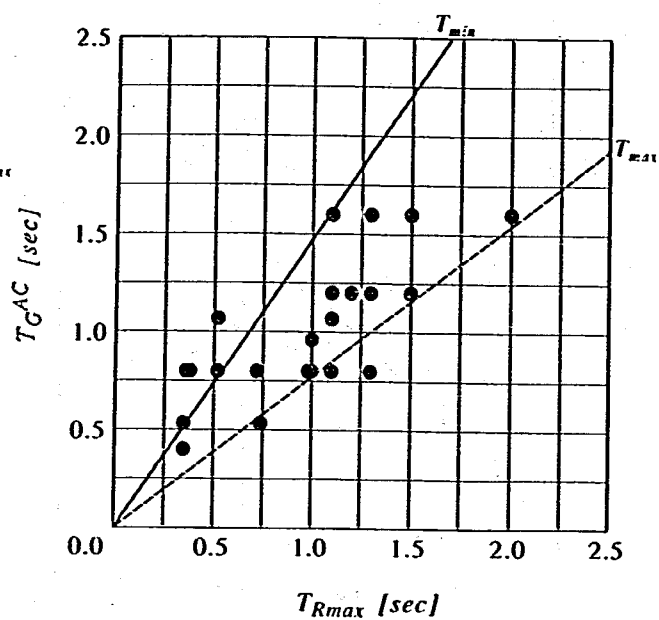


(b) $r(Sa(T)) \geq 1.3$

図5.2(1) T_G^{AC} と T_{min} 及び T_{max} の関係



(c) $r(Sa(T)) \geq 1.4$



(b) $r(Sa(T)) \geq 1.5$

図5.2(2) T_G^{AC} と T_{min} 及び T_{max} の関係

6. ま と め

本研究では、軟質層と硬質層からなる2層系の地盤を対称として、2層の境界の形状を変化させることにより、種々の不整形地盤を設定した。このような不整形地盤について二次元地震応答解析及び一次元地震応答解析を行い、両者の結果を比較することにより、地盤の不整形性に起因する地震動の増幅程度を算出した。以下に、本研究の結果をまとめる。

①不整形地盤における地震動増幅特性

片側傾斜基盤、両側傾斜基盤、埋没片側傾斜基盤、埋没両側傾斜基盤及び半埋没両側傾斜基盤について、地盤モデル地表面における地震動の増幅特性を二次元地震応答解析と一次元地震応答解析による加速度応答スペクトルの増幅率で定義し、それぞれのモデルでの増幅程度及び増幅が大きくなる範囲を示した。

②地震動増幅特性の評価

地震動増幅に影響を与えるパラメータについて検討を行い、加速度応答スペクトルの増幅率 $R_{max}(Sa)$ 及び $R_{ave}(Sa)$ が地盤の特性値の差 ΔT_G でよく評価できることを示し、その評価式を地盤モデルごとに提案した。

③増幅が大きくなる周期帯の評価

地震動の増幅が特に大きくなる周期帯を軟質層のみから計算した地盤の特性値 T_G^{AC} により評価する式を提案した。

以上、提案されたこれらの評価式により、数 10～数 100m 程度の規模の不整形地盤における地震動の増幅程度を概ね把握することが可能である。本研究成果は単純化された地盤モデルを対象としたものであるが、不整形地盤に位置する構造物の耐震設計において、地震動の局所的な増幅特性の考慮に資するものであると考えられる。

参考文献

- 1) Lysmer, J., Udaka, T., Tsai, C. and Seed, H. B. :FLUSH, A Computer Program for Approximate 3-D Analysis of Soil-Structure Interaction Problems, Earthquake Engineering Research Center Report No.75-30, University of California, Berkeley, November, 1975
- 2) Schnabel, P. B., Lysmer, J., Seed, H. B. :SHAKE, A Computer Program for Earthquake Response Analyses of Horizontally Layered Sites, Earthquake Engineering Research Center Report No.72-12, University of California, Berkeley, December, 1972
- 3) 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 3 月
- 4) 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、第 153 号の 2、昭和 55 年 3 月
- 5) 道路橋示方書 V耐震設計編、道路協会、平成 8 年 12 月
- 6) 千葉光、田村敬一、本田利器：地盤の不整形性に起因する地震動増幅特性の評価手法、第 24 回地震工学研究発表会、平成 9 年 7 月
- 7) 千葉光、田村敬一、中尾吉宏：埋没型の不整形地盤における地震動増幅特性の評価手法、土木学会第 53 回年次学術講演会、平成 10 年 10 月
- 8) 田村敬一、千葉光、本田利器、中尾吉宏：不整形地盤における地震動増幅特性の簡易評価手法、第 10 回日本地震工学シンポジウム、平成 10 年 11 月
- 9) 千葉光、本田利器、田村敬一、中尾吉宏：不整形地盤における地震動の増幅特性、土木技術資料、第 41 巻、第 1 号、平成 11 年 1 月

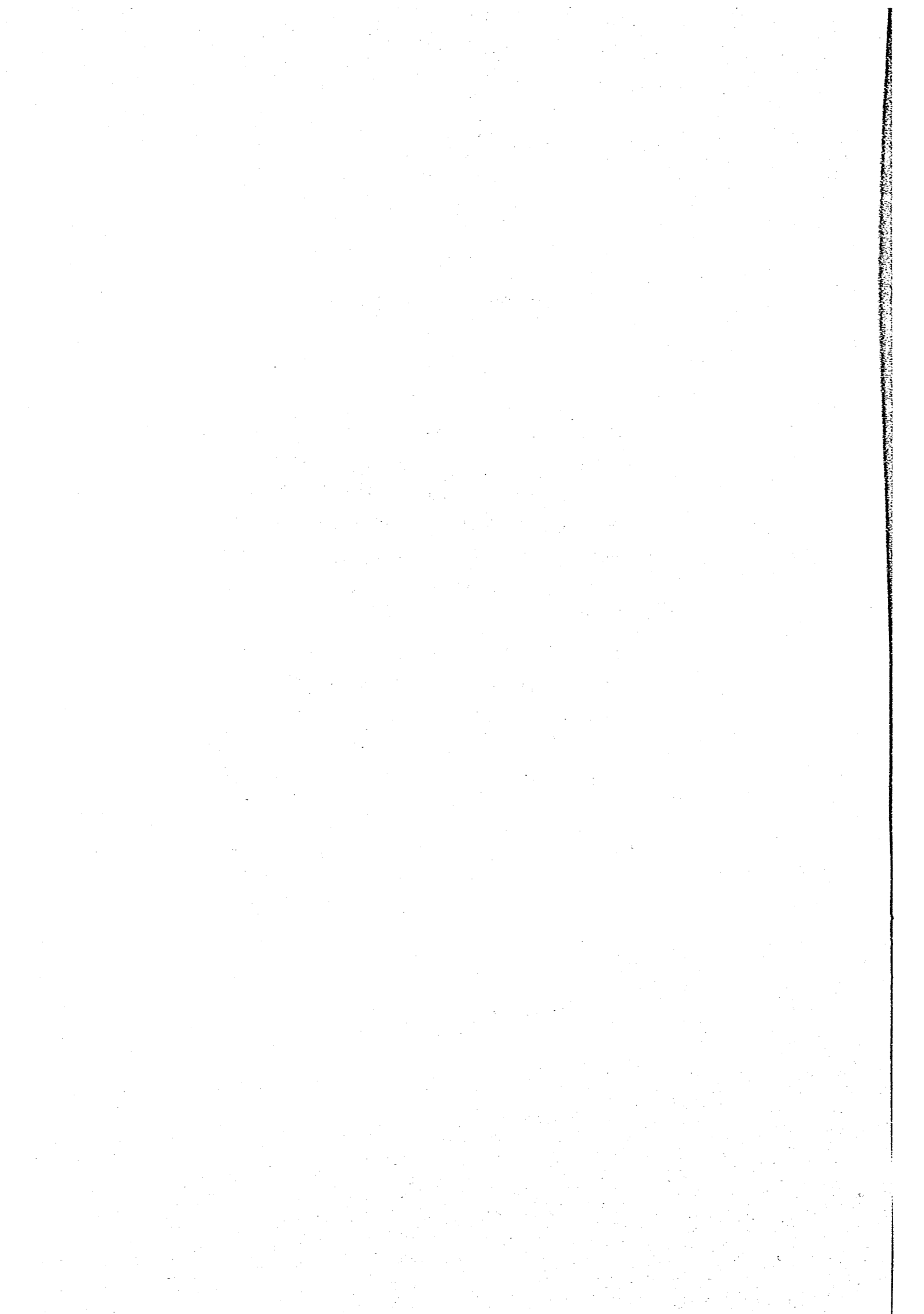
付属資料1 地震応答解析結果

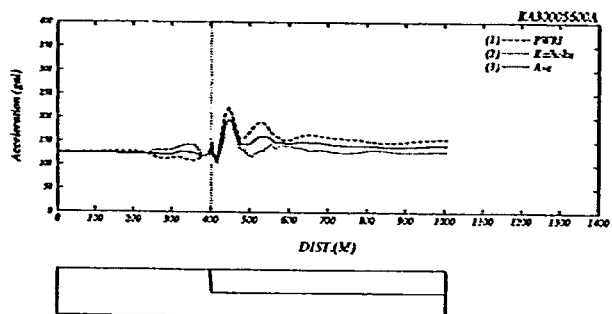
1. 二次元地震応答解析による地盤モデル地表面における最大加速度の分布

- ・付図 1.1.1～17 片側傾斜基盤の二次元応答解析結果
- ・付図 1.2.1～12 両側傾斜基盤の二次元応答解析結果
- ・付図 1.3.1～12 埋没片側傾斜基盤の二次元応答解析結果
- ・付図 1.4.1～9 埋没両側傾斜基盤の二次元応答解析結果
- ・付図 1.5.1～4 半埋没両側傾斜基盤の二次元応答解析結果

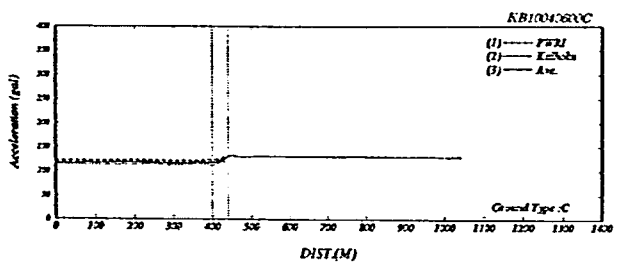
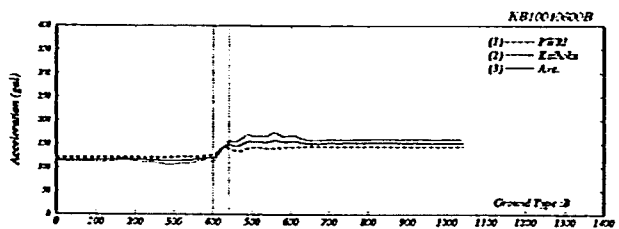
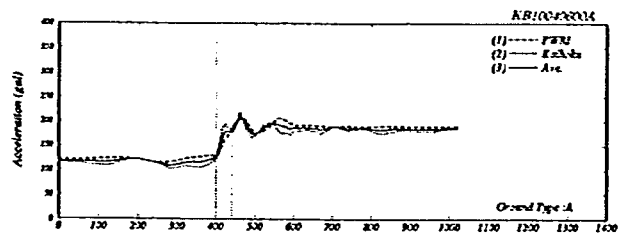
2. 一次元地震応答解析による地盤モデル地表面における最大加速度値

- ・付表 1.1 層厚 60m のモデルにおける一次元応答解析結果
- ・付表 1.2 層厚 80m のモデルにおける一次元応答解析結果
- ・付表 1.3 層厚 100m のモデルにおける一次元応答解析結果
- ・付表 1.4 層厚 200m のモデルにおける一次元応答解析結果

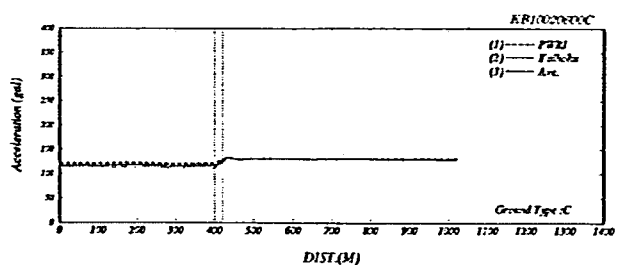
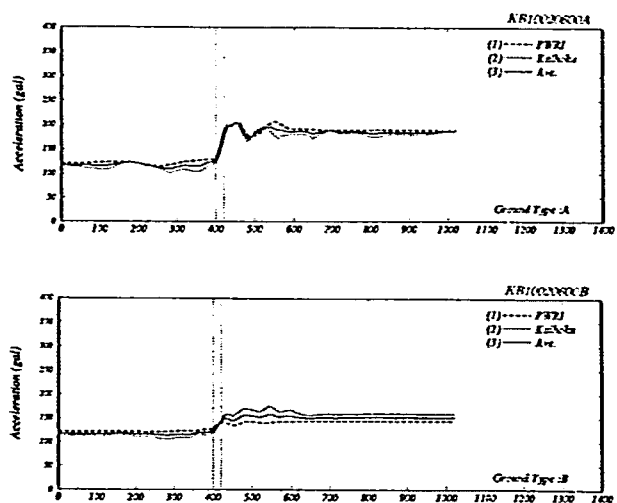




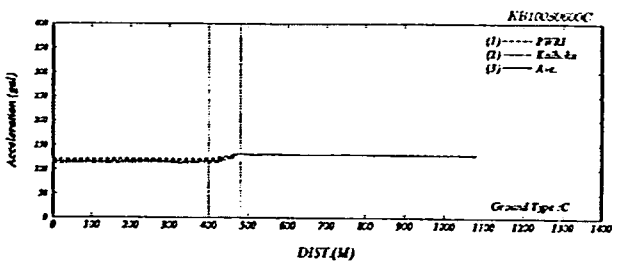
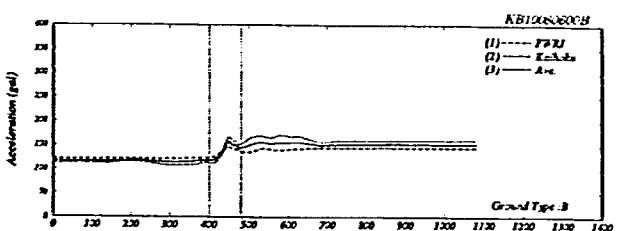
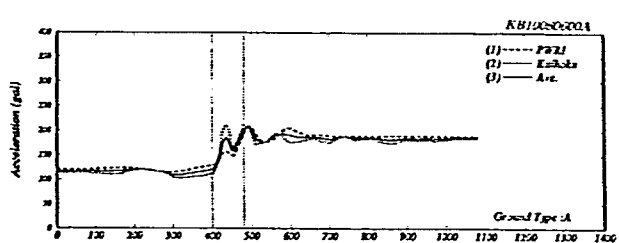
付図 1.1.1 KA30005600



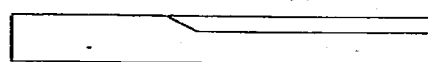
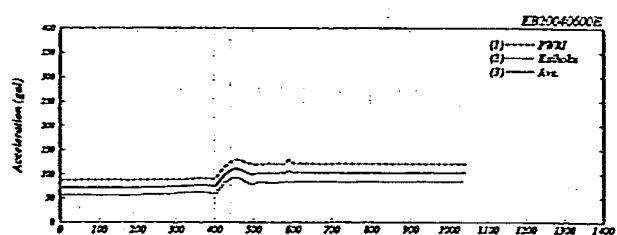
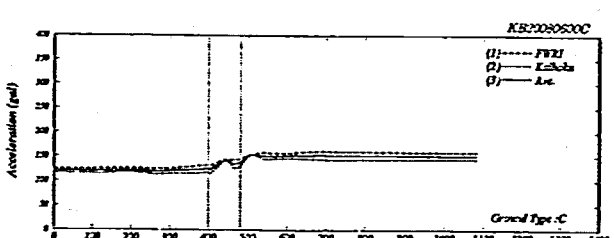
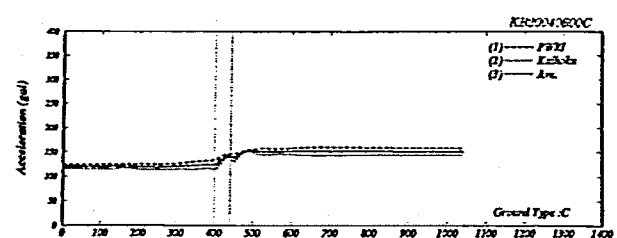
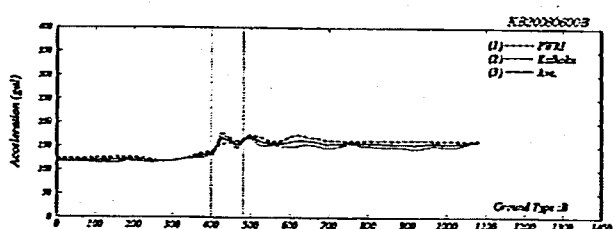
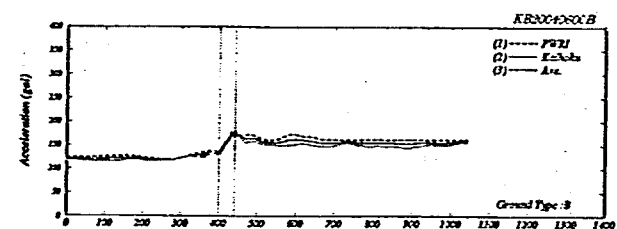
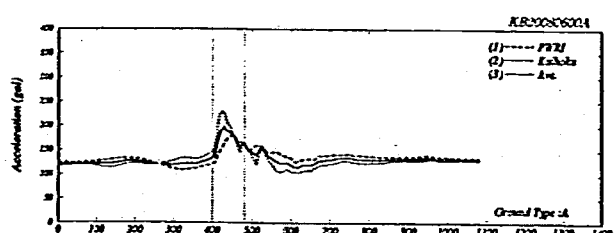
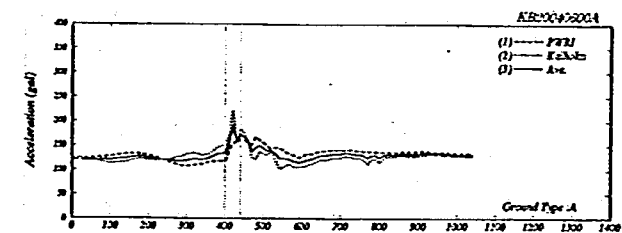
付図 1.1.3 KB10040600



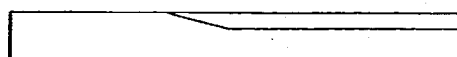
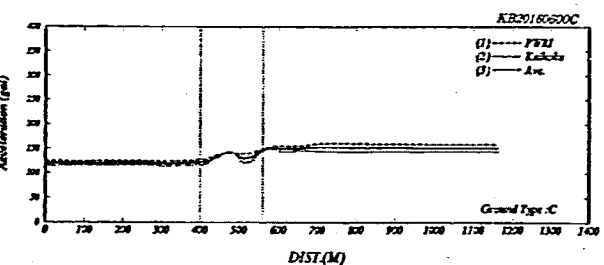
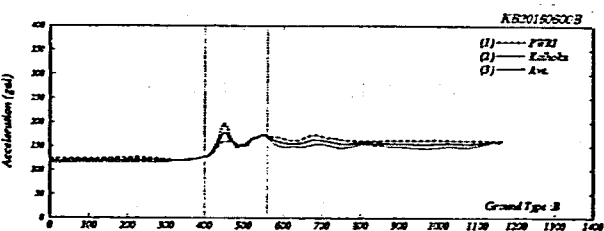
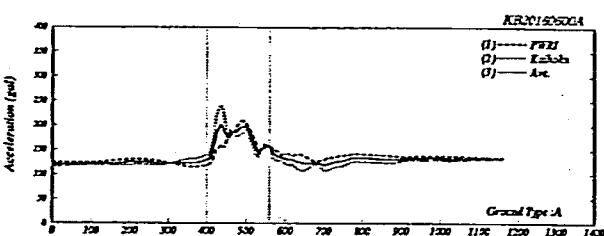
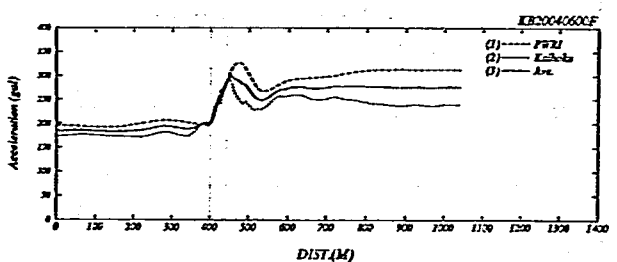
付図 1.1.2 KB10020600



付図 1.1.4 KB10080600

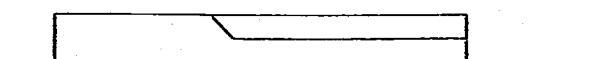
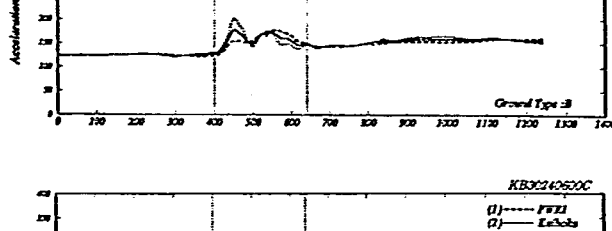
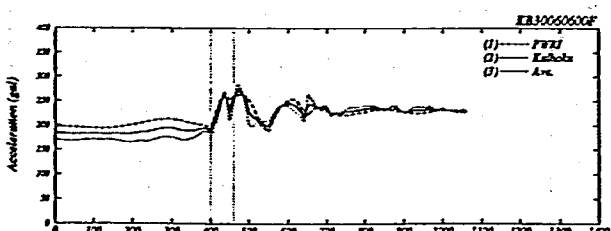
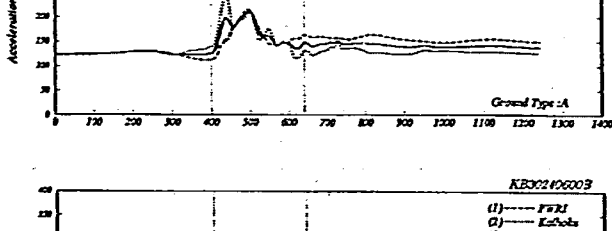
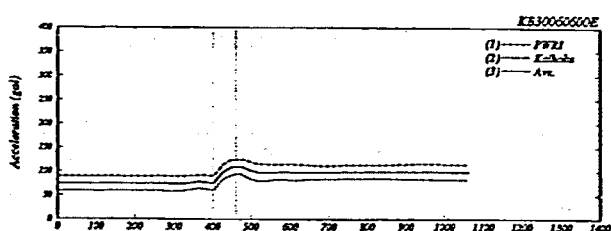
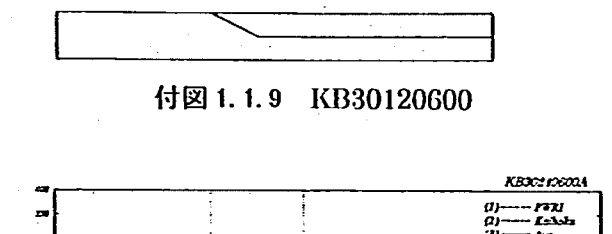
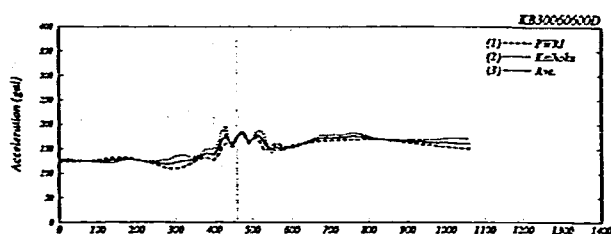
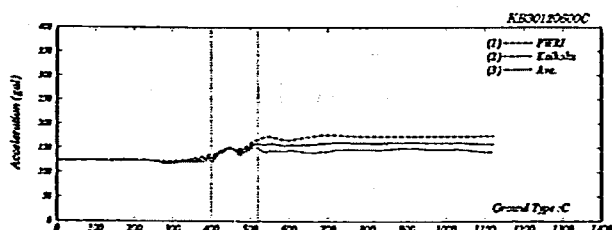
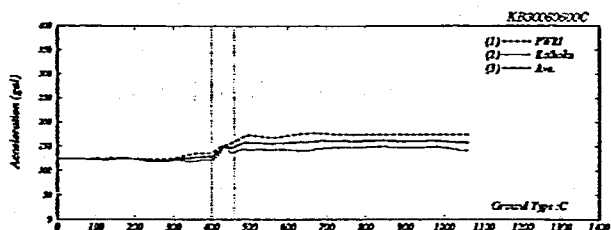
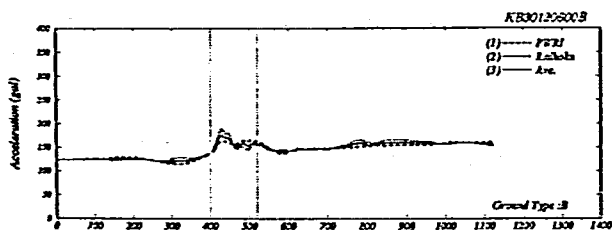
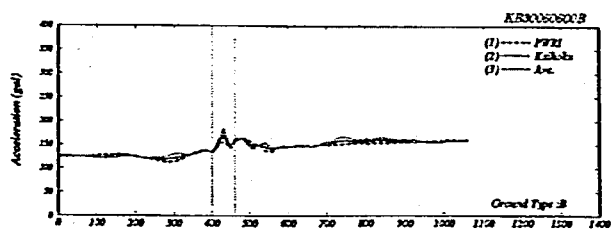
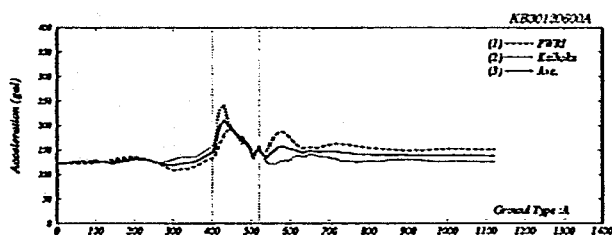
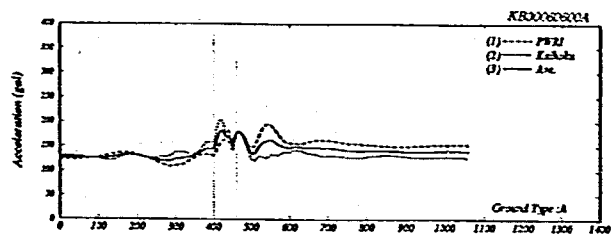


付図 1.1.6 KB20080600

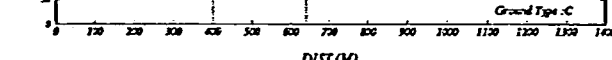
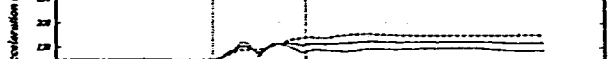


付図 1.1.7 KB20160600

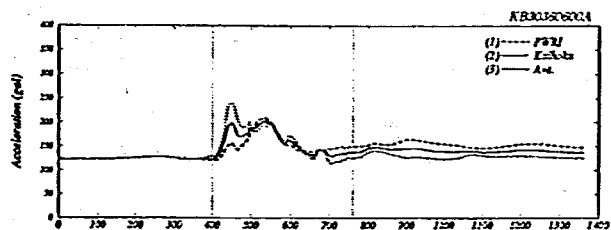
付図 1.1.5 KB20040600



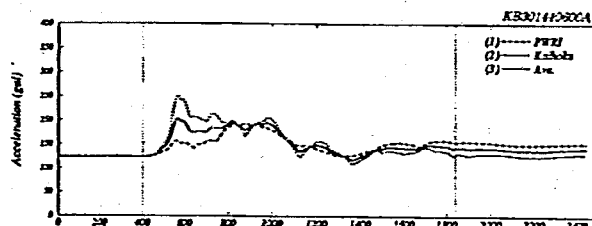
付図 1.1.8 KB30060600



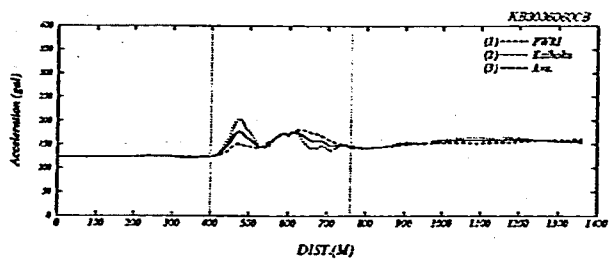
付図 1.1.10 KB30240600



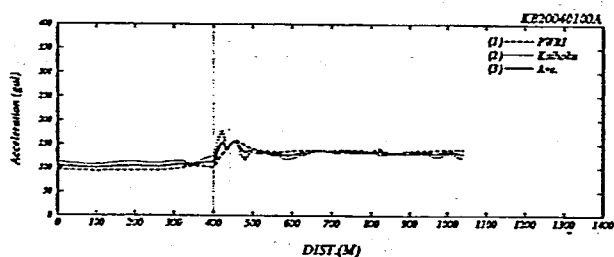
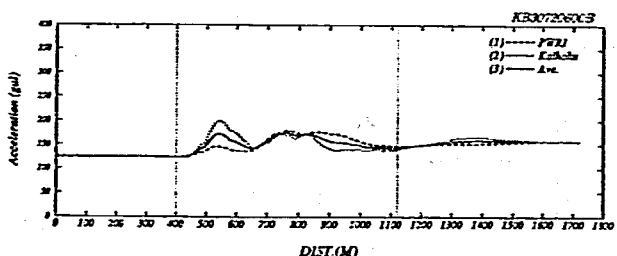
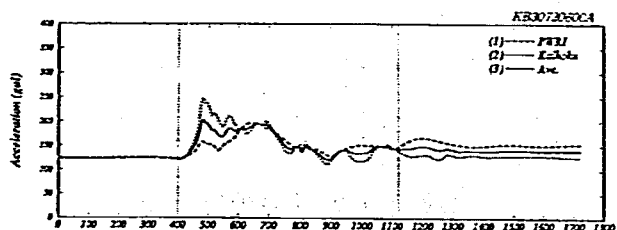
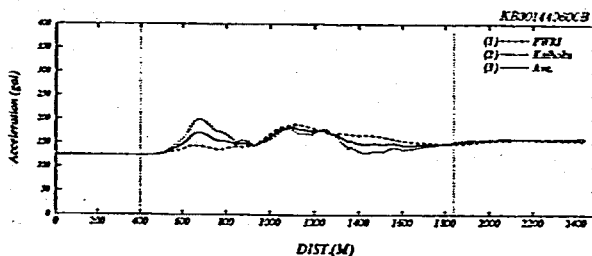
付図 1.1.11 KB30360600



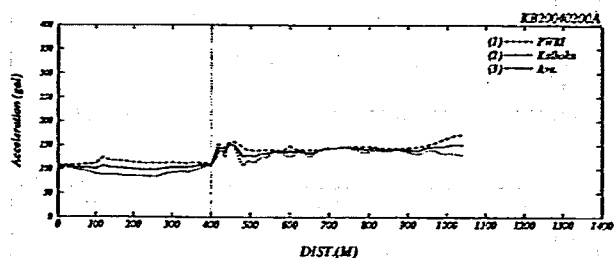
付図 1.1.13 KB301440600



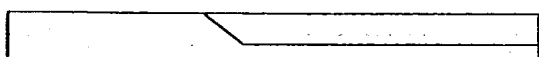
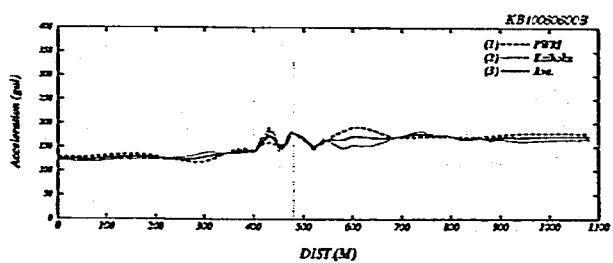
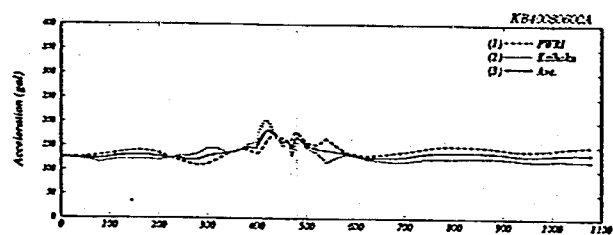
付図 1.1.12 KB30720600



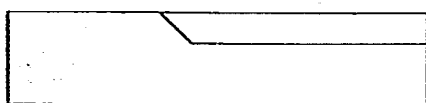
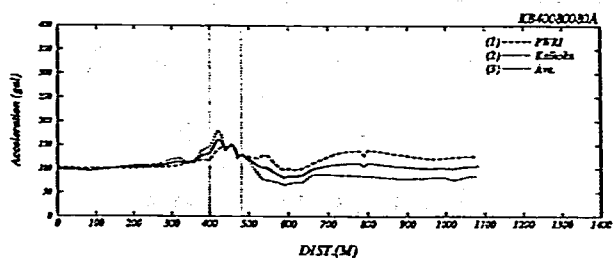
付図 1.1.14 KB20040100



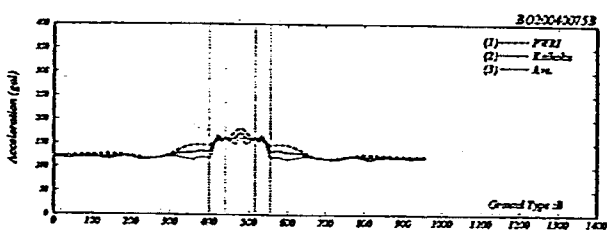
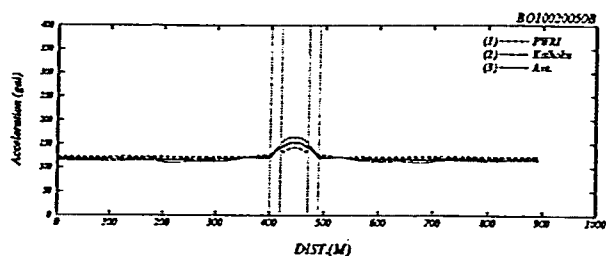
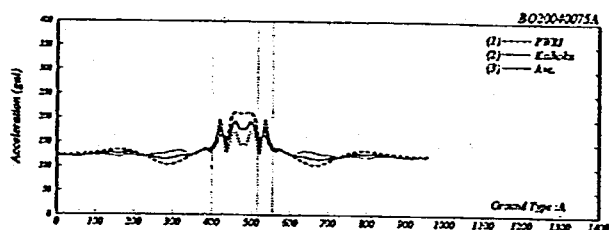
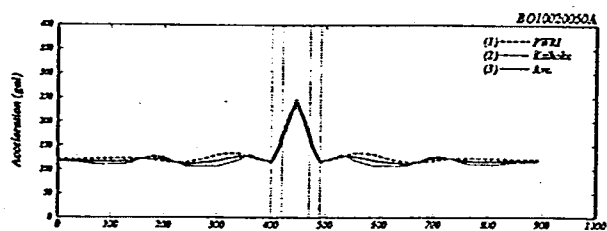
付図 1.1.15 KB20040200



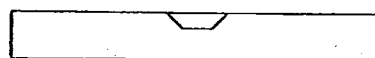
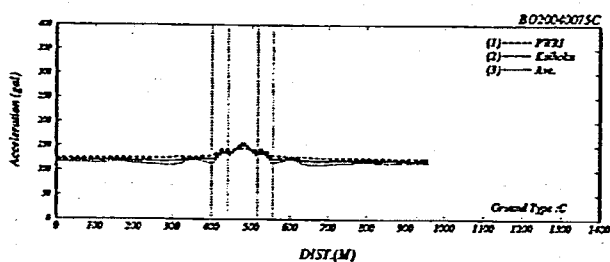
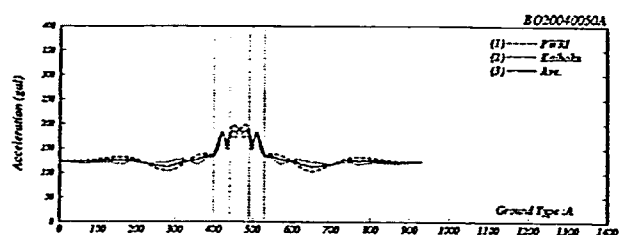
付図 1.1.16 KB40080600



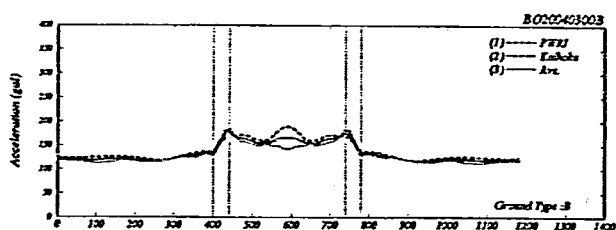
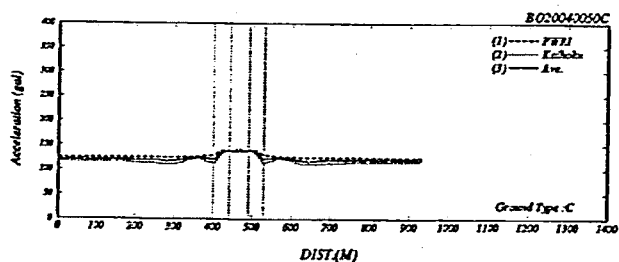
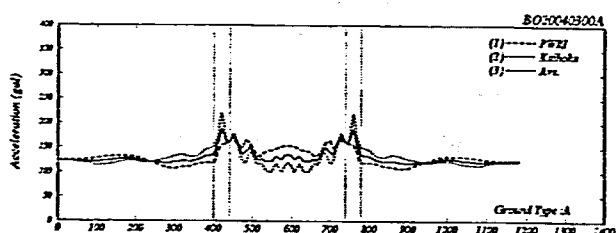
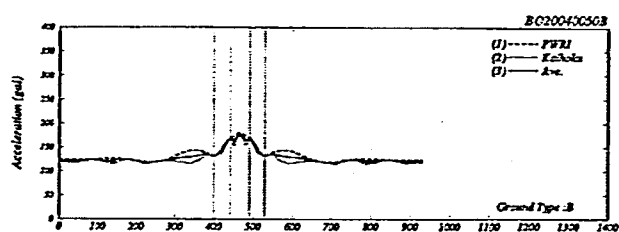
付図 1.1.17 KB40080080



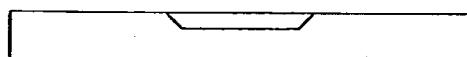
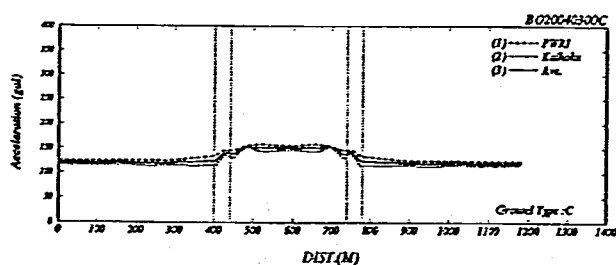
付図 1.2.1 BO10020050



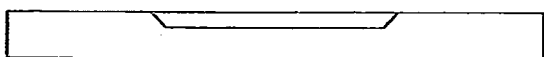
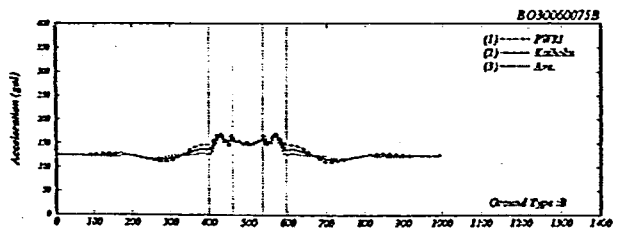
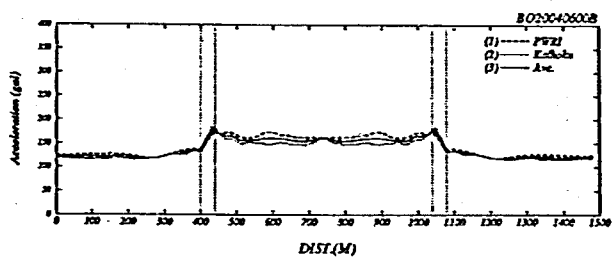
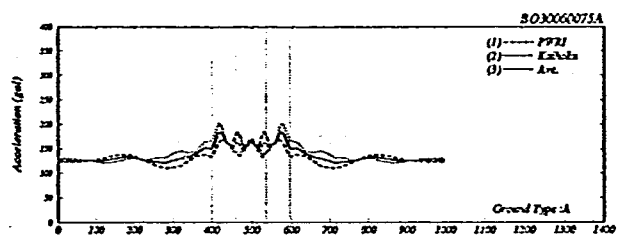
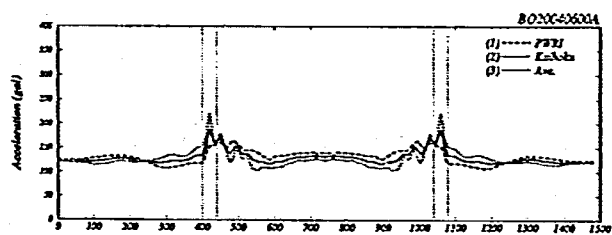
付図 1.2.3 BO20040075



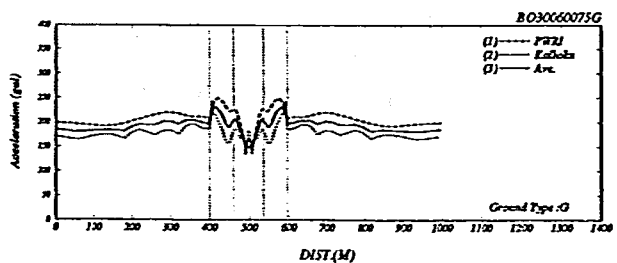
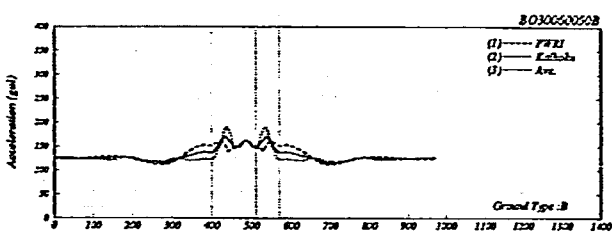
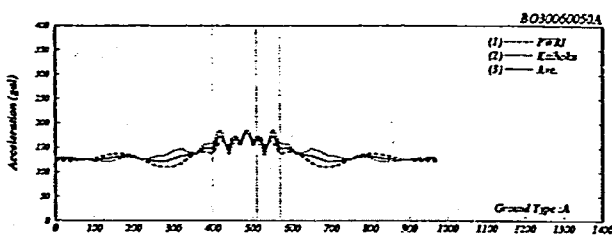
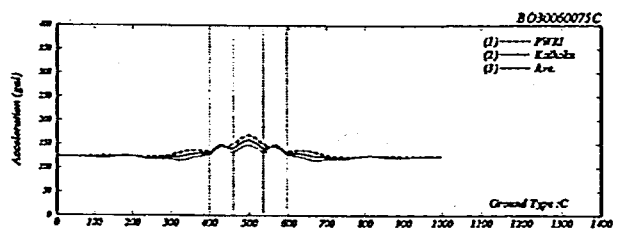
付図 1.2.2 BO20040050



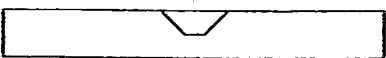
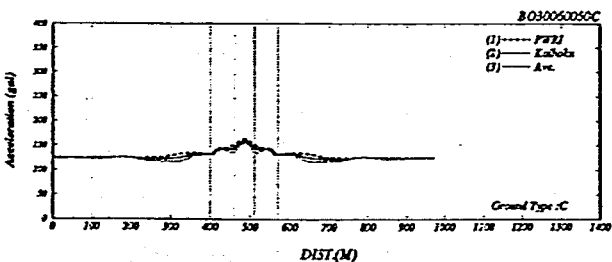
付図 1.2.4 BO20040300



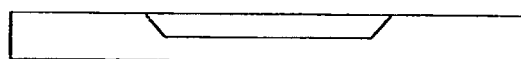
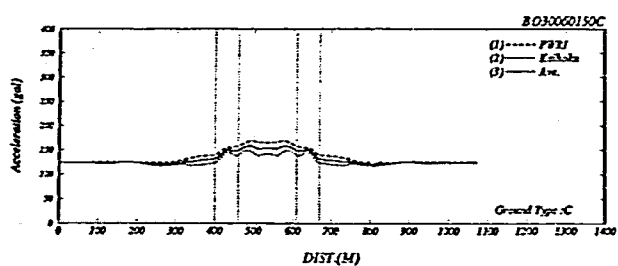
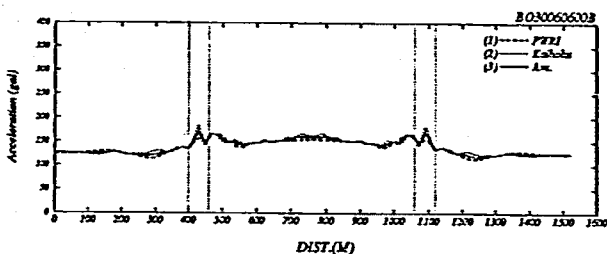
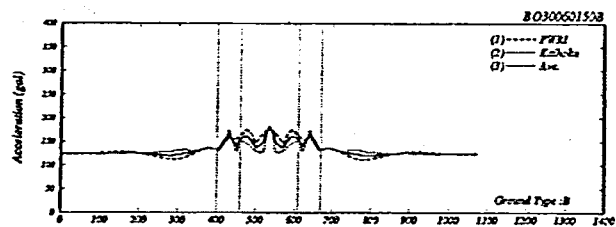
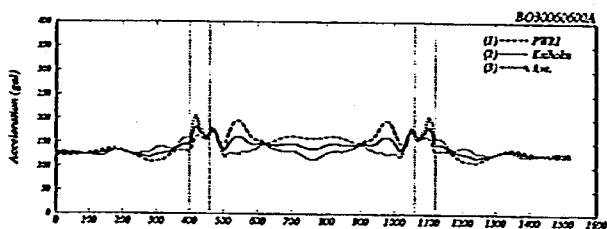
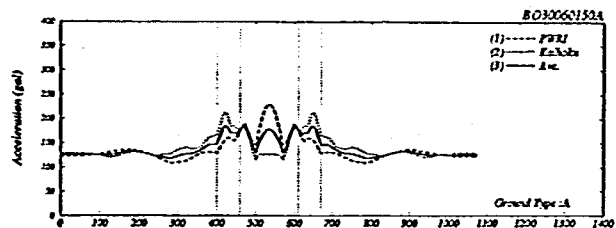
付図 1.2.5 BO20040600



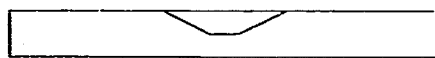
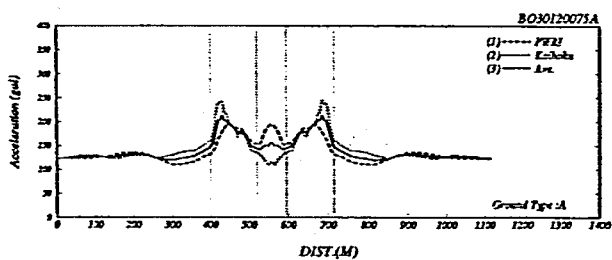
付図 1.2.7 BO30060075



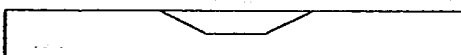
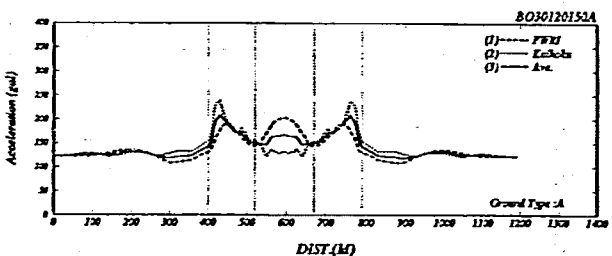
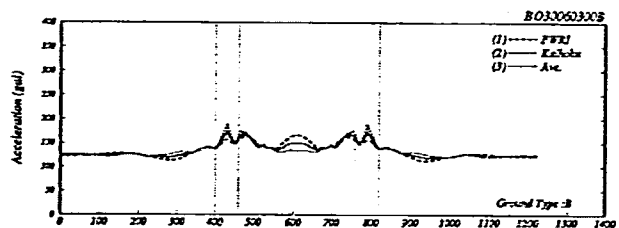
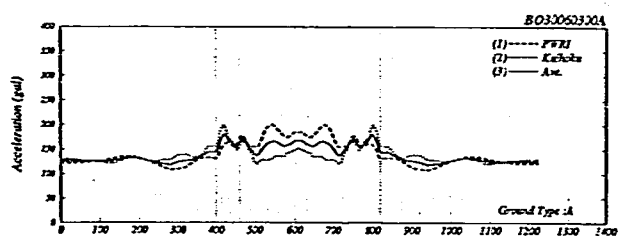
付図 1.2.6 BO30060050



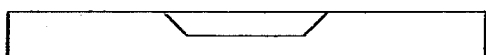
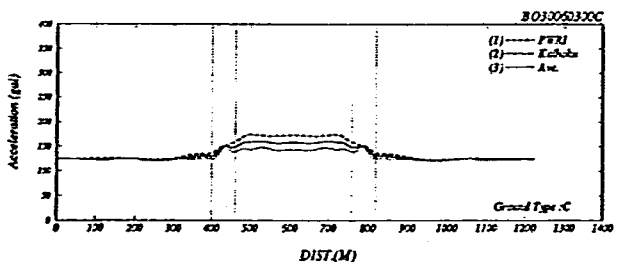
付図 1.2.10 BO30060600



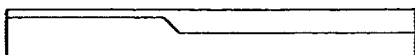
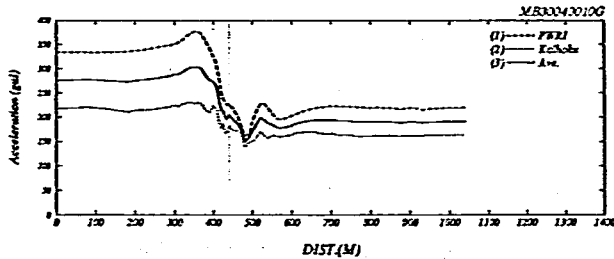
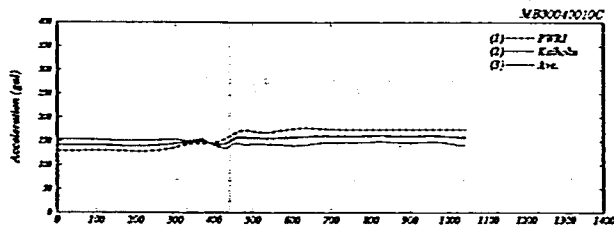
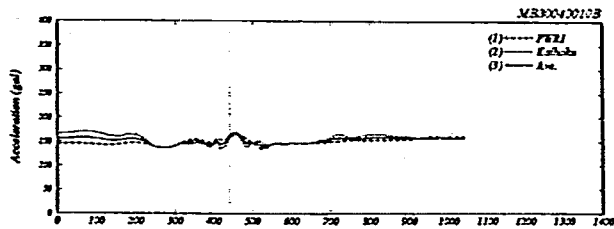
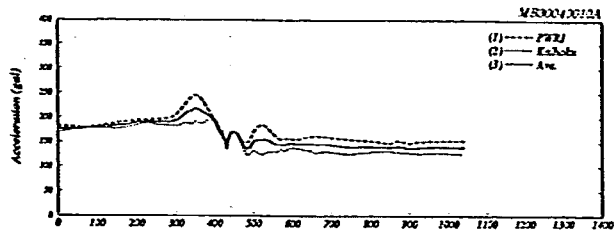
付図 1.2.11 BO30120075



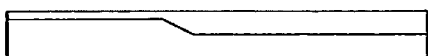
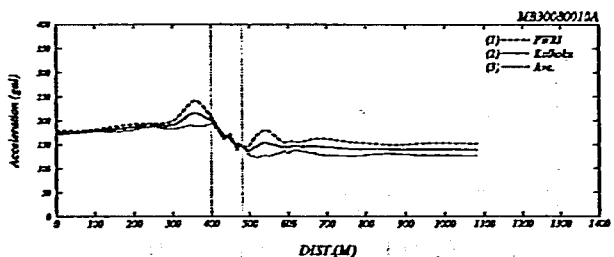
付図 1.2.12 BO30120150



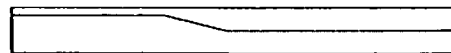
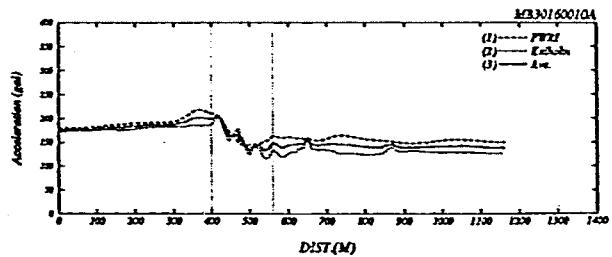
付図 1.2.9 BO30060300



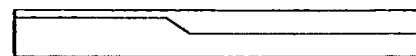
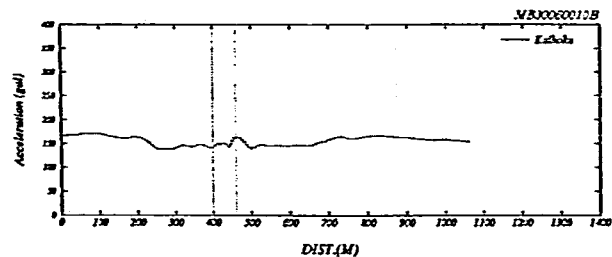
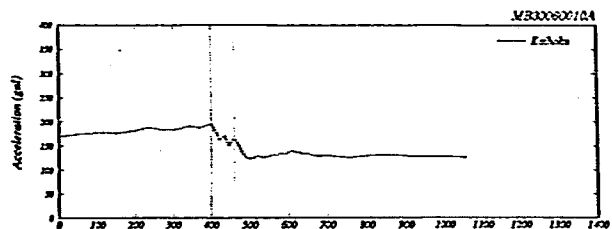
付図 1.3.1 MB3004001G



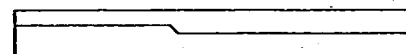
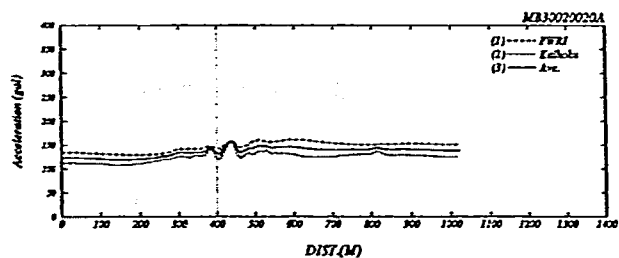
付図 1.3.2 MB3008001A



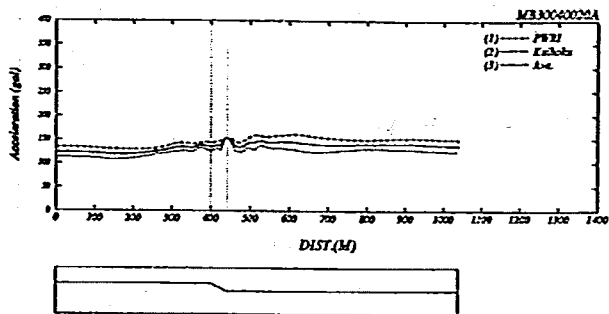
付図 1.3.3 MB3016001A



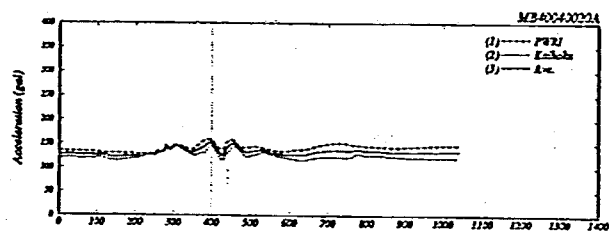
付図 1.3.4 MB3006001B



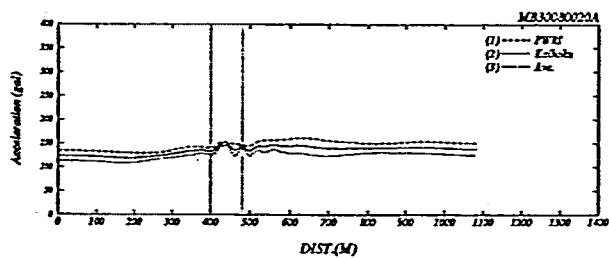
付図 1.3.5 MB3002002A



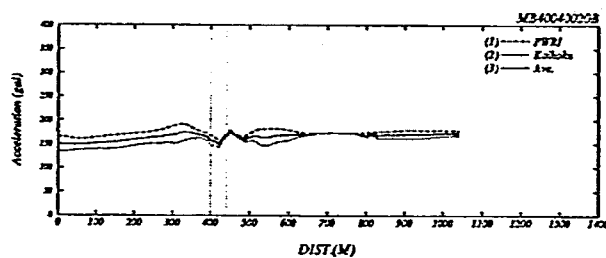
付図 1.3.6 MB30040020



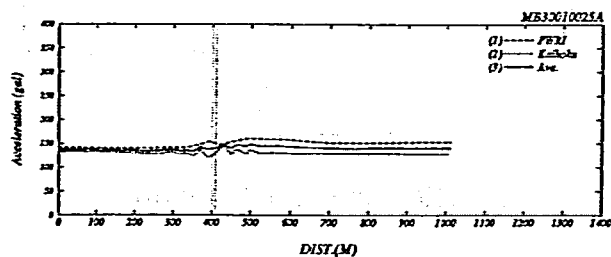
付図 1.3.10 MB40040020



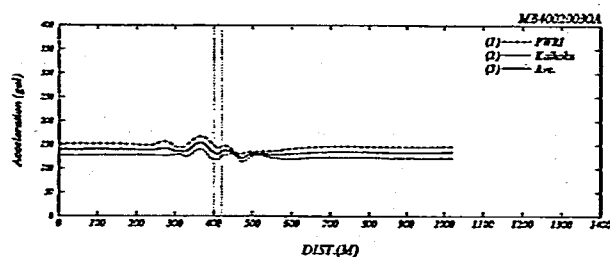
付図 1.3.7 MB30080020



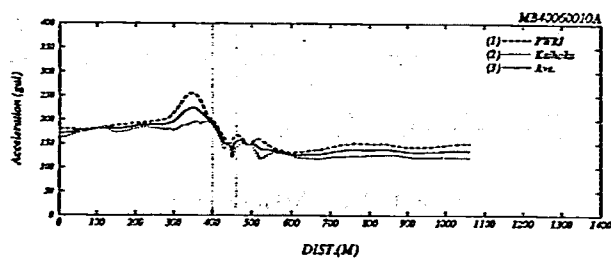
付図 1.3.11 MB40020030



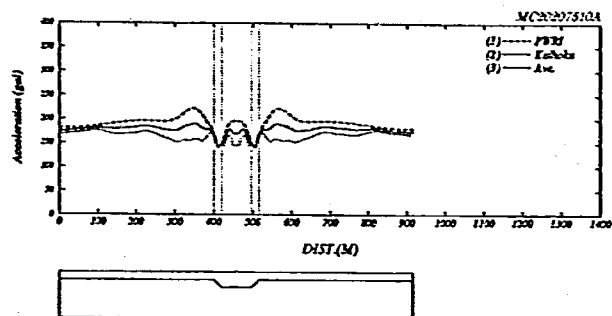
付図 1.3.8 MB30010025



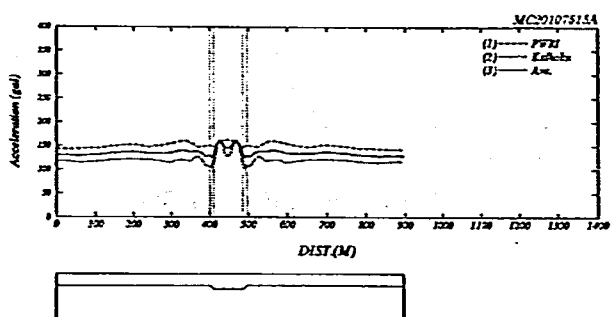
付図 1.3.12 MB40010035



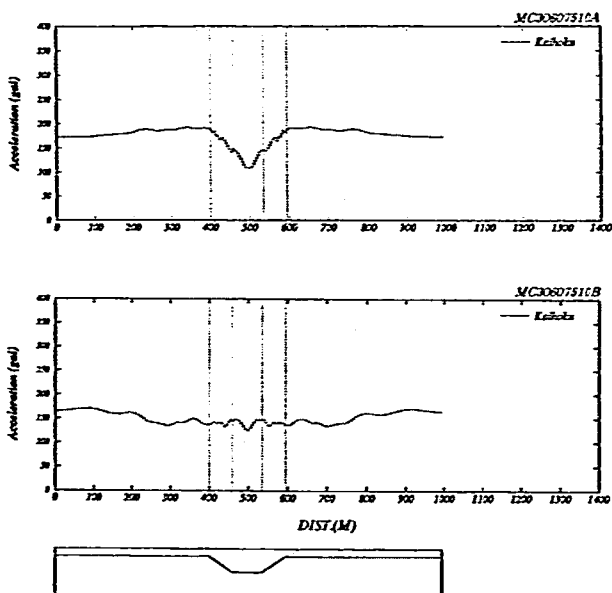
付図 1.3.9 MB40060010



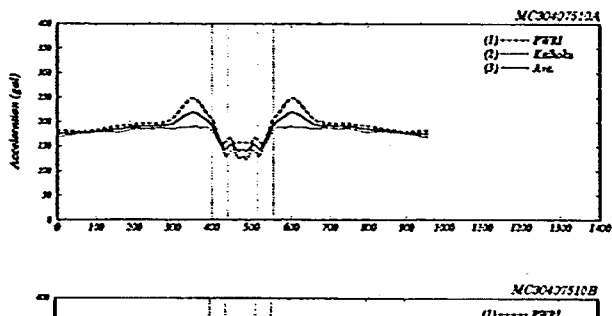
付図 1.4.1 MC20207510



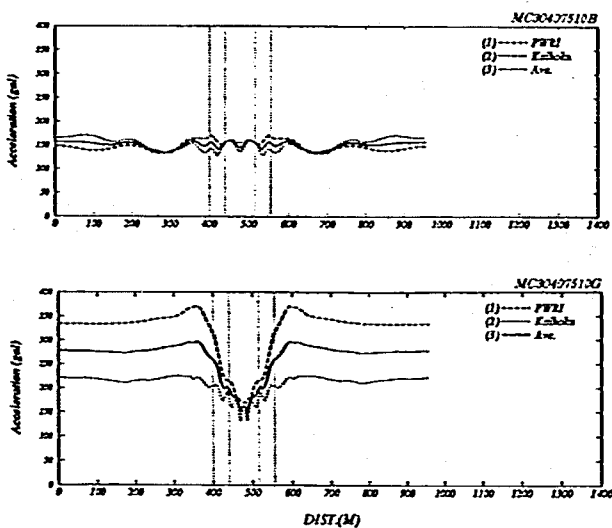
付図 1.4.2 MC20107515



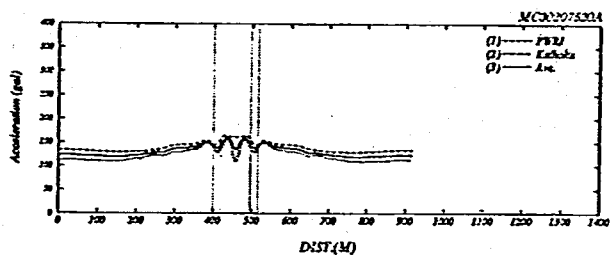
付図 1.4.3 MC30607510



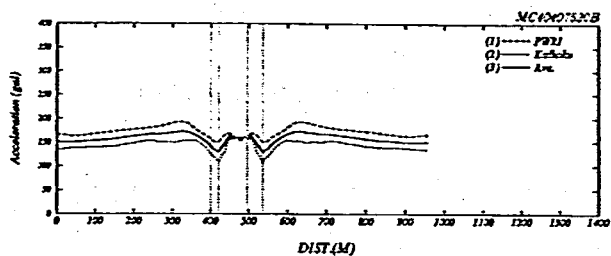
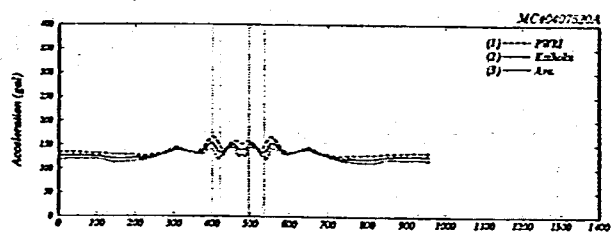
付図 1.4.4 MC30407510



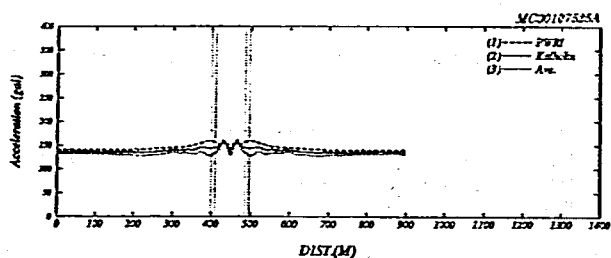
付図 1.4.5 MC304015010



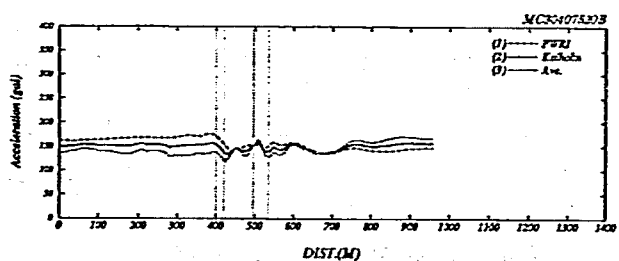
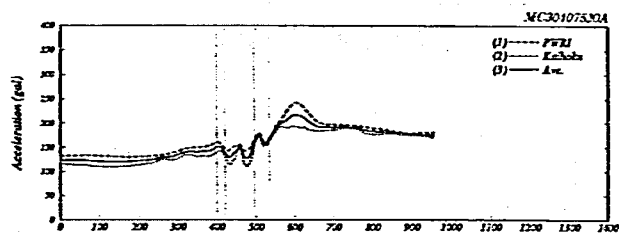
付図 1.4.6 MC30207520



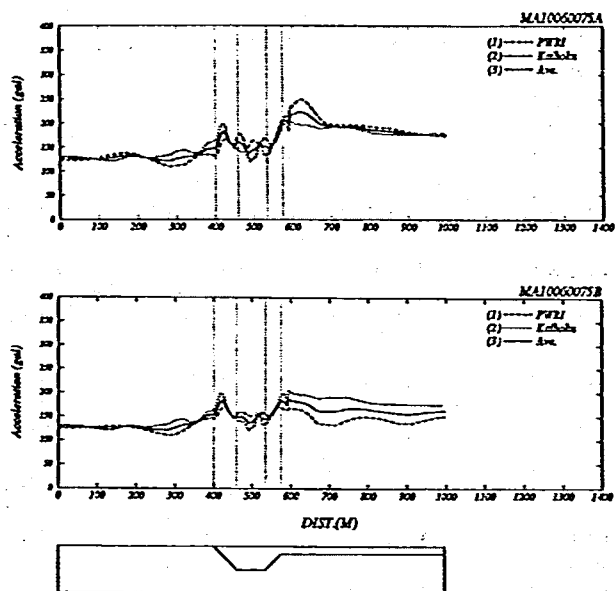
付図 1.4.9 MC40407520



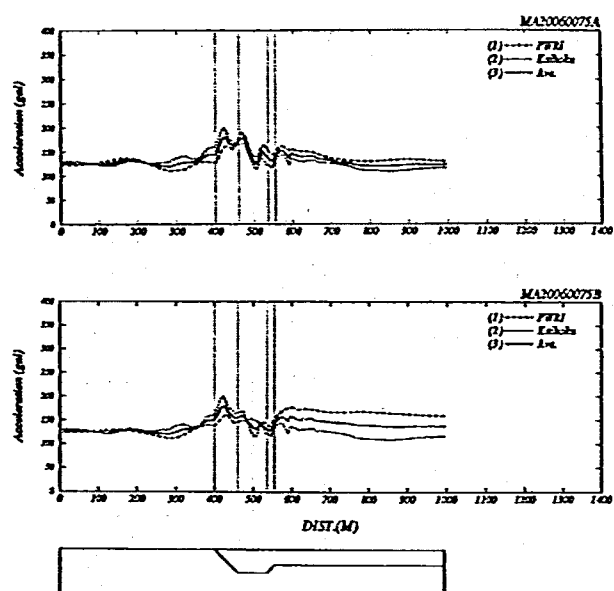
付図 1.4.7 MC30107525



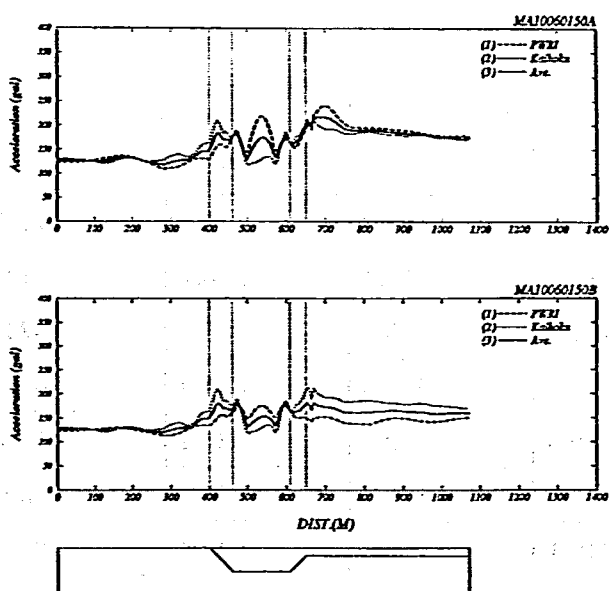
付図 1.4.8 MC30407520



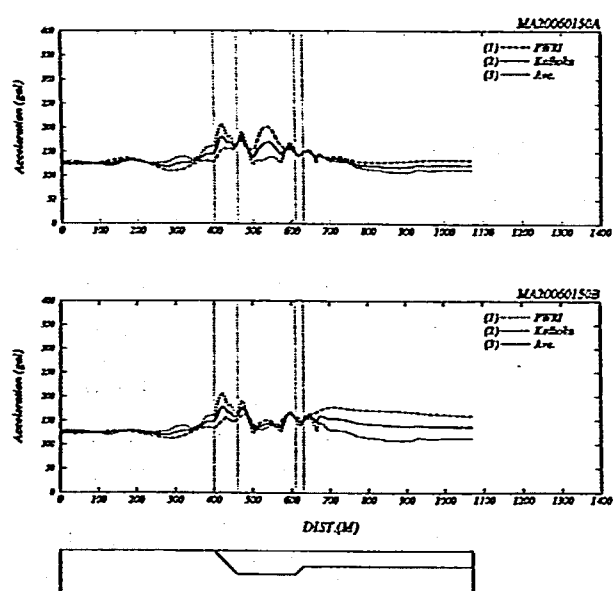
付図 1.5.1 MA10060075



付図 1.5.3 MA20060075



付図 1.5.2 MA10060150



付図 1.5.4 MA20060150

付表 1.1 一次元地震応答解析結果による層厚 60m のモデルにおける地表面最大加速度 (単位: gal)

Ac 層厚 [m]	物性 A		物性 B		物性 C	
	土研波	開北波	土研波	開北波	土研波	開北波
0	143.2	142.5	143.2	142.5	143.2	142.5
5	169.8	211.1	172.3	214.0	152.4	178.0
10	207.5	215.2	167.5	166.7	152.9	158.6
15	163.5	178.5	211.4	210.6	158.6	144.8
20	158.3	169.7	186.8	170.3	182.0	169.6
25	156.2	184.0	174.1	162.6	194.5	170.7
30	152.6	170.7	172.3	185.7	202.6	175.0
35	155.6	147.9	176.4	198.6	—	—
40	143.5	154.5	188.4	194.4	—	—

Ac 層厚 [m]	物性 D		物性 E		物性 F	
	土研波	開北波	土研波	開北波	土研波	開北波
0	143.2	142.5	97.1	87.4	211.5	171.3
5	170.0	246.6	115.2	115.4	256.1	371.0
10	207.8	201.2	137.9	128.0	288.5	232.3
15	195.5	170.0	133.0	117.8	351.3	267.6
20	172.3	184.8	129.5	122.2	323.4	258.1
25	167.0	177.2	123.9	120.0	264.3	265.8
30	178.8	201.7	119.1	122.9	241.2	235.4

Ac 層厚 [m]	物性 G	
	土研波	開北波
0	211.5	171.3
5	289.6	297.5
10	380.9	288.2
15	292.5	230.4
20	230.6	198.8
25	256.9	207.8
30	228.7	216.3

付表 1.2 一次元地震応答解析結果による層厚 80m のモデルにおける地表面最大加速度 (単位: gal)

Ac 層厚 [m]	物性 A	
	土研波	開北波
0	105.5	132.7
5	136.5	193.6
10	205.2	181.7
15	145.3	169.4
20	147.2	169.8
25	136.5	120.9
30	130.4	117.6
35	125.9	107.4
40	133.5	114.4

付表 1.3 一次元地震応答解析結果による層厚 100m のモデルにおける地表面最大加速度 (単位: gal)

Ac 層厚 [m]	物性 A	
	土研波	開北波
0	105.5	132.9
5	136.5	193.6
10	205.2	181.5
15	145.4	169.1
20	147.2	170.7

付表 1.4 一次元地震応答解析結果による層厚 200m のモデルにおける地表面最大加速度 (単位: gal)

Ac 層厚 [m]	物性 A	
	土研波	開北波
0	126.5	109.3
5	159.7	186.7
10	196.1	189.9
15	150.7	153.9
20	139.9	160.3

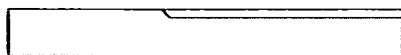
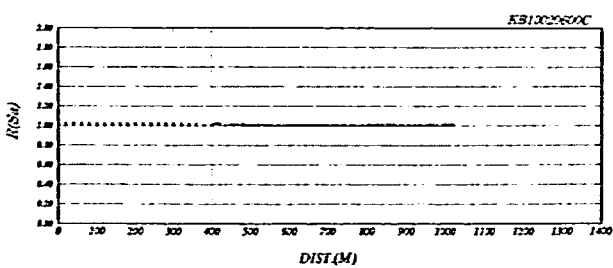
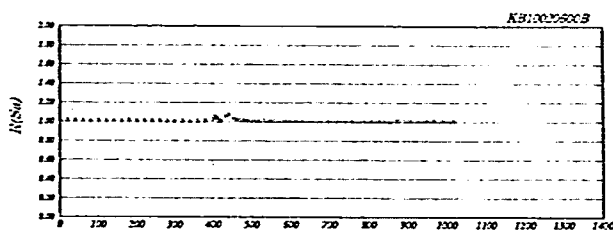
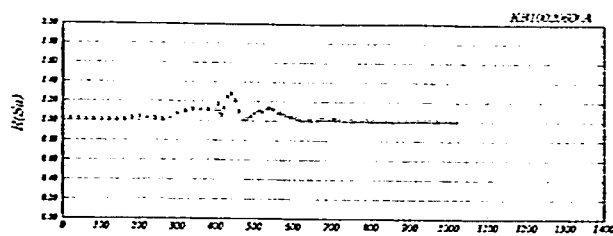
付属資料 2 $R(Sa)$ の分布

- ・ 付図 2.1.1～17 片側傾斜基盤
- ・ 付図 2.2.1～12 両側傾斜基盤
- ・ 付図 2.3.1～11 埋没片側傾斜基盤
- ・ 付図 2.4.1～8 埋没両側傾斜基盤
- ・ 付図 2.5.1～4 半埋没両側傾斜基盤

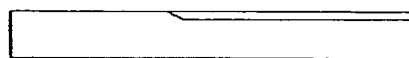
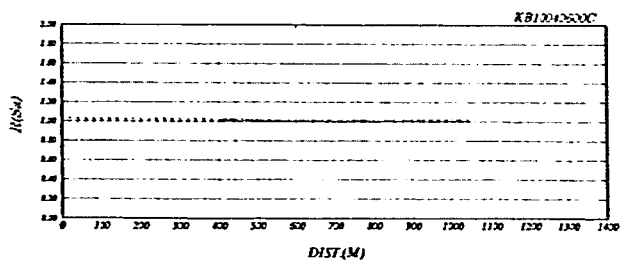
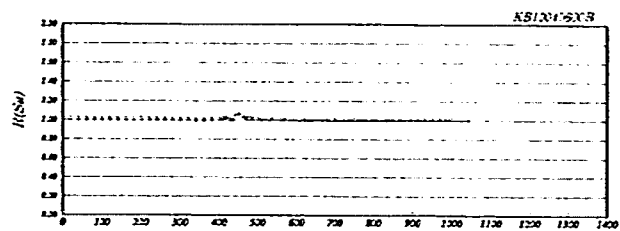
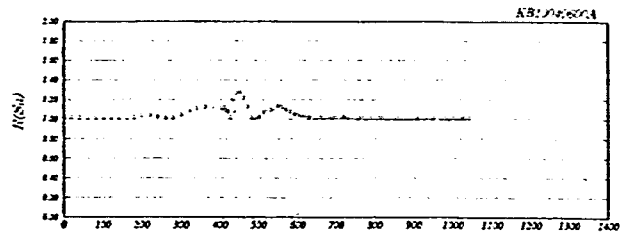




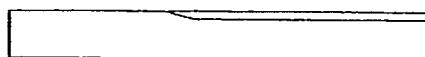
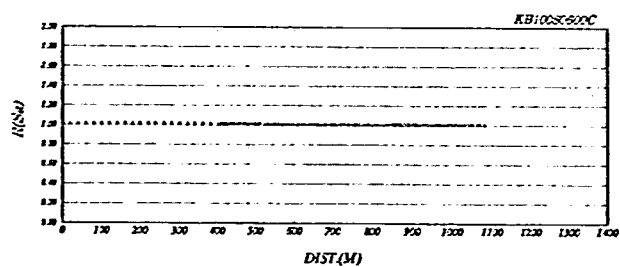
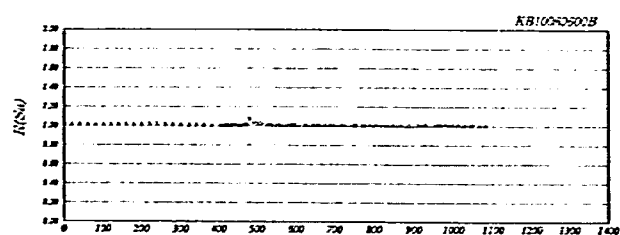
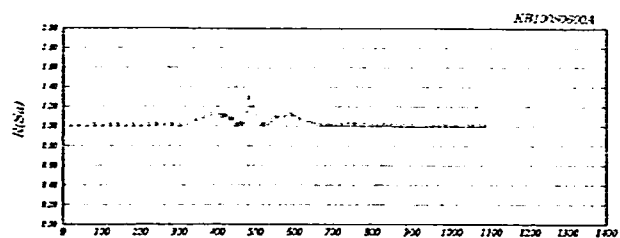
付図 2. 1. 1 KA30005600



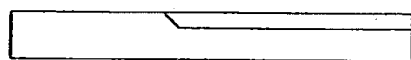
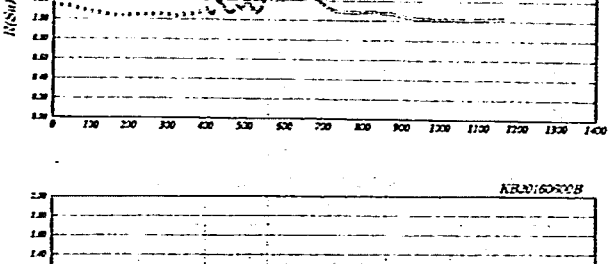
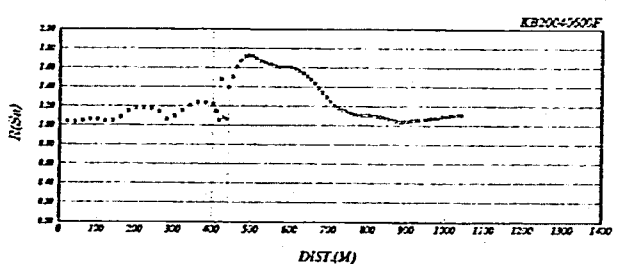
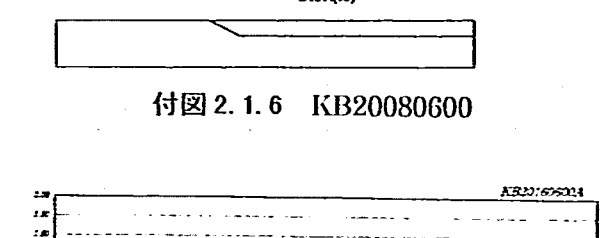
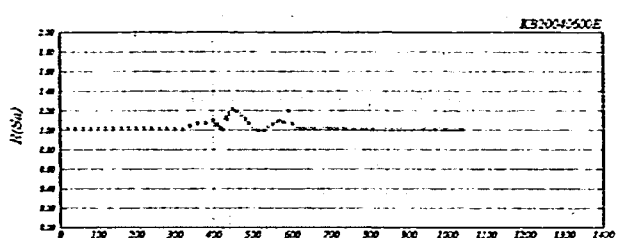
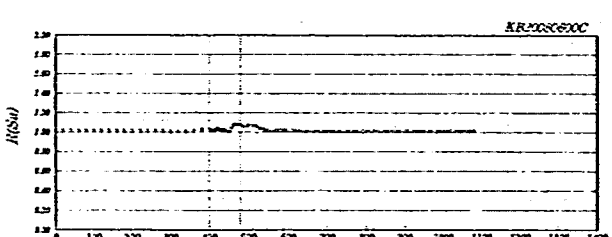
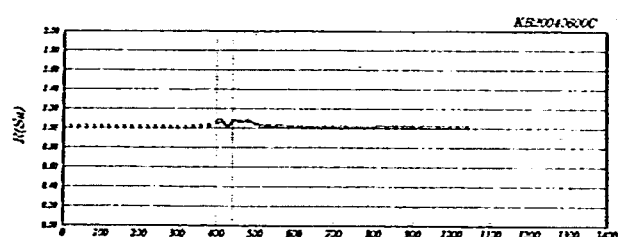
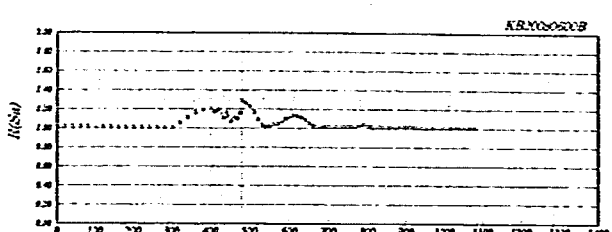
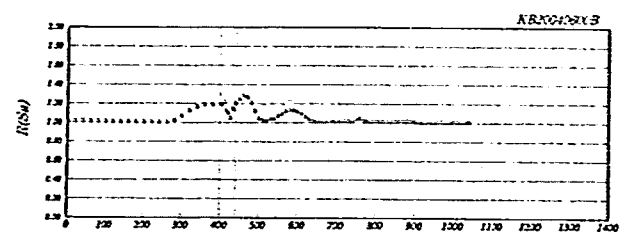
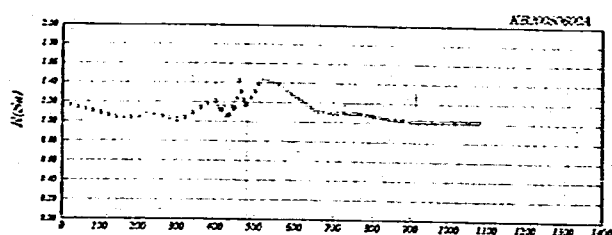
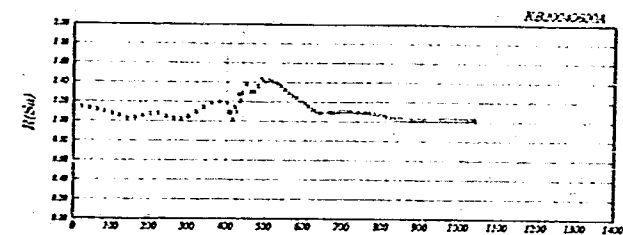
付図 2. 1. 2 KB10020600



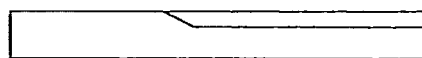
付図 2. 1. 3 KB10040600



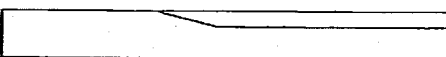
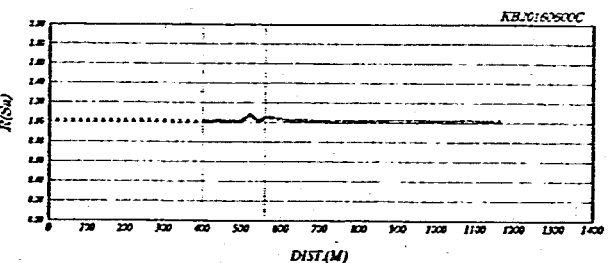
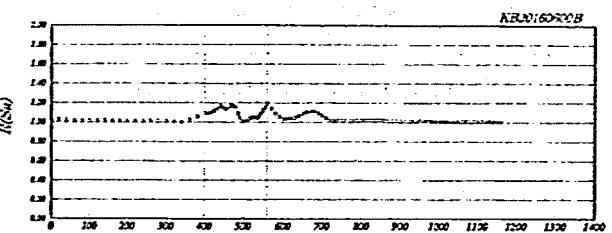
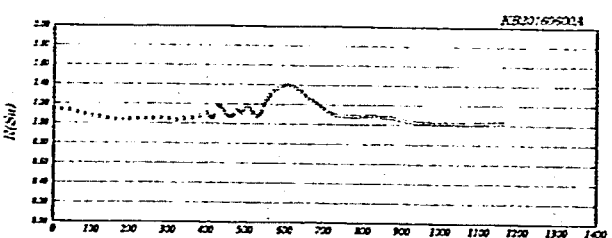
付図 2. 1. 4 KB10080600



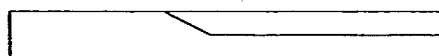
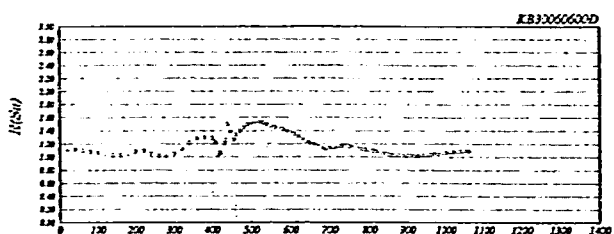
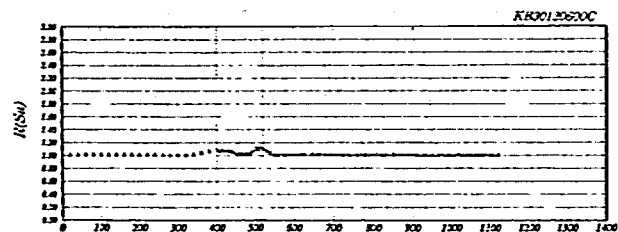
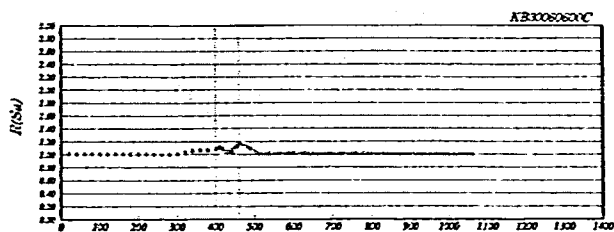
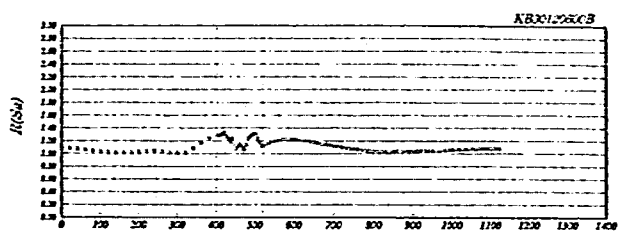
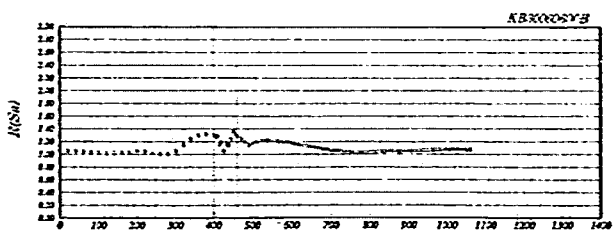
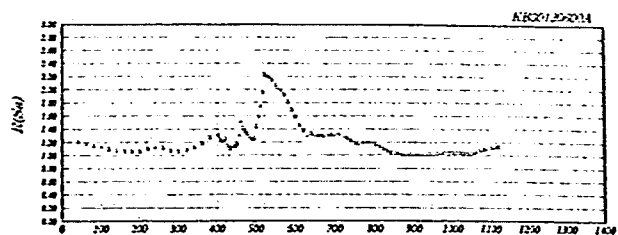
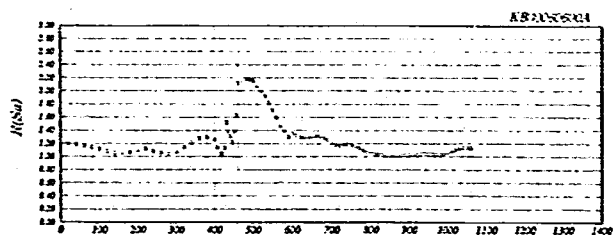
付図 2.1.5 KB20040600



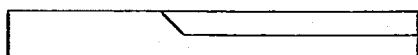
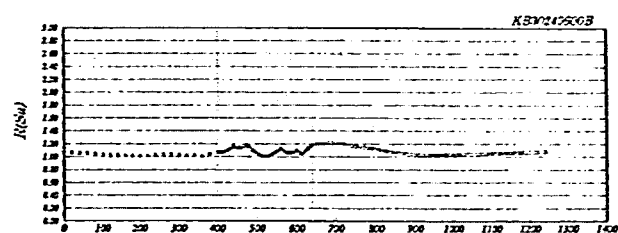
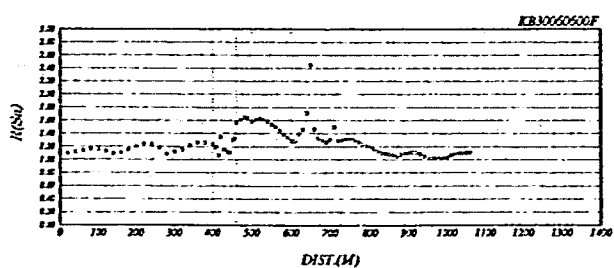
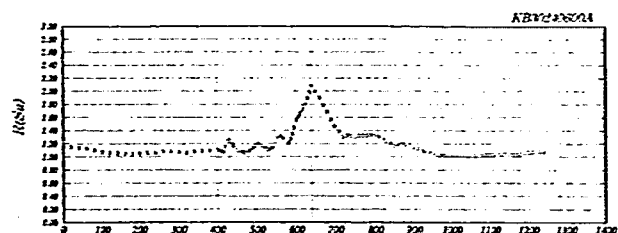
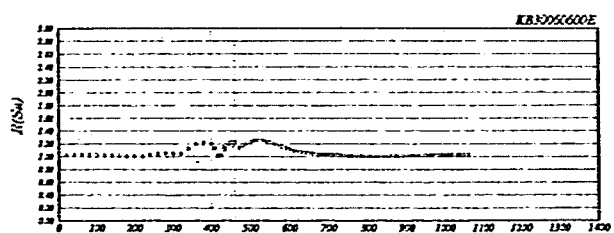
付図 2.1.6 KB20080600



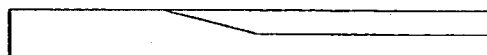
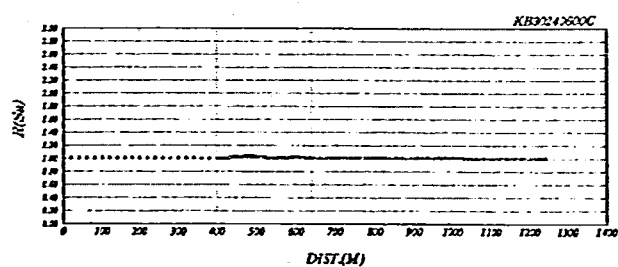
付図 2.1.7 KB20160600



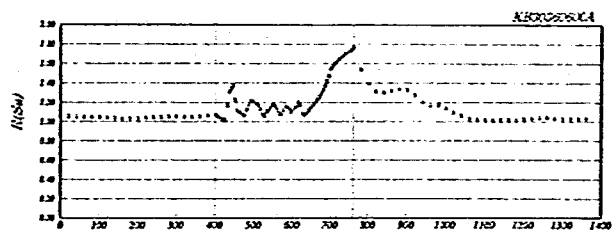
付図 2.1.9 KB30120600



付図 2.1.8 KB30060600



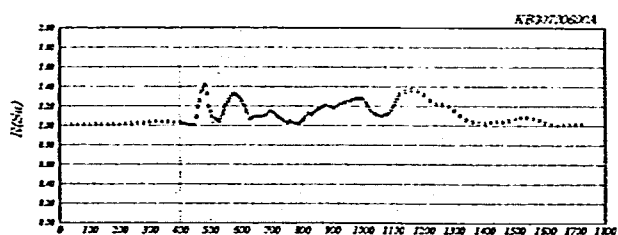
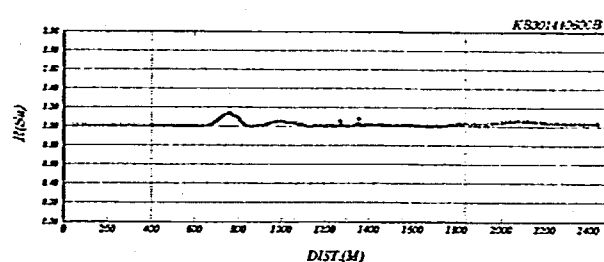
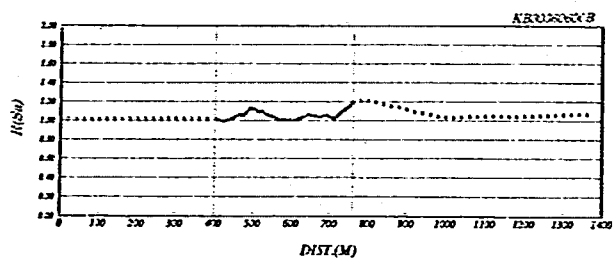
付図 2.1.10 KB30240600



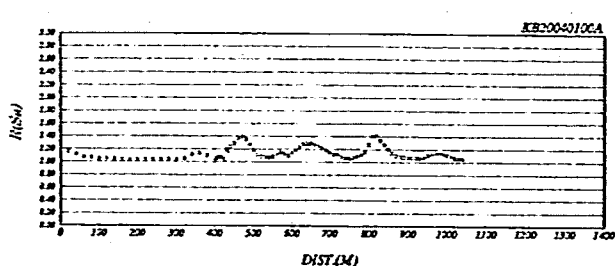
付図 2. 1. 11 KB30360600



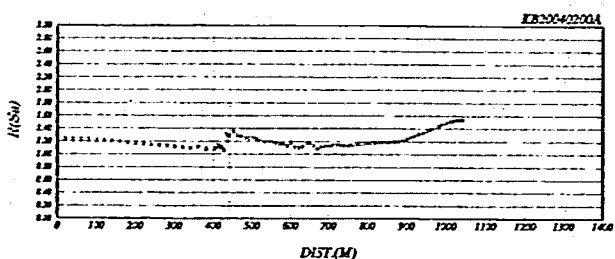
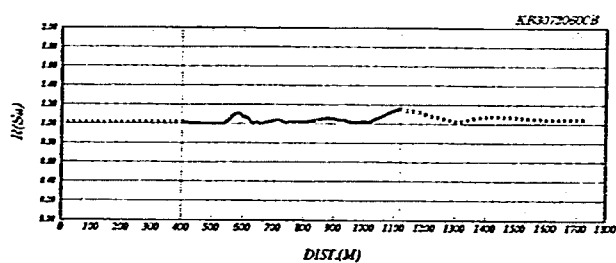
付図 2. 1. 13 KB301440600



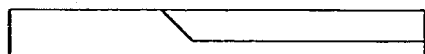
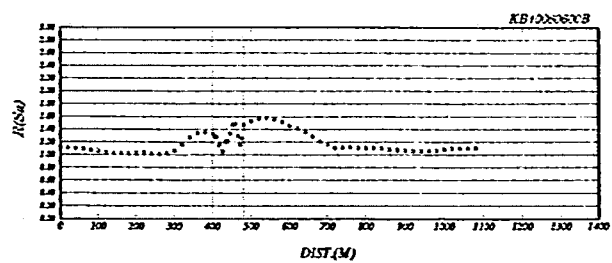
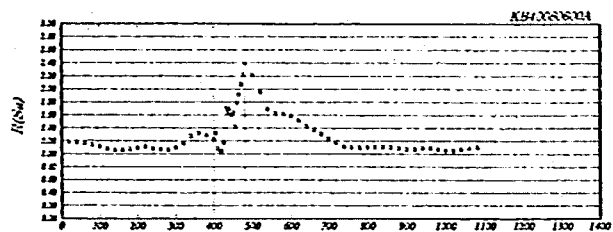
付図 2. 1. 12 KB30720600



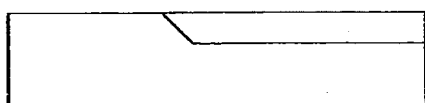
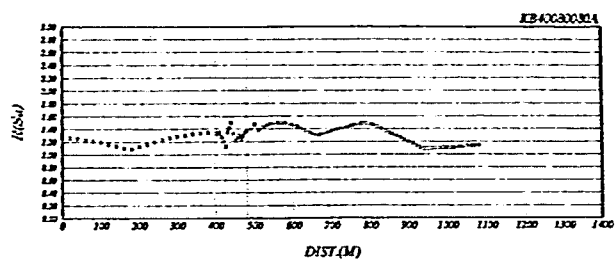
付図 2. 1. 14 KB20040100



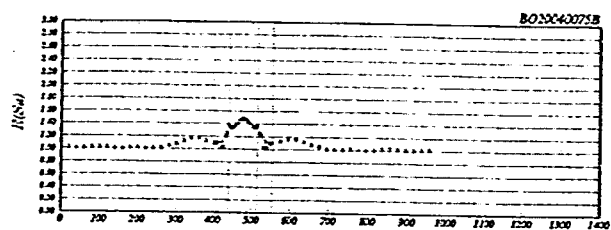
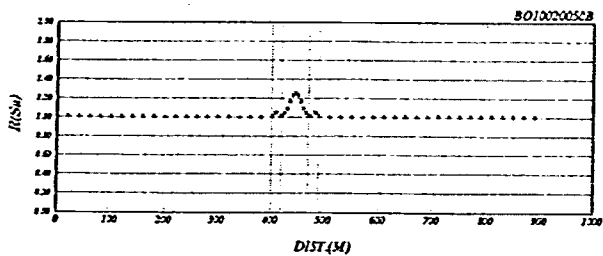
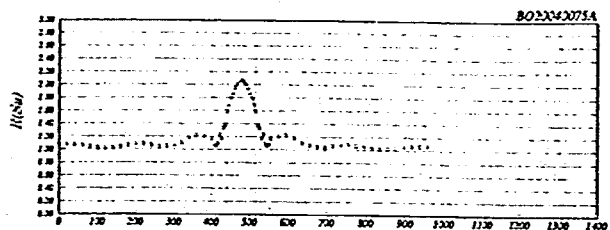
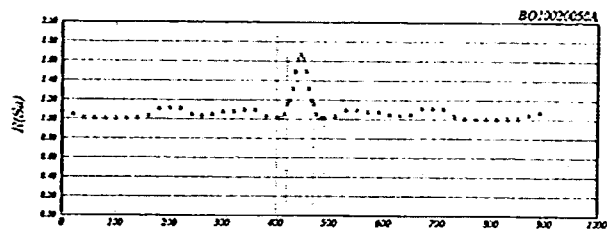
付図 2. 1. 15 KB20040200



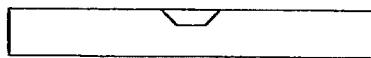
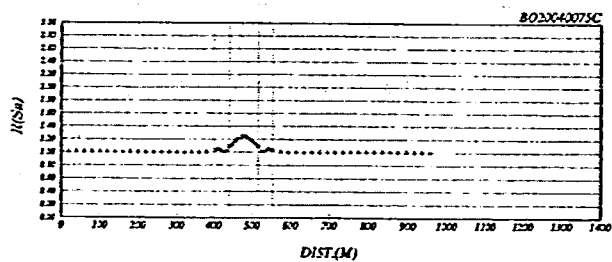
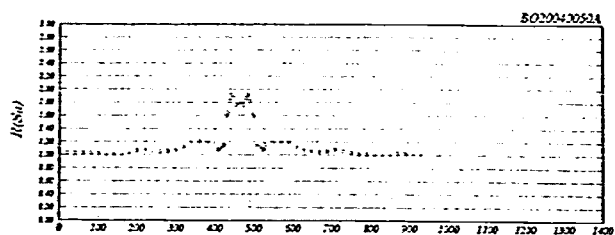
付図 2. 1. 16 KB40080600



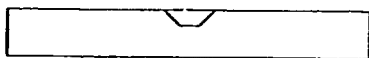
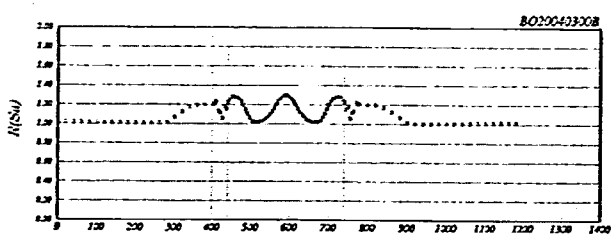
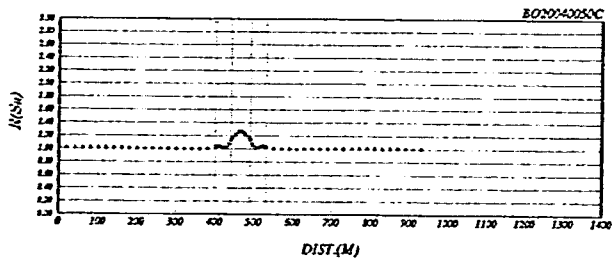
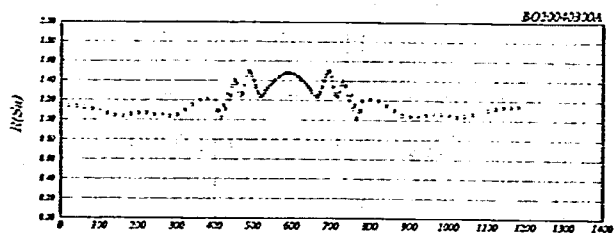
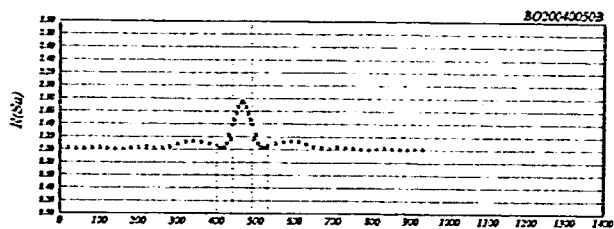
付図 2. 1. 17 KB40080080



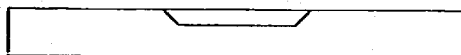
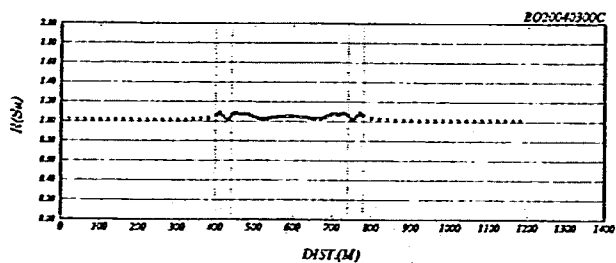
付図 2.2.1 BO10020050



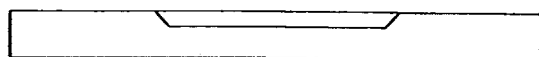
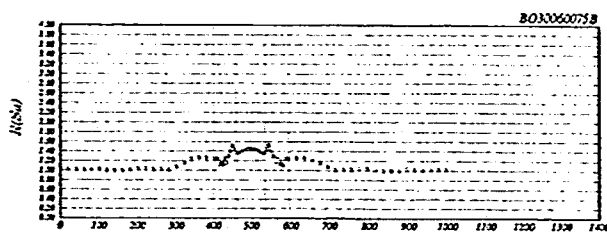
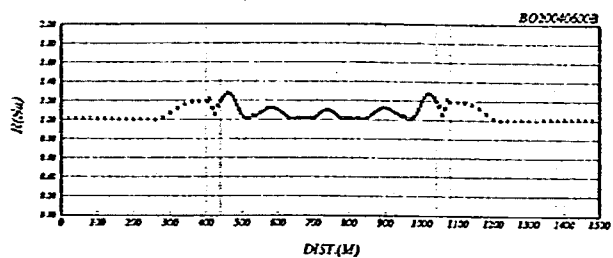
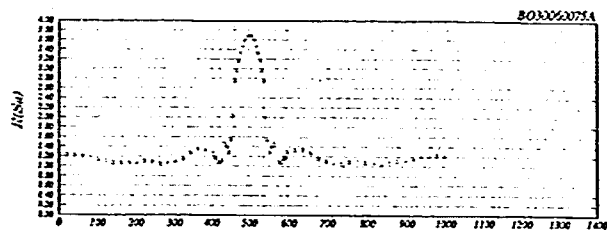
付図 2.2.3 BO20040075



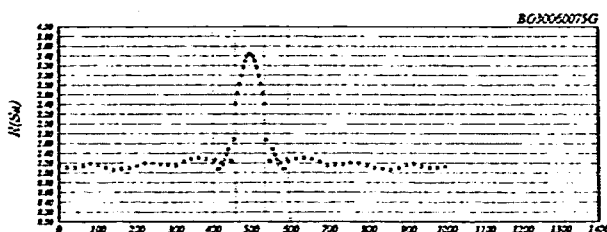
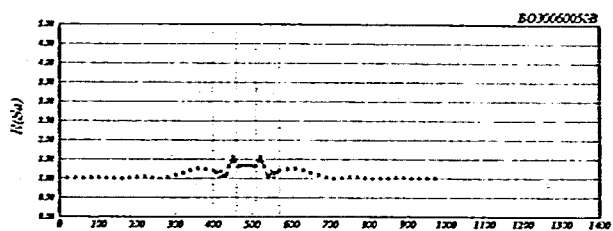
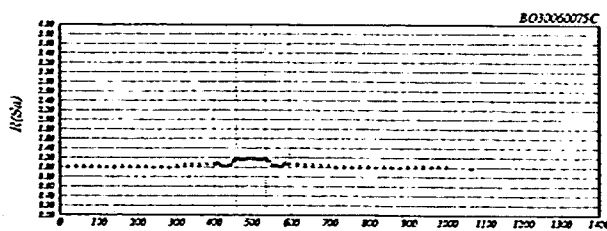
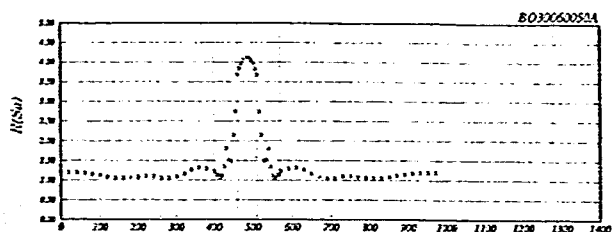
付図 2.2.2 BO20040050



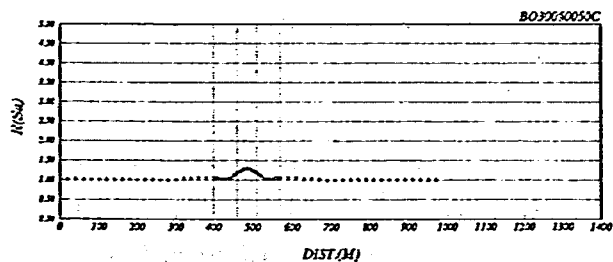
付図 2.2.4 BO20040075



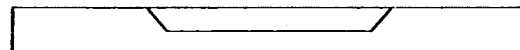
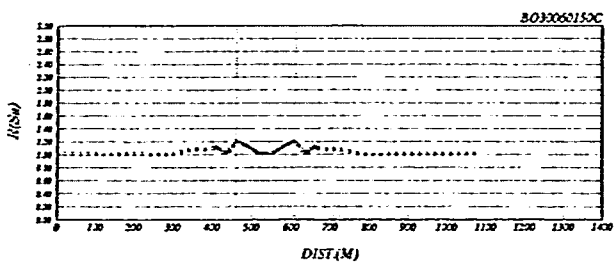
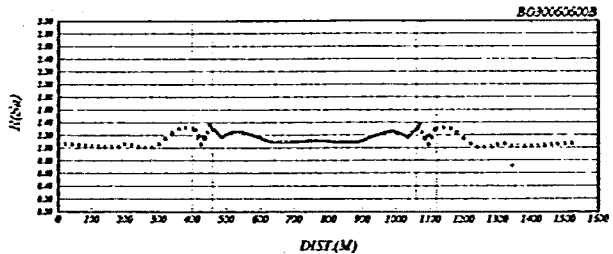
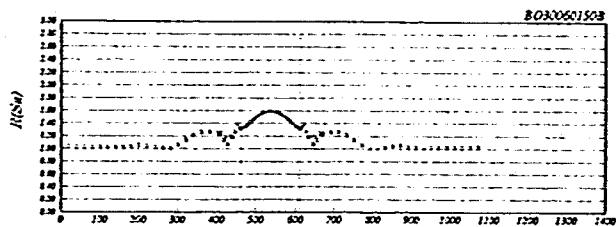
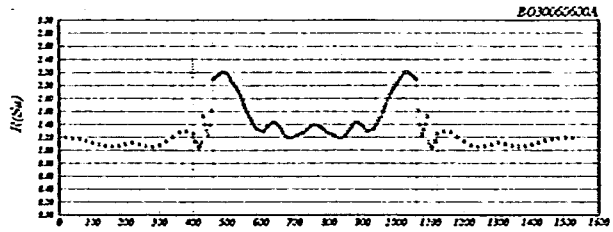
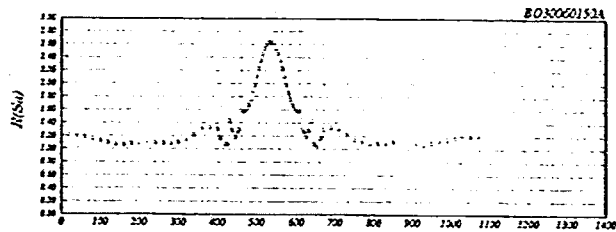
付図 2.2.5 BO20040600



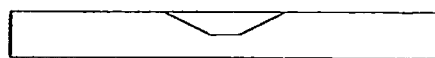
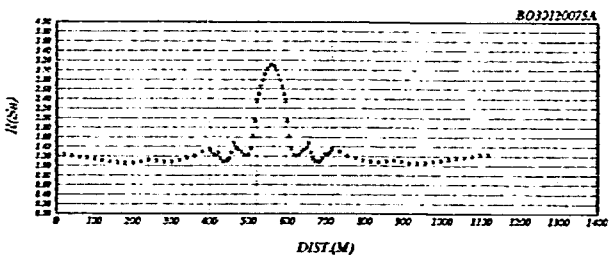
付図 2.2.7 BO30060075



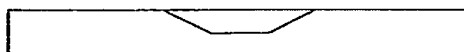
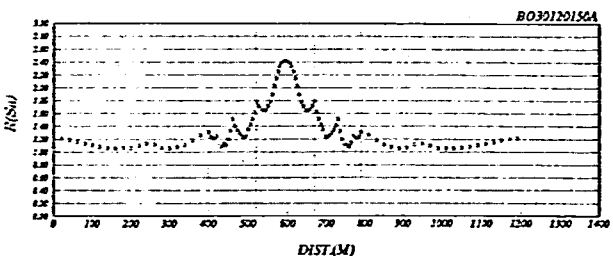
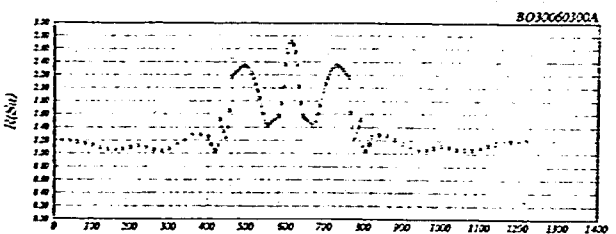
付図 2.2.6 BO30060050



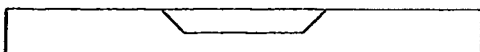
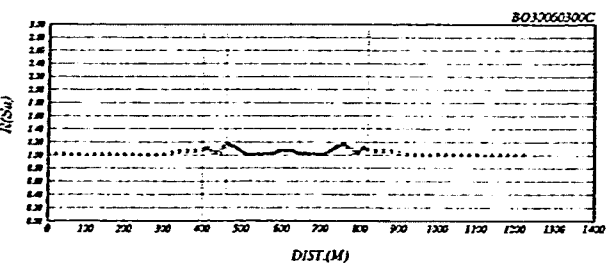
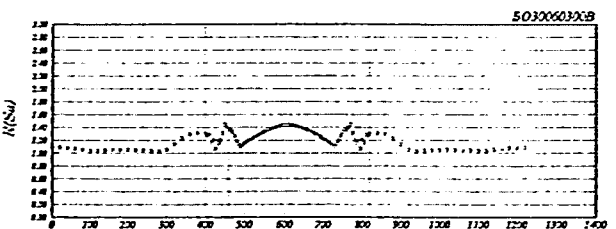
付図 2.2.10 BO30060600



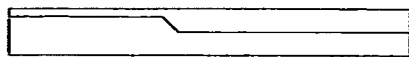
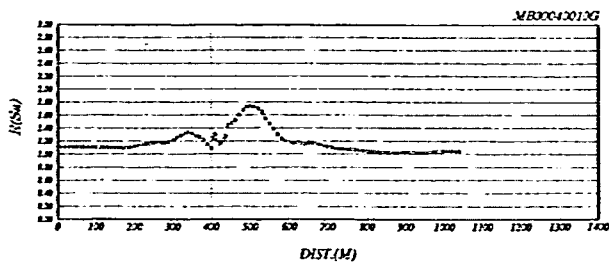
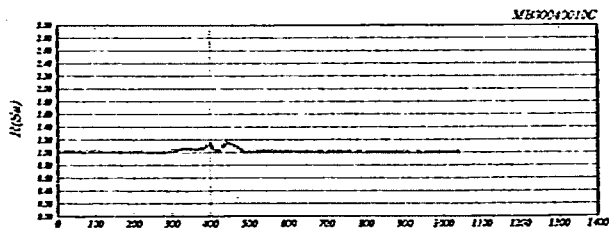
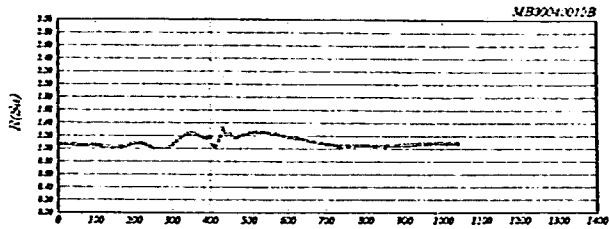
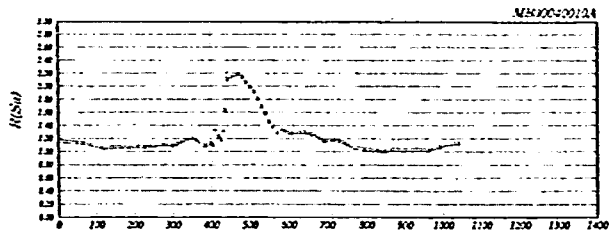
付図 2.2.11 BO30120075



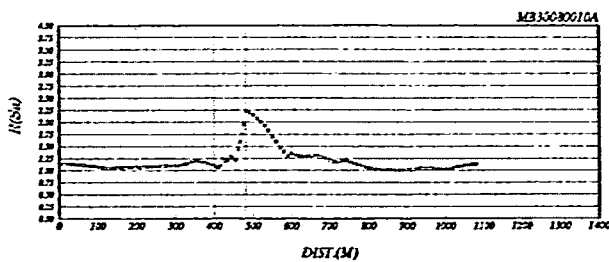
付図 2.2.12 BO30120150



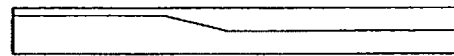
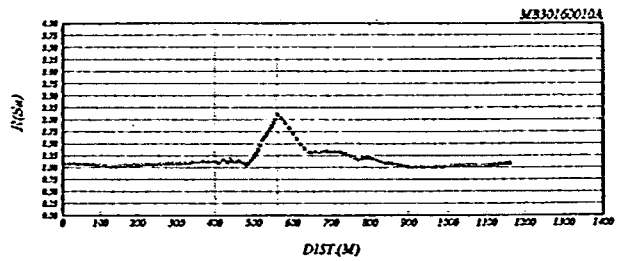
付図 2.2.9 BO30060300



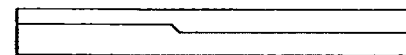
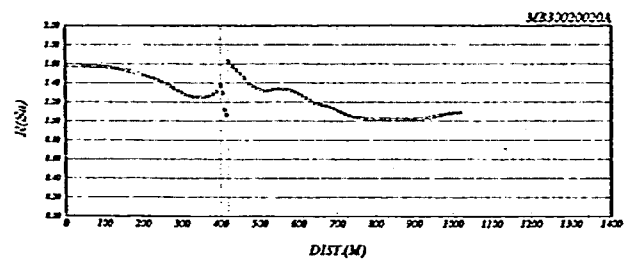
付図 2. 3. 1 MB30040010



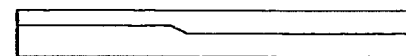
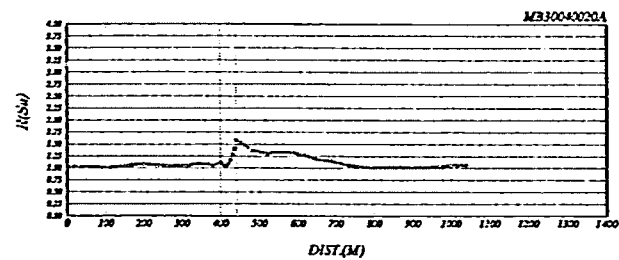
付図 2. 3. 2 MB30080010



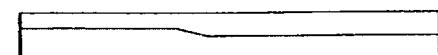
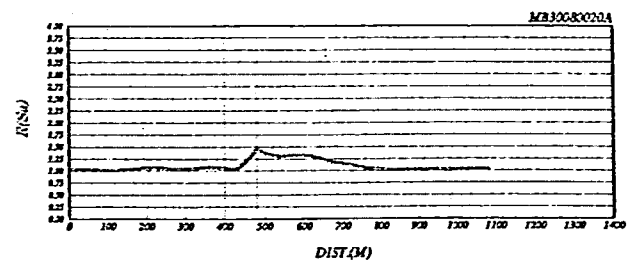
付図 2. 3. 3 MB30160010



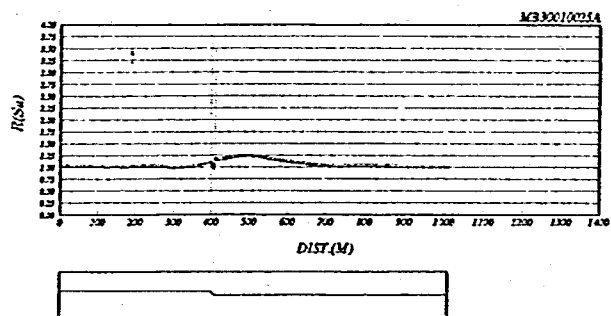
付図 2. 3. 4 MB30020020



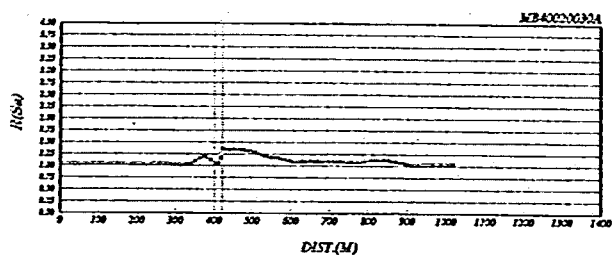
付図 2. 3. 5 MB30040020



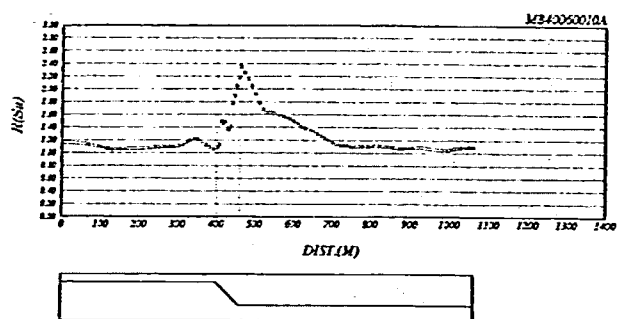
付図 2. 3. 6 MB30080020



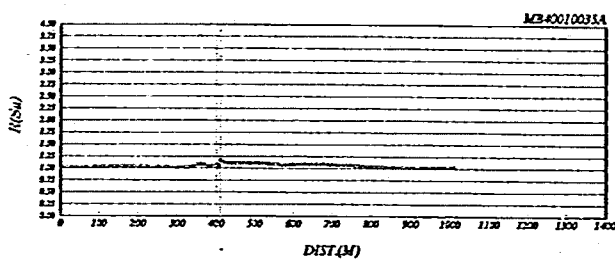
付図 2.3.7 MB30010025



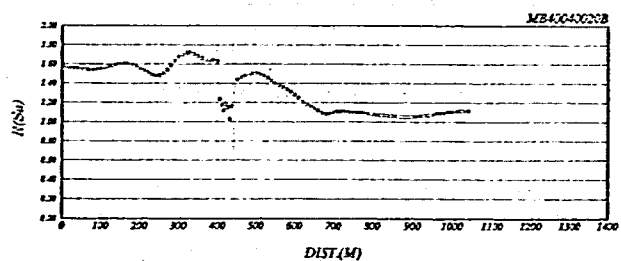
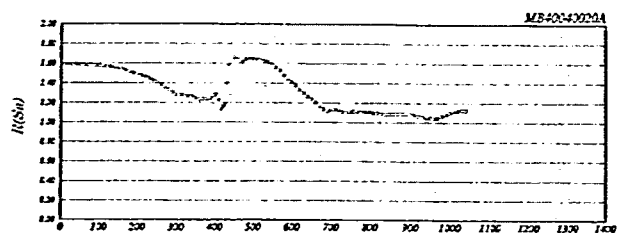
付図 2.3.10 MB40020030



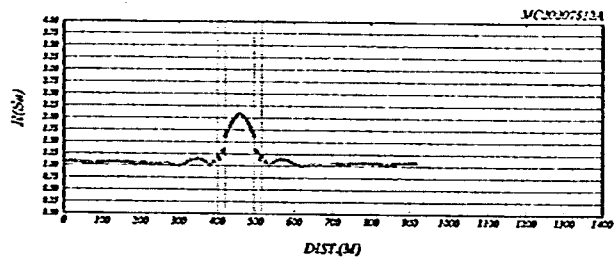
付図 2.3.8 MB40060010



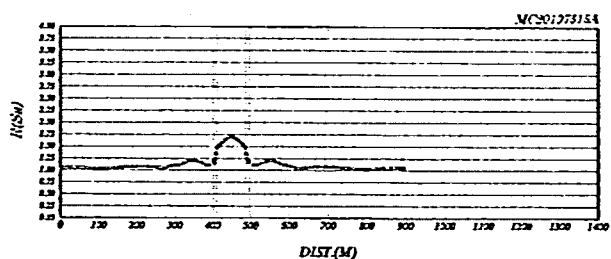
付図 2.3.11 MB40010035



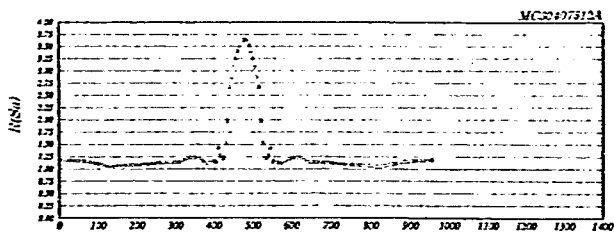
付図 2.3.9 MB40040020



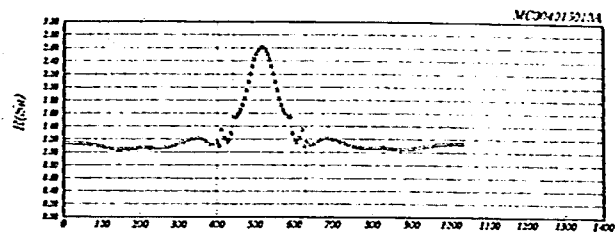
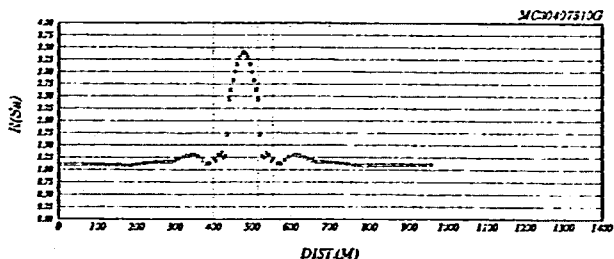
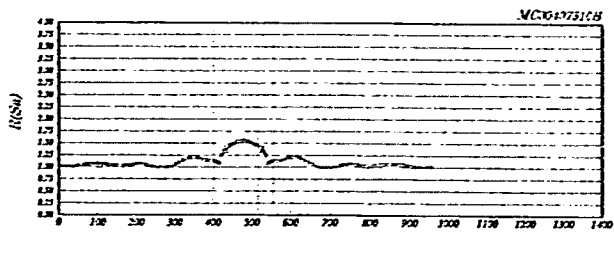
付図 2.4.1 MC20207510



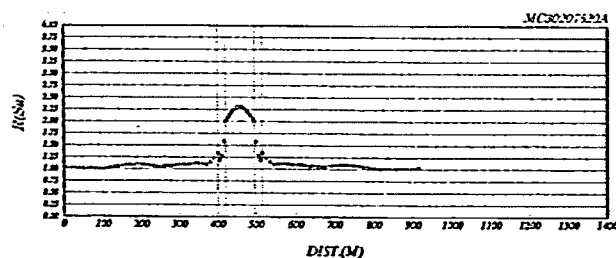
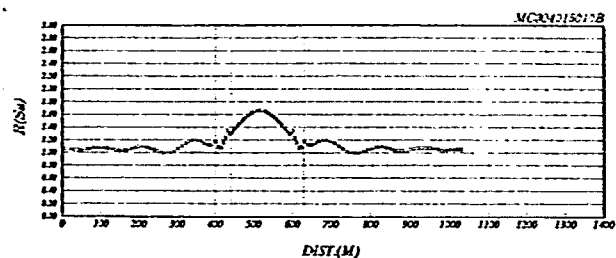
付図 2.4.2 MC20107515



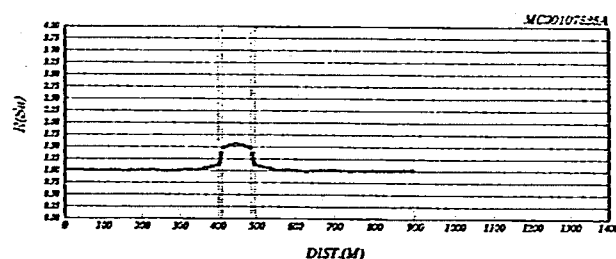
付図 2.4.3 MC30407510



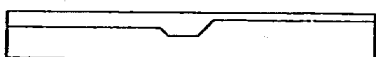
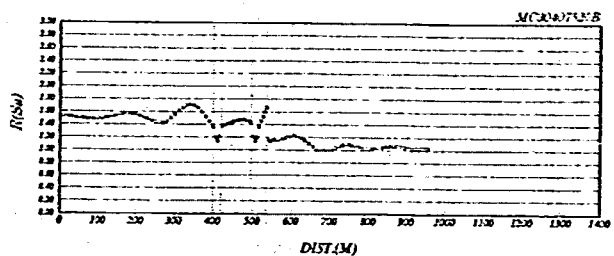
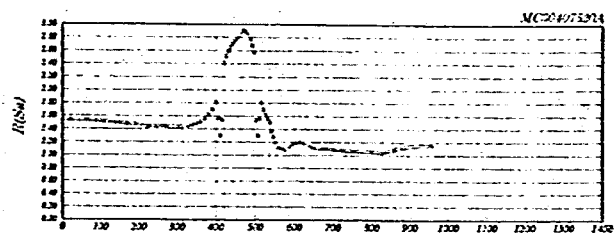
付図 2.4.4 MC304015010



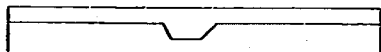
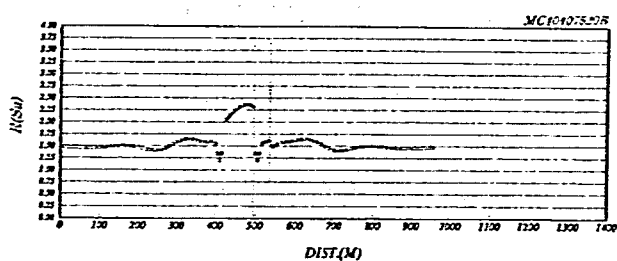
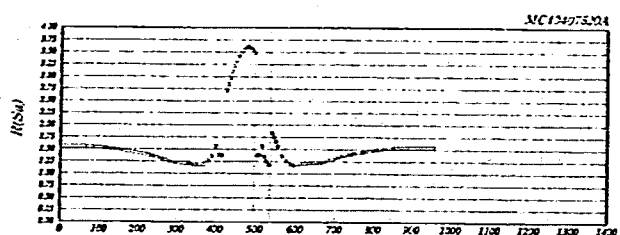
付図 2.4.5 MC30207520



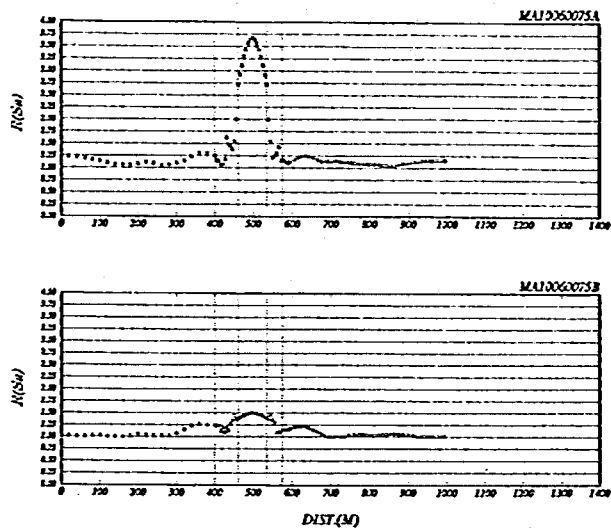
付図 2.4.6 MC30107525



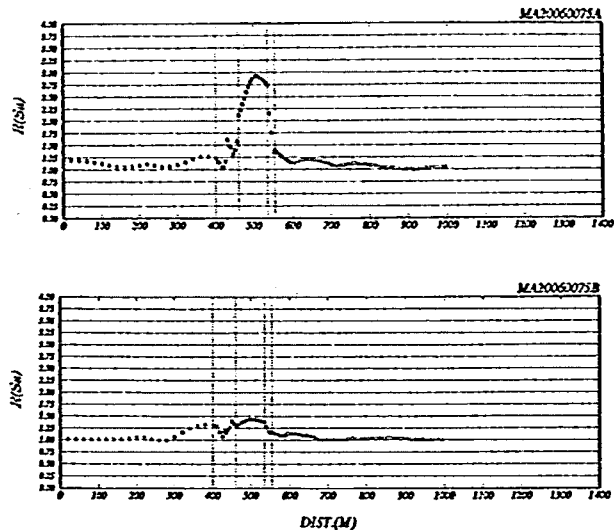
付図 2.4.7 MC30407520



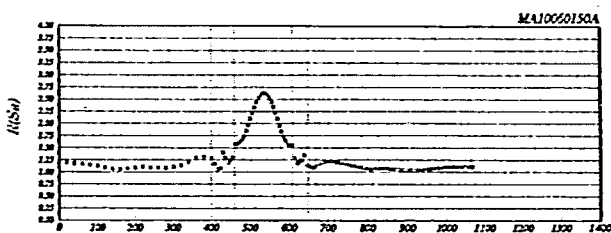
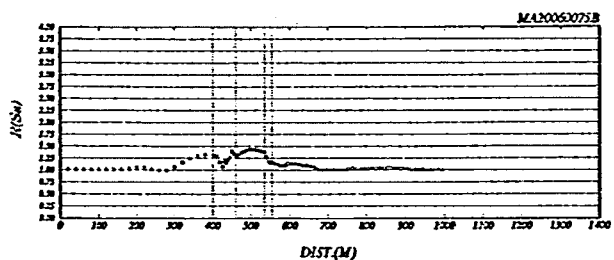
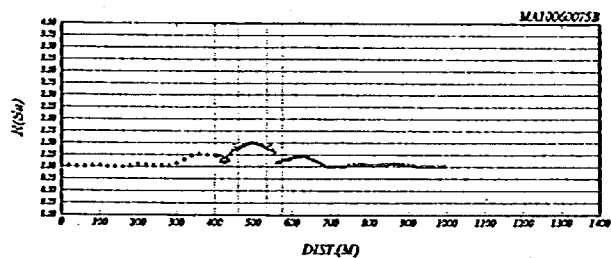
付図 2.4.8 MC40407520



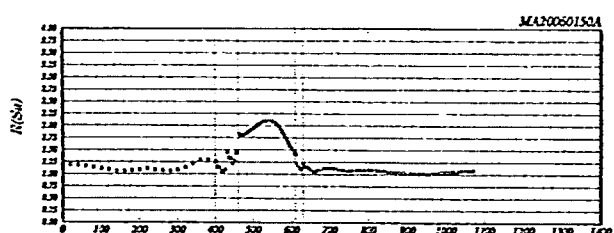
付図 2.5.1 MA10060075



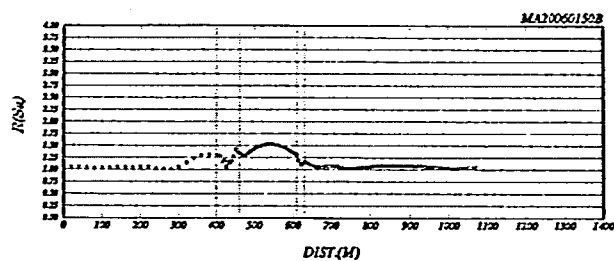
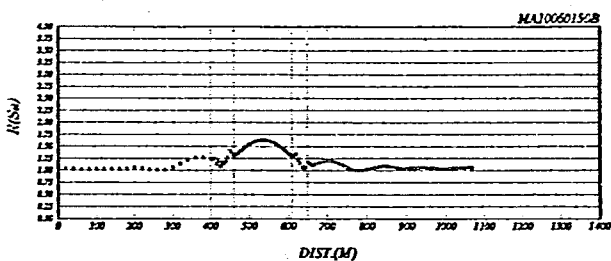
付図 2.5.3 MA20060075



付図 2.5.2 MA10060150



付図 2.5.4 MA20060150



1941-1942

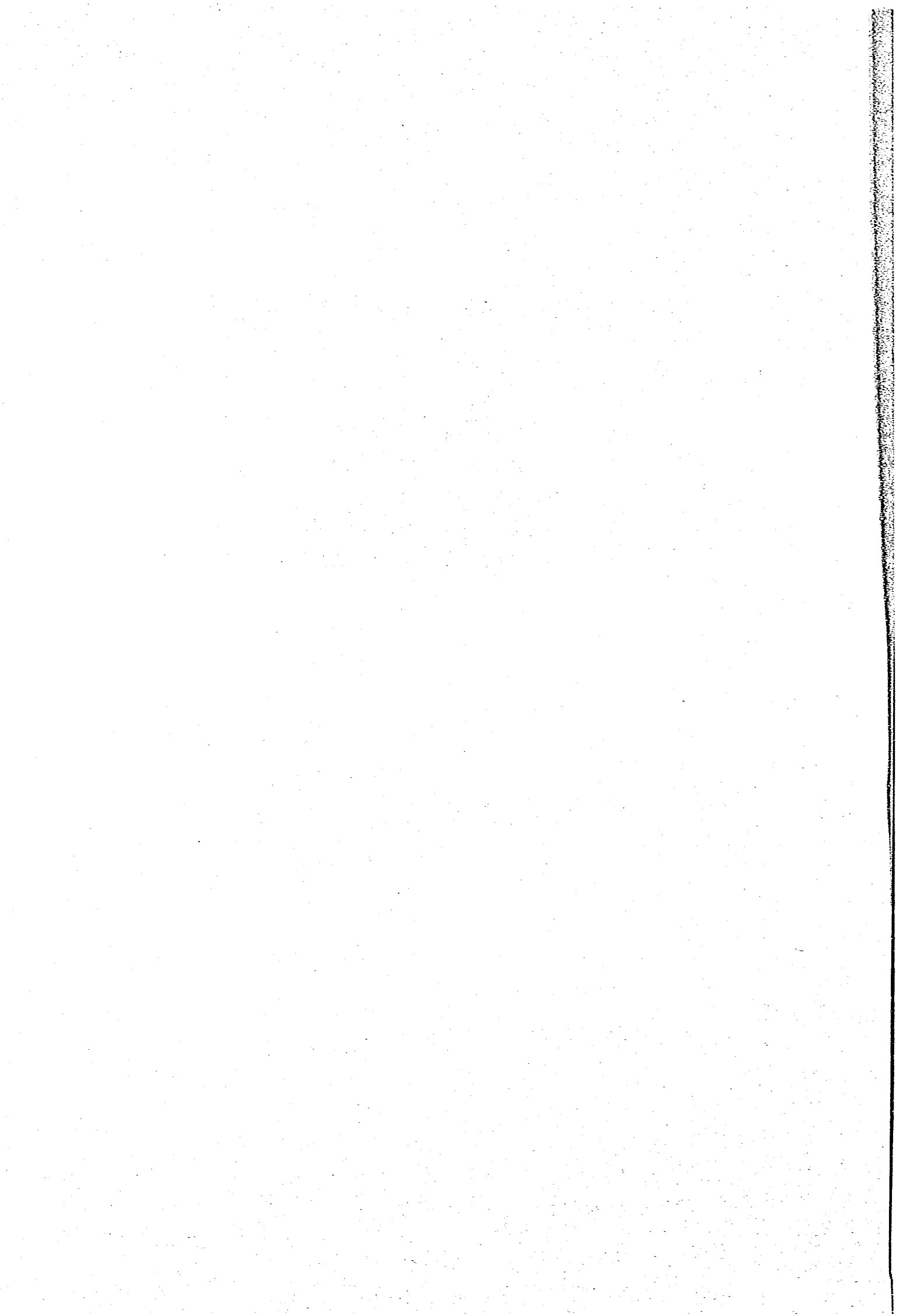
1941-1942

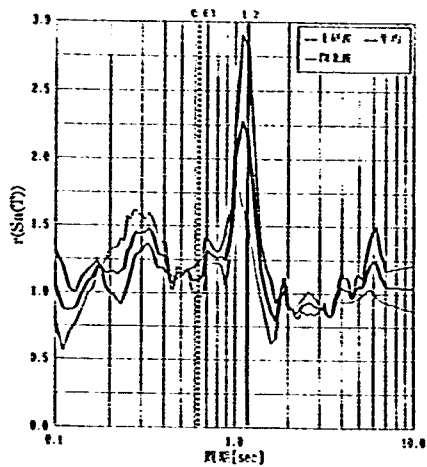
1941-1942

1941-1942

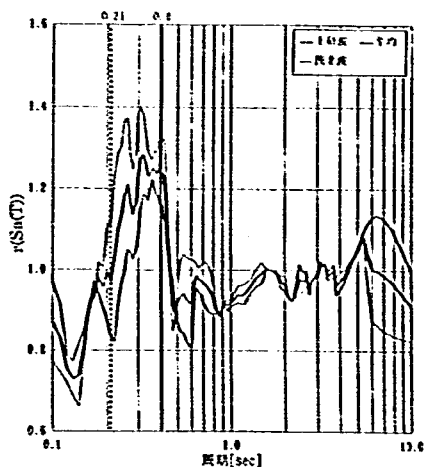
付属資料 3 $r(Sa(T))$ と T_G^{AC} 及び T_s の関係

- ・ 付図 3.1.1～44 片側傾斜基盤
- ・ 付図 3.2.1～30 両側傾斜基盤
- ・ 付図 3.3.1～15 埋没片側傾斜基盤
- ・ 付図 3.4.1～13 埋没両側傾斜基盤
- ・ 付図 3.5.1～8 半埋没両側傾斜基盤

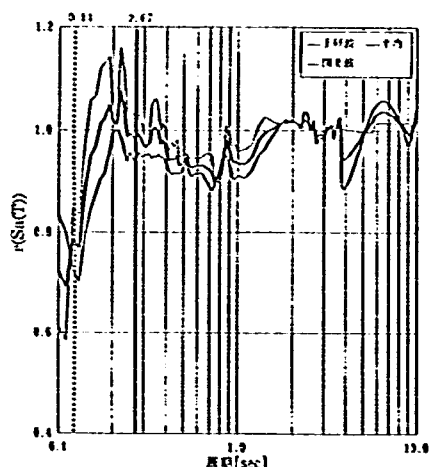




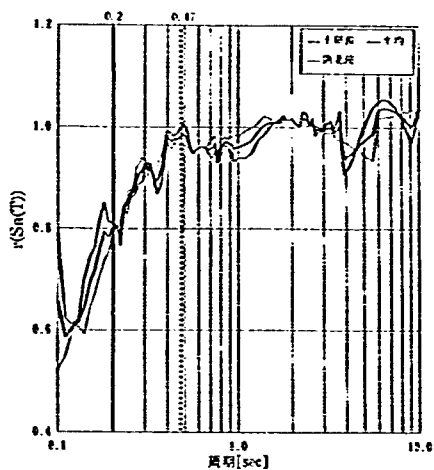
付図 3. 1. 1 KA30005600A



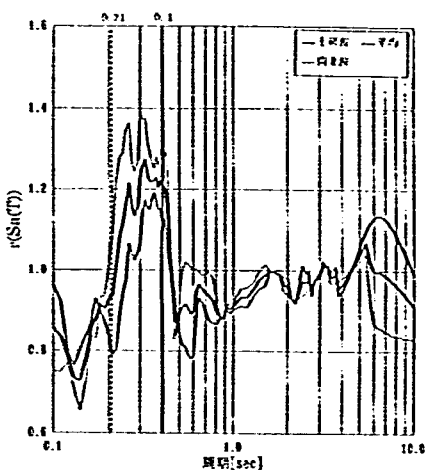
付図 3. 1. 2 KB10020600A



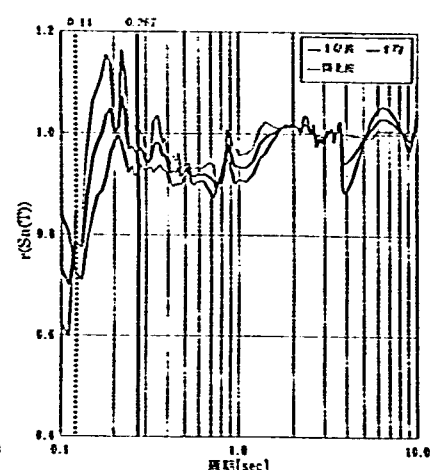
付図 3. 1. 3 KB10020600B



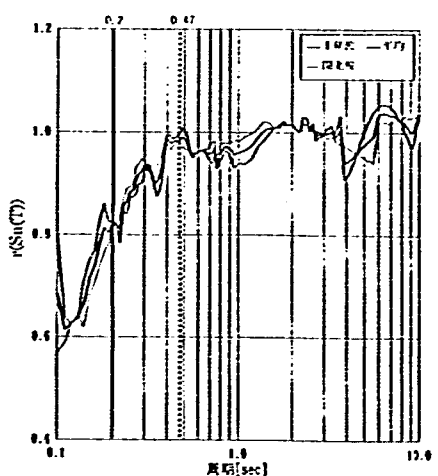
付図 3. 1. 4 KB10020600C



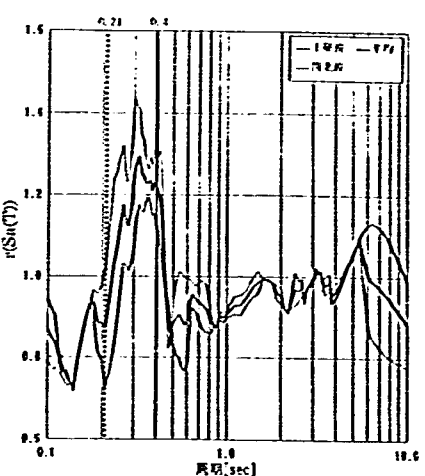
付図 3. 1. 5 KB10040600A



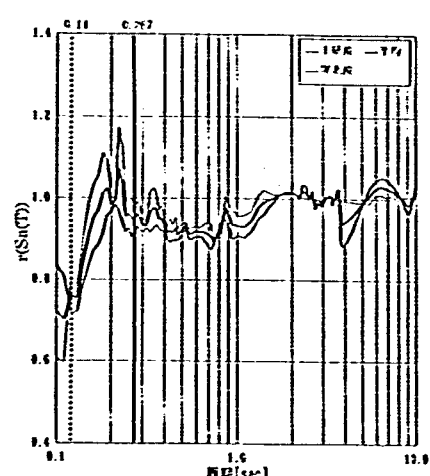
付図 3. 1. 6 KB10040600B



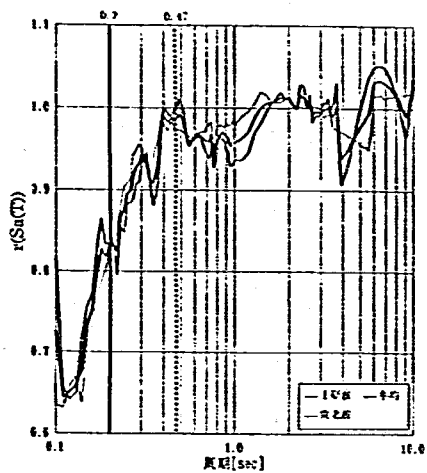
付図 3. 1. 7 KB10040600C



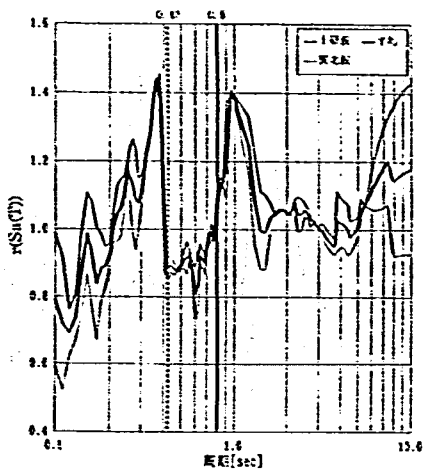
付図 3. 1. 8 KB10080600A



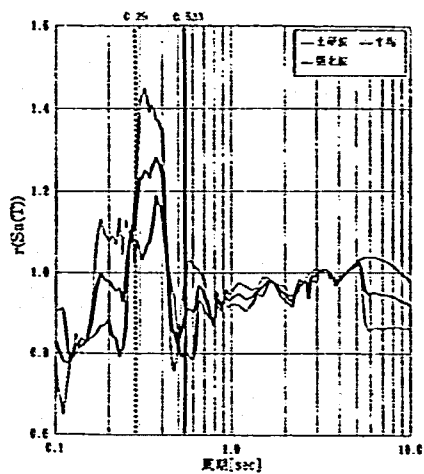
付図 3. 1. 9 KB10080600B



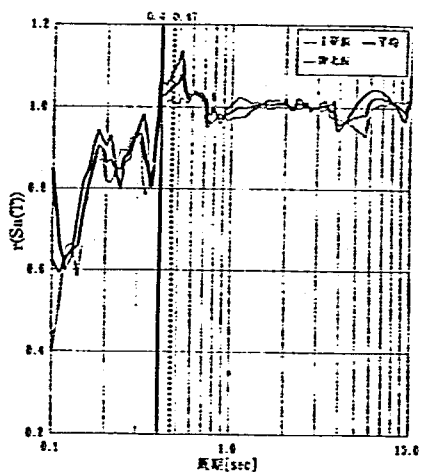
付図 3. 1. 10 KB10080600C



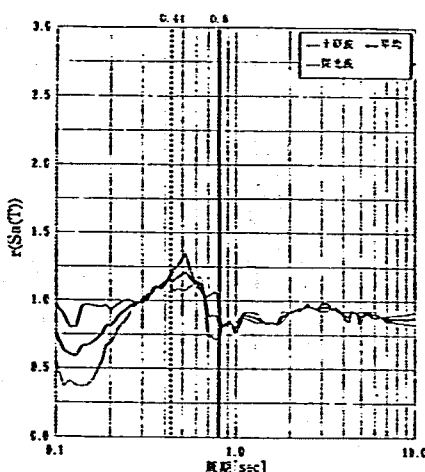
付図 3. 1. 11 KB20040600A



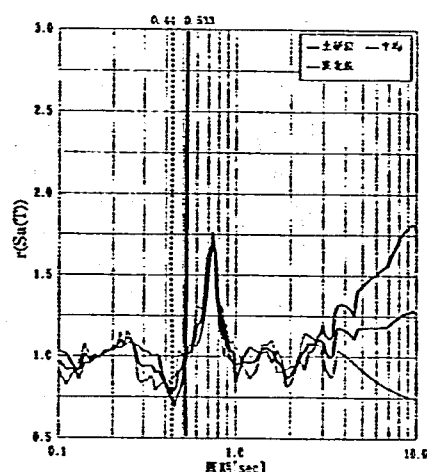
付図 3. 1. 12 KB20040600B



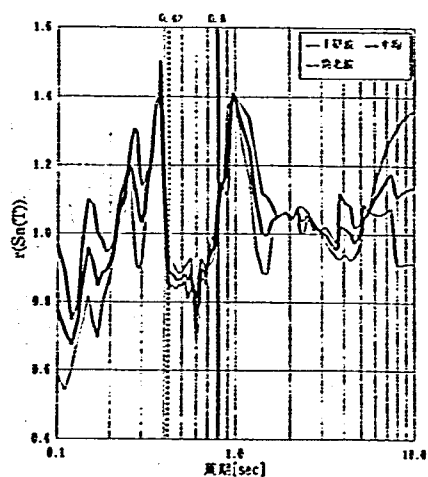
付図 3. 1. 13 KB20040600C



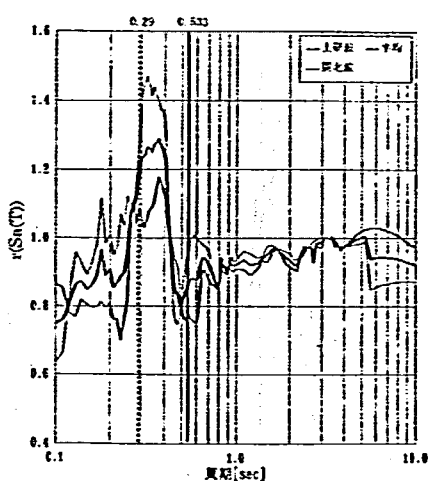
付図 3. 1. 14 KB20040600E



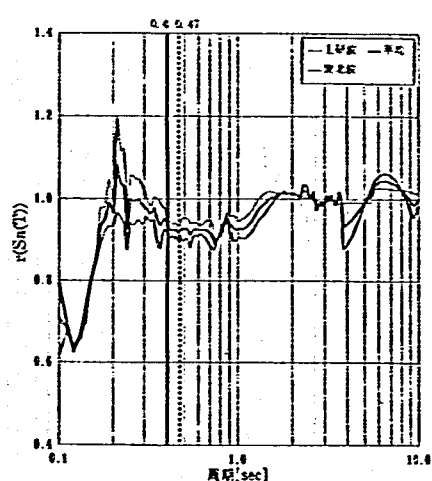
付図 3. 1. 15 KB20040600F



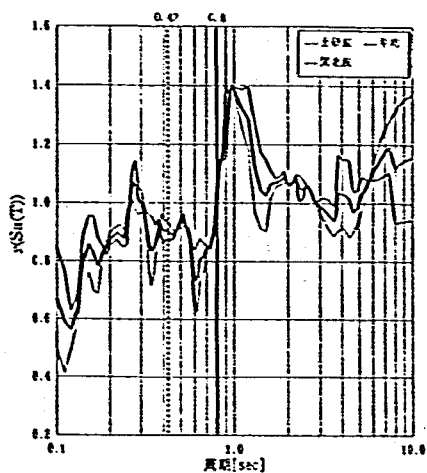
付図 3. 1. 16 KB20080600A



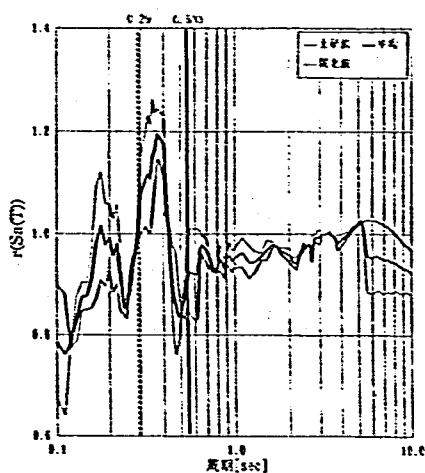
付図 3. 1. 17 KB20080600B



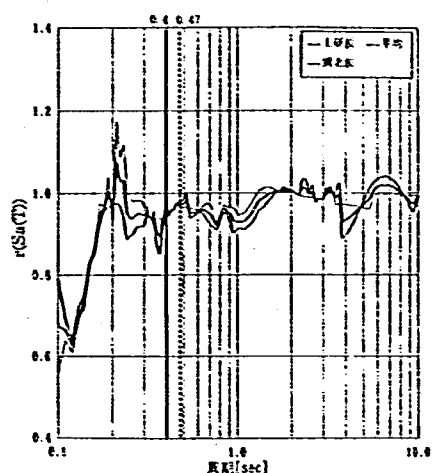
付図 3. 1. 18 KB20080600C



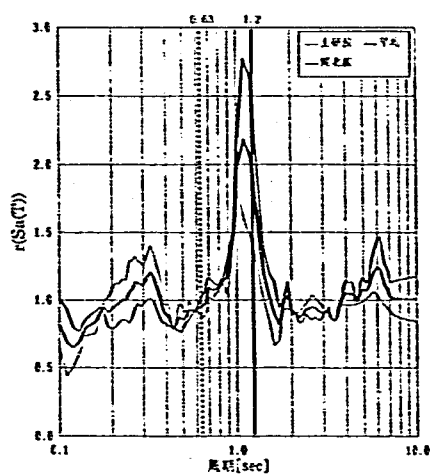
付図 3. 1. 19 KB20160600A



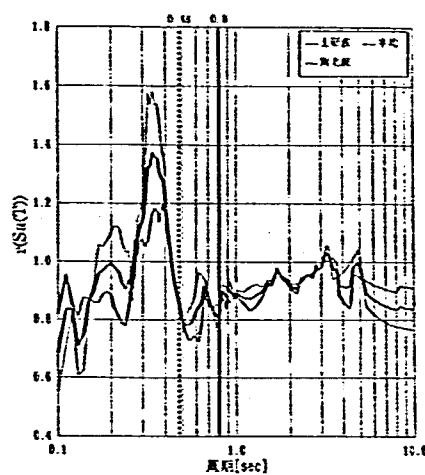
付図 3. 1. 20 KB20160600B



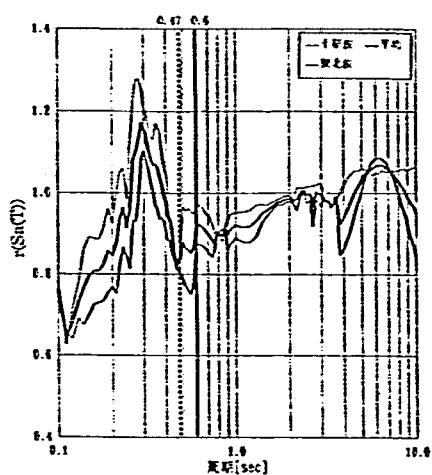
付図 3. 1. 21 KB20160600C



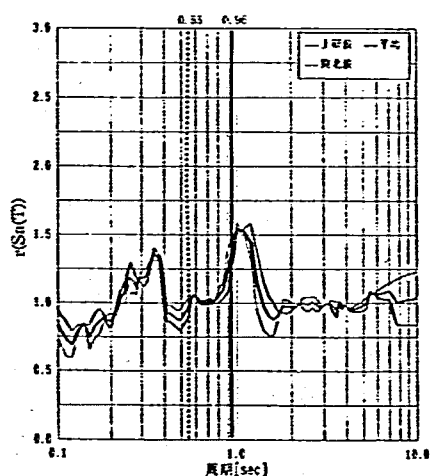
付図 3. 1. 22 KB30060600A



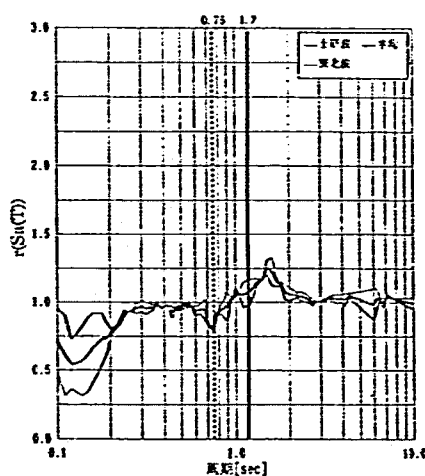
付図 3. 1. 23 KB30060600B



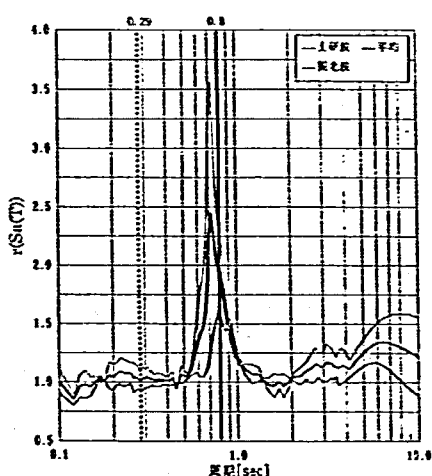
付図 3. 1. 24 KB30060600C



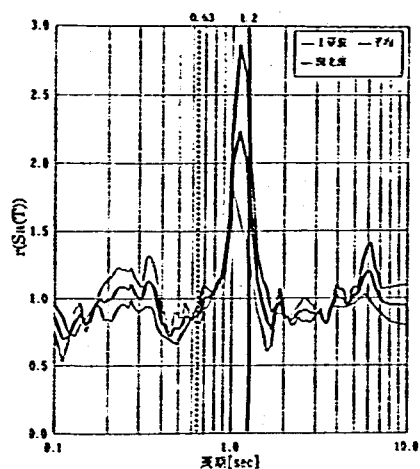
付図 3. 1. 25 KB30060600D



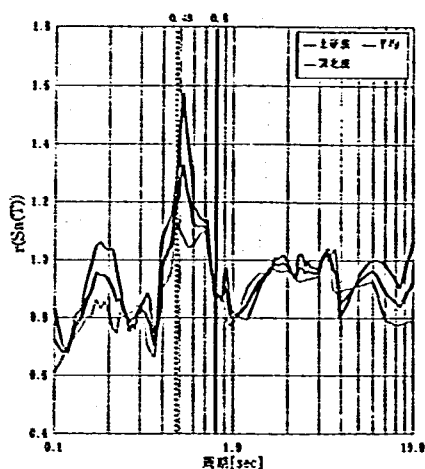
付図 3. 1. 26 KB30060600E



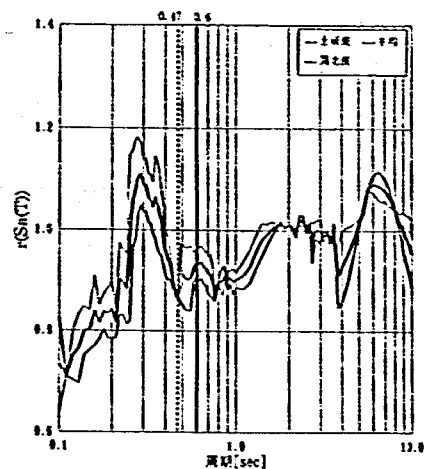
付図 3. 1. 27 KB30060600F



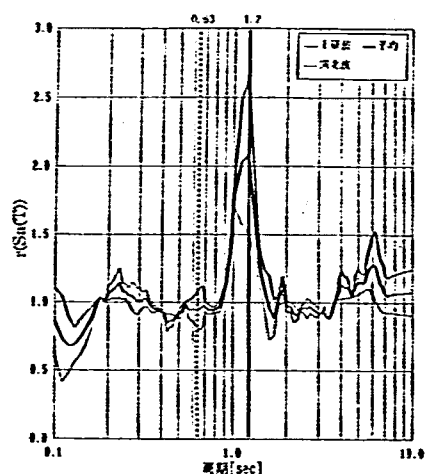
付图 3.1.28 KB30120600A



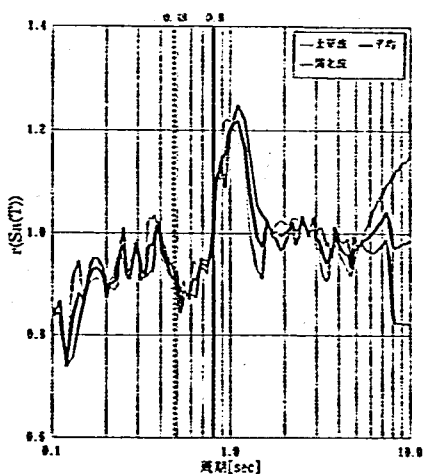
付图 3.1.29 KB30120600B



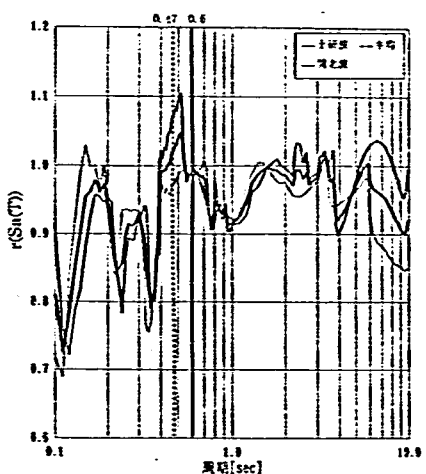
付图 3.1.30 KB30120600C



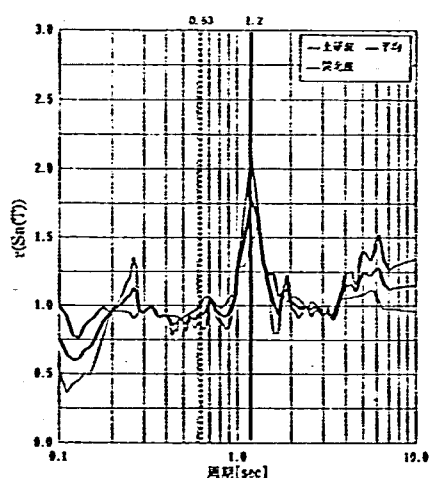
付图 3.1.31 KB30240600A



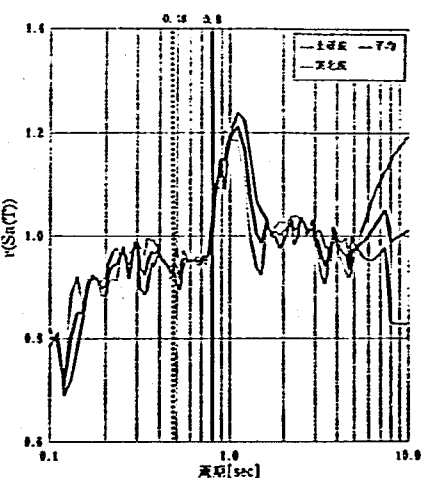
付图 3.1.32 KB30240600B



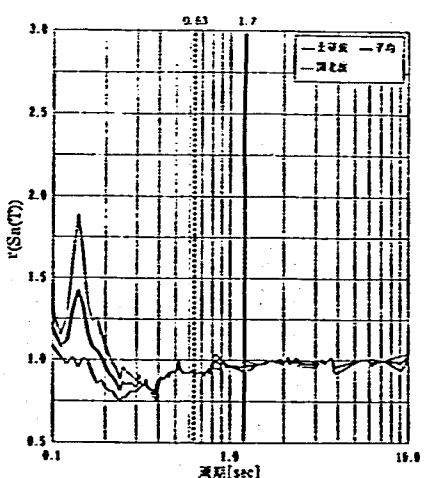
付图 3.1.33 KB30240600C



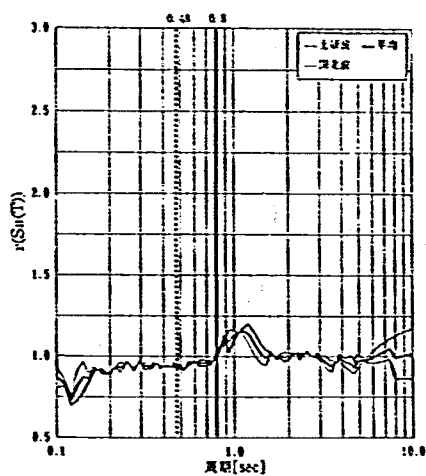
付图 3.1.34 KB30360600A



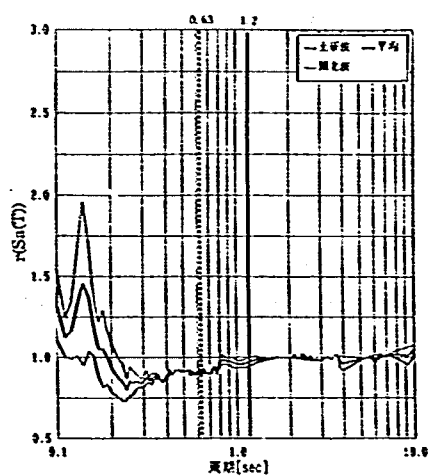
付图 3.1.35 KB30360600B



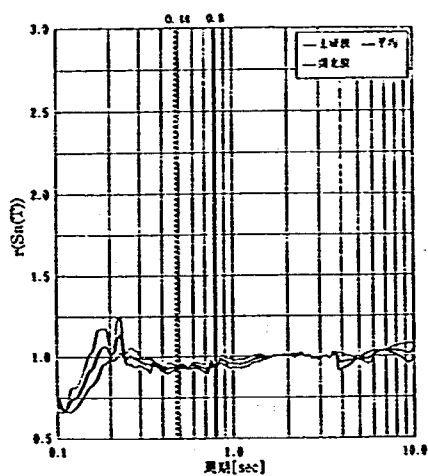
付图 3.1.36 KB30720600A



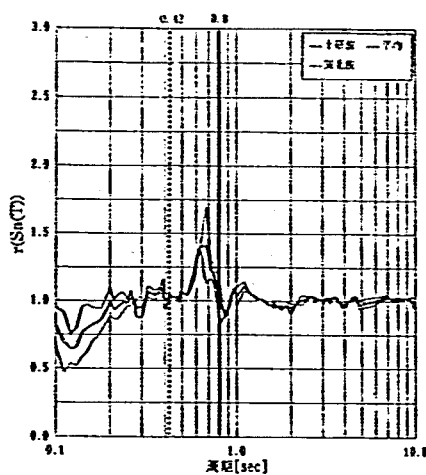
付图 3.1.37 KB30720600B



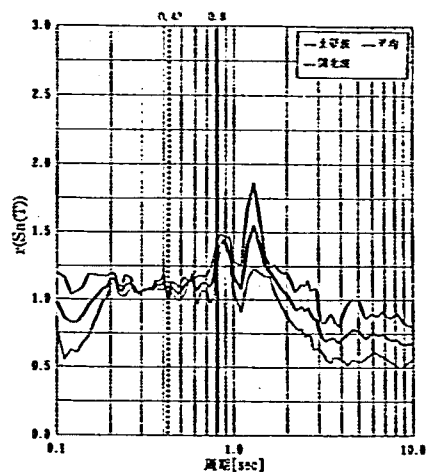
付图 3.1.38 KB301440600A



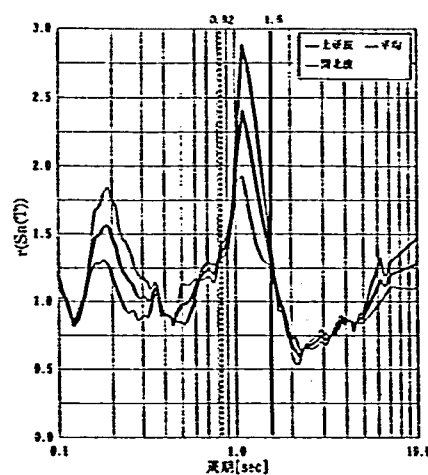
付图 3.1.39 KB301440600B



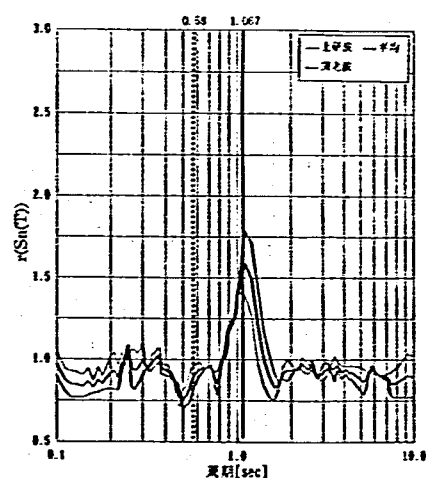
付图 3.1.40 KB20040100A



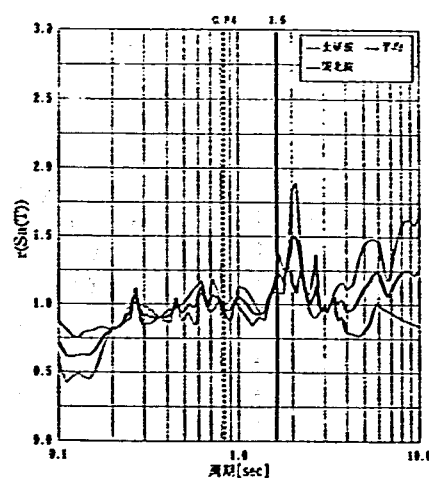
付图 3.1.41 KB20040200A



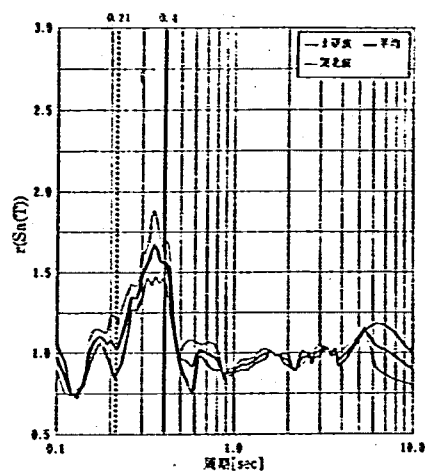
付图 3.1.42 KB40080600A



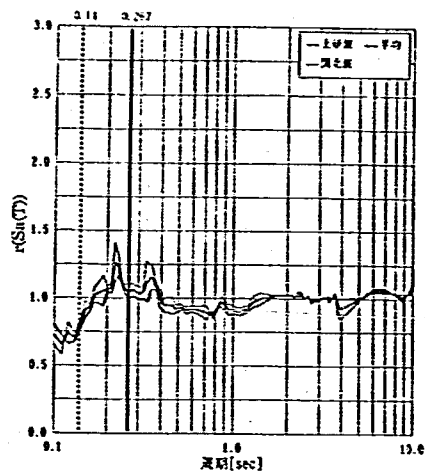
付图 3.1.43 KB40080600B



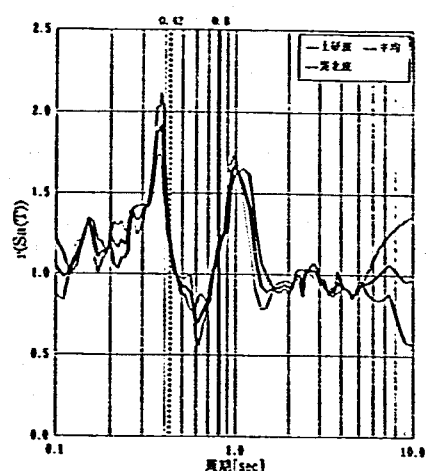
付图 3.1.44 KB40080080A



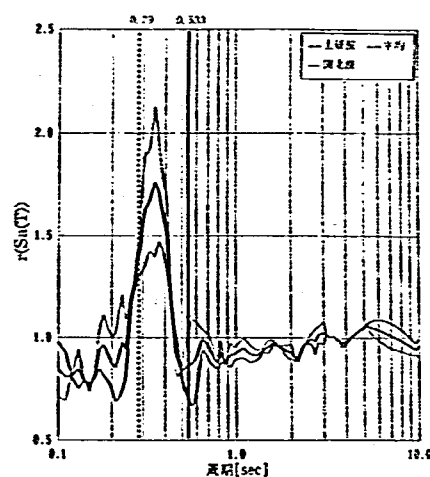
付图 3.2.1 BO10020050A



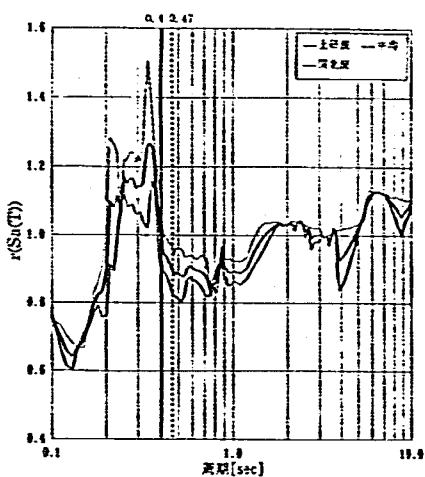
付图 3.2.2 BO10020050B



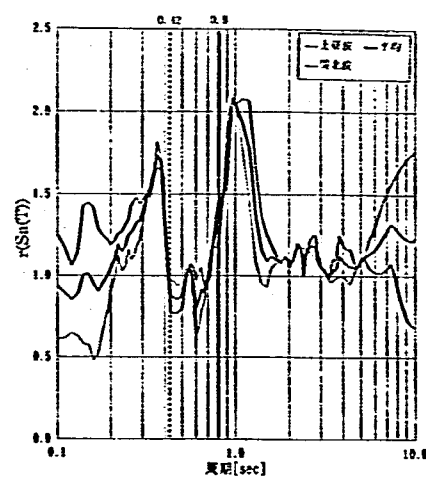
付图 3.2.3 BO20040050A



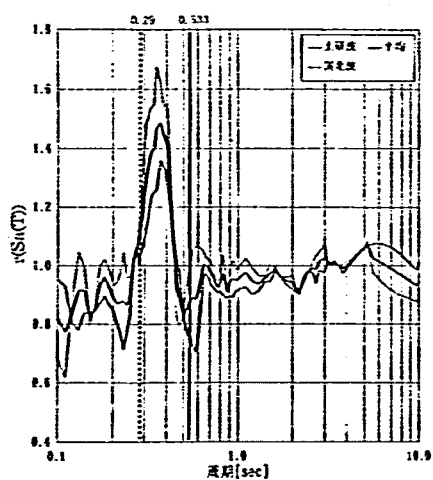
付图 3.2.4 BO20040050B



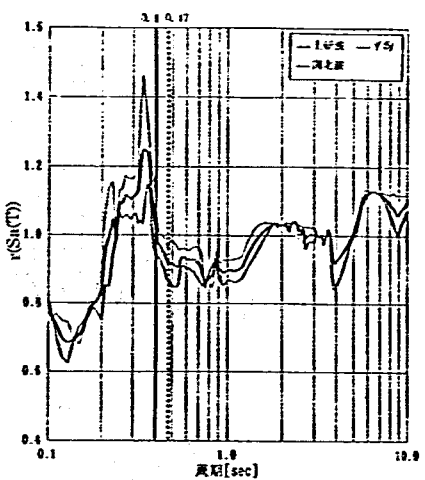
付图 3.2.5 BO20040050C



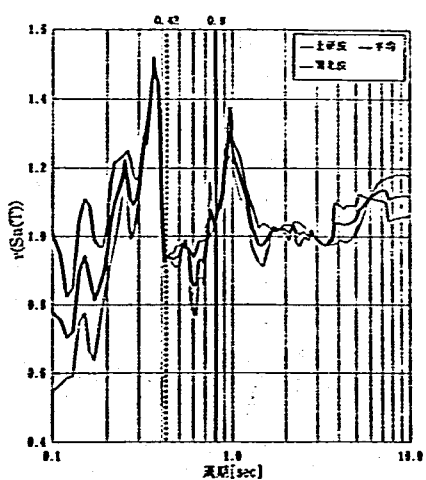
付图 3.2.6 BO20040075A



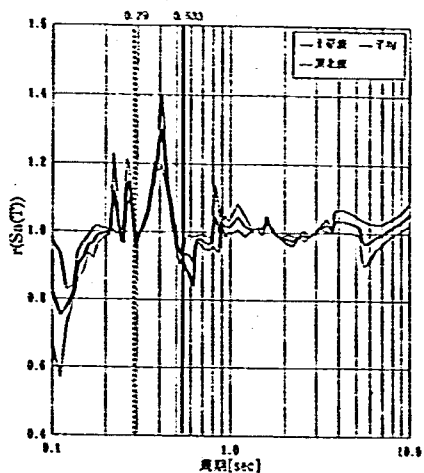
付图 3.2.7 BO20040075B



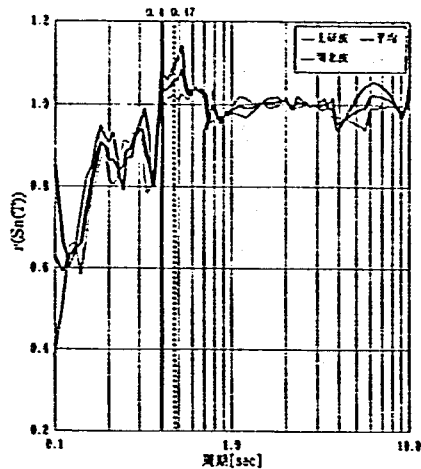
付图 3.2.8 BO20040075C



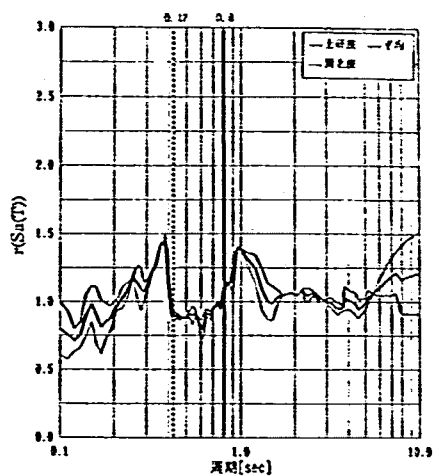
付图 3.2.9 BO20040300A



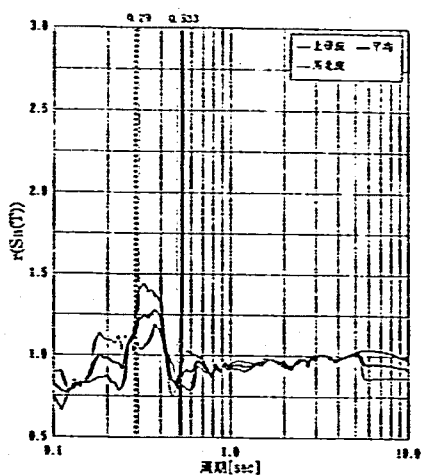
付图 3.2.10 BO20040300B



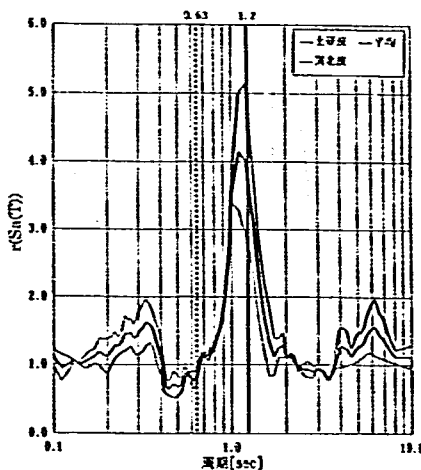
付图 3.2.11 BO20040300C



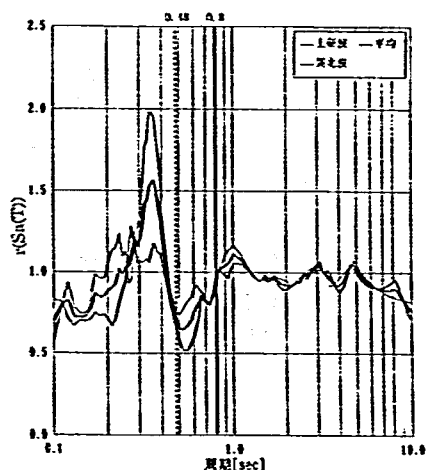
付图 3.2.12 BO20040600A



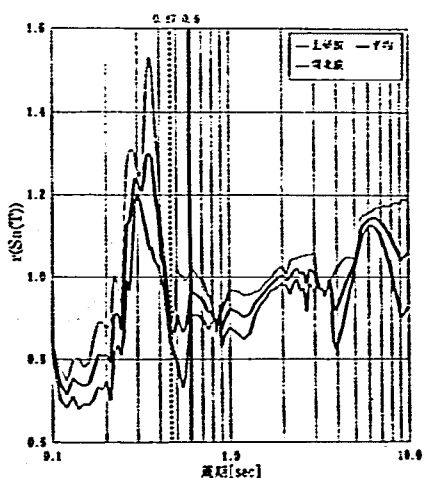
付图 3.2.13 BO20040600B



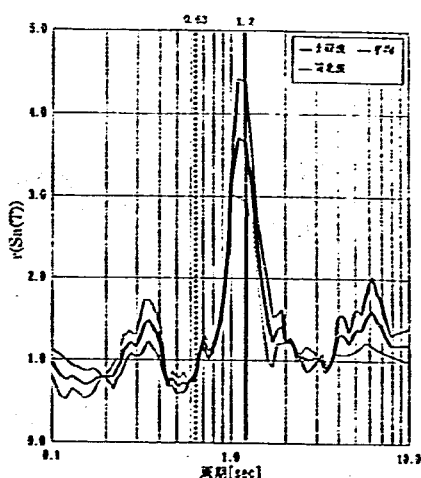
付图 3.2.14 BO30060050A



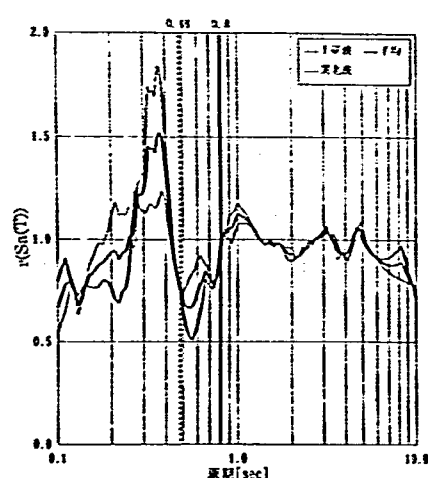
付图 3.2.15 BO30060050B



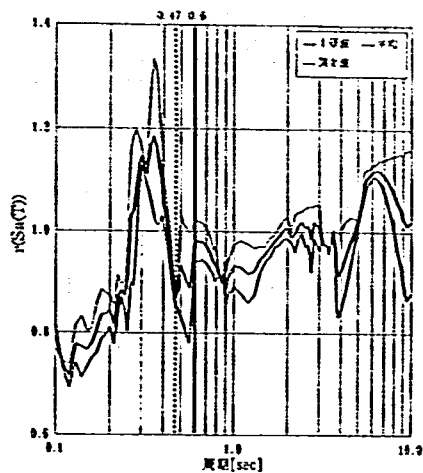
付图 3.2.16 BO30060050C



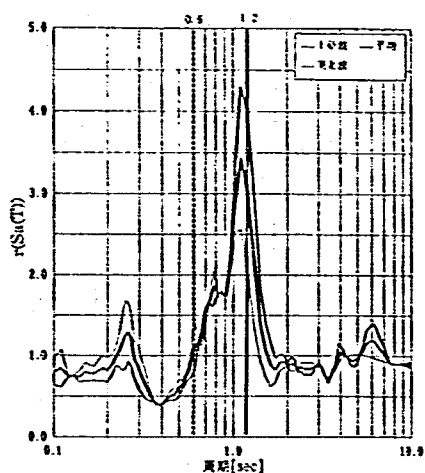
付图 3.2.17 BO30060075A



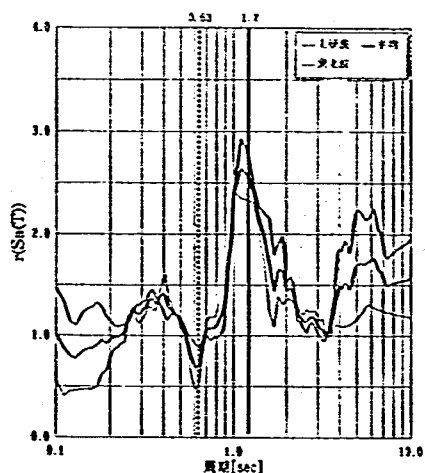
付图 3.2.18 BO30060075B



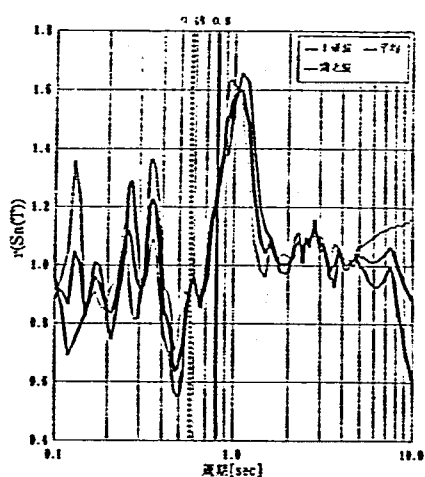
付图 3. 2. 19 BO30060075C



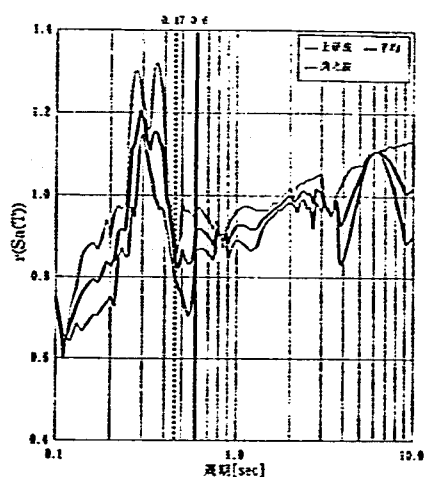
付图 3. 2. 20 BO30060075G



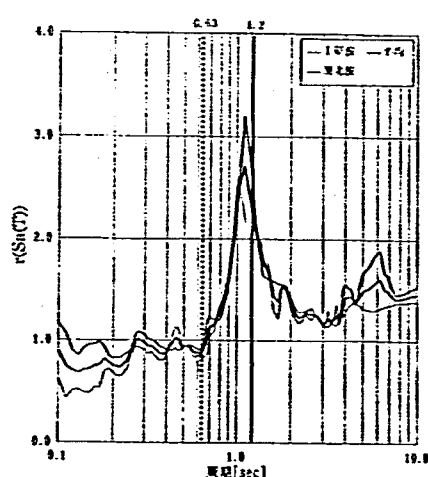
付图 3. 2. 21 BO30060150A



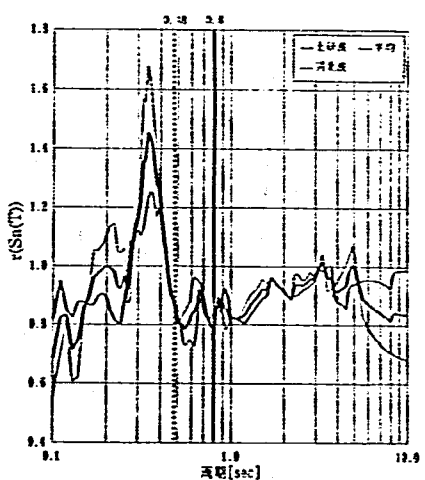
付图 3. 2. 22 BO30060150B



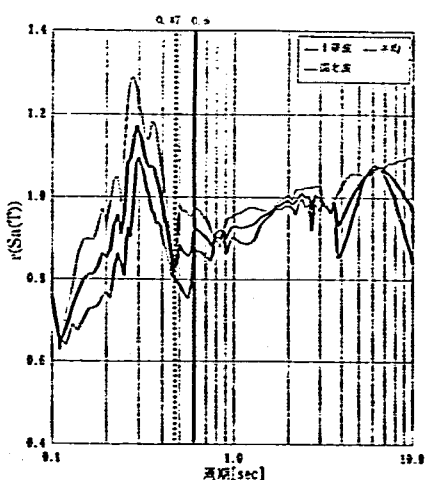
付图 3. 2. 23 BO30060150C



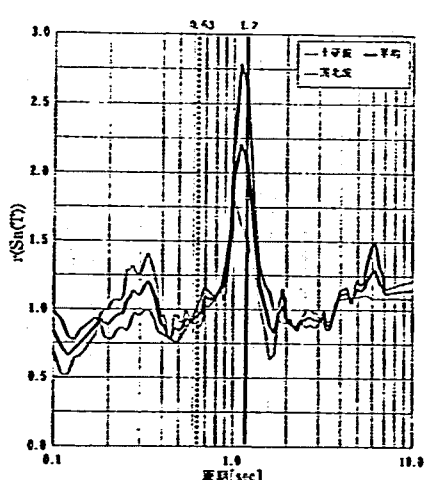
付图 3. 2. 24 BO30060300A



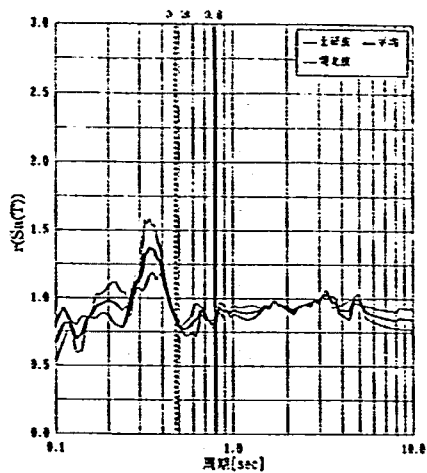
付图 3. 2. 25 BO30060300B



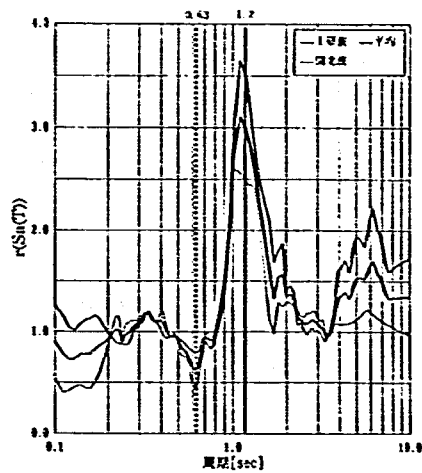
付图 3. 2. 26 BO30060300C



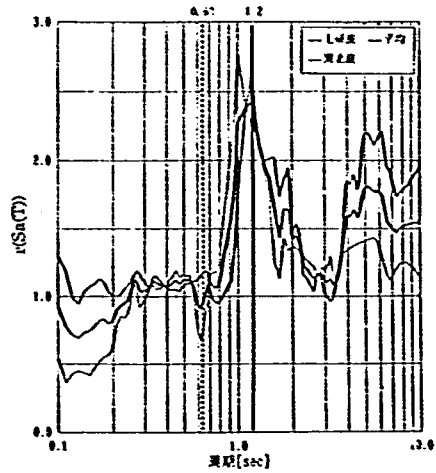
付图 3. 2. 27 BO30060600A



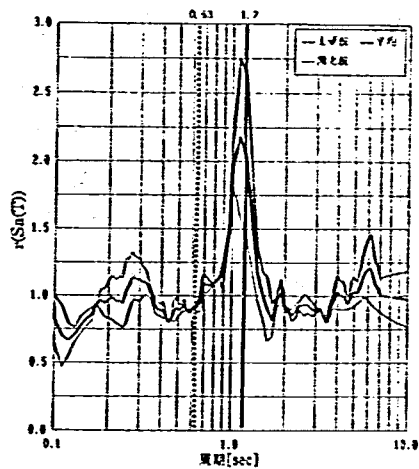
付図 3. 2. 28 BO30060600B



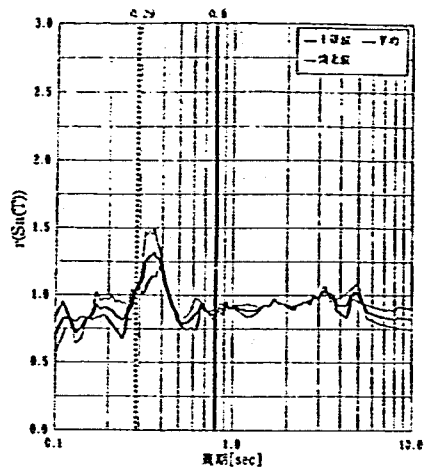
付図 3. 2. 29 BO30120075A



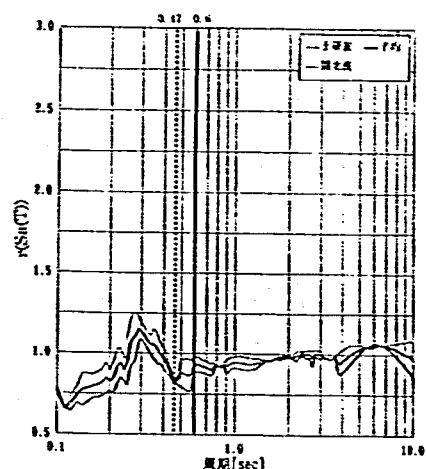
付図 3. 2. 30 BO30120150A



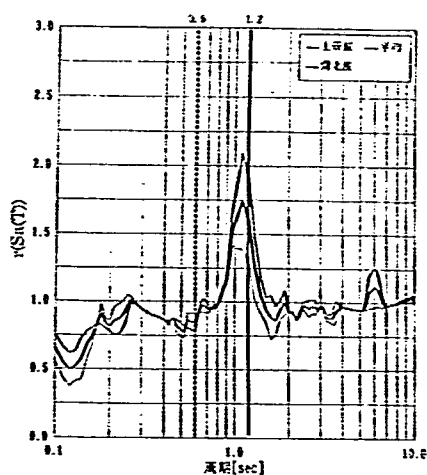
付図 3.3.1 MB30040010A



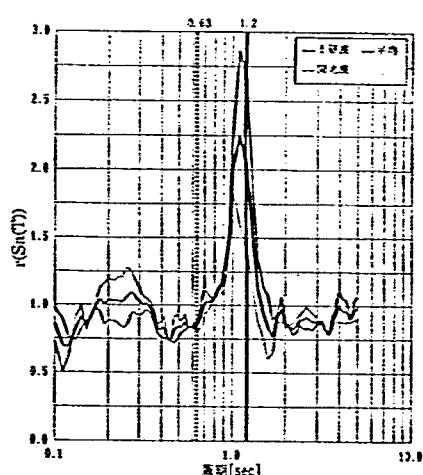
付図 3.3.2 MB30040010B



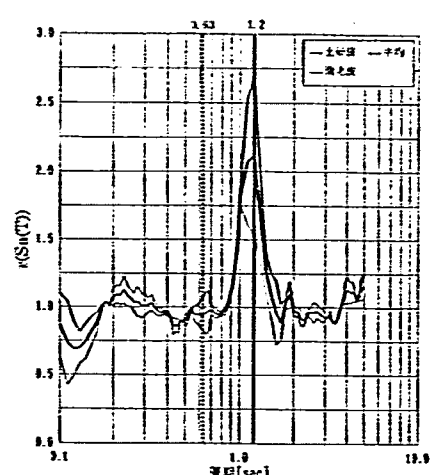
付図 3.3.3 MB30040010C



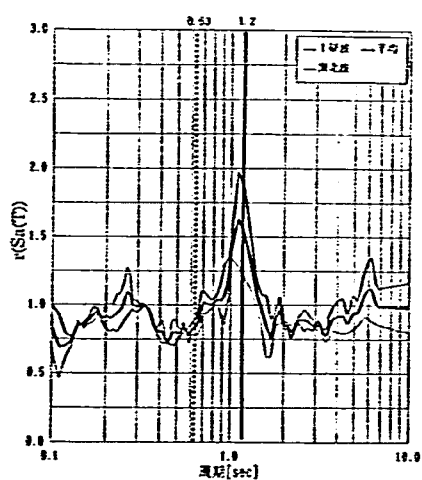
付図 3.3.4 MB30040010G



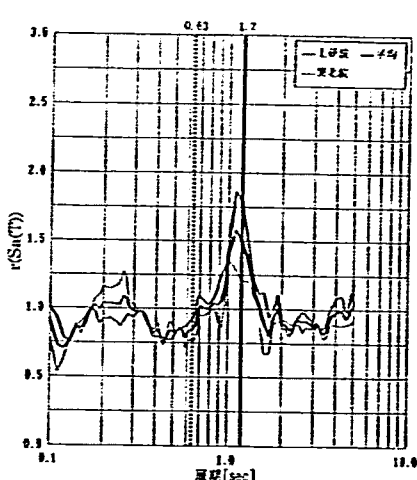
付図 3.3.5 MB30080010A



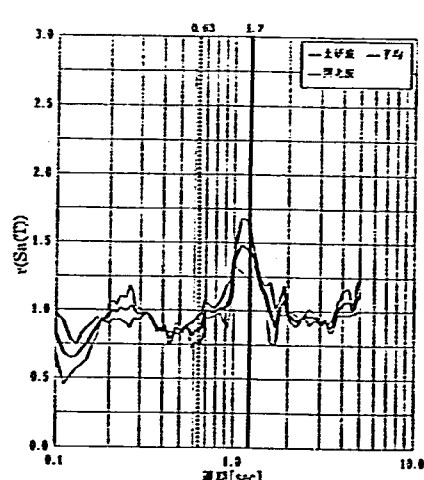
付図 3.3.6 MB30160010A



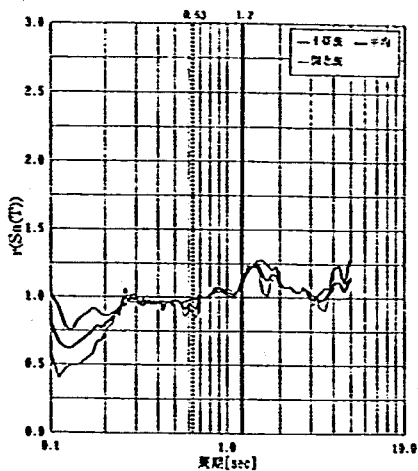
付図 3.3.7 MB30020020A



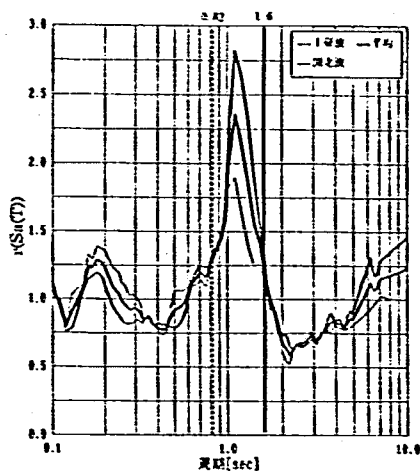
付図 3.3.8 MB30040020A



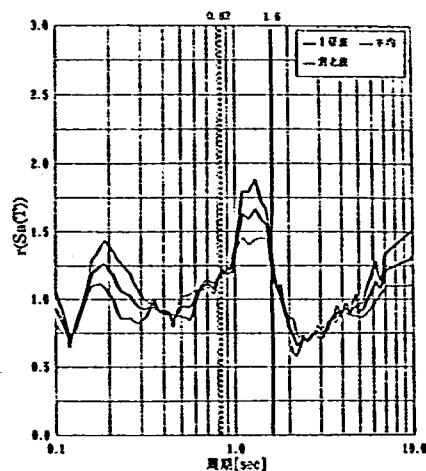
付図 3.3.9 MB30080020A



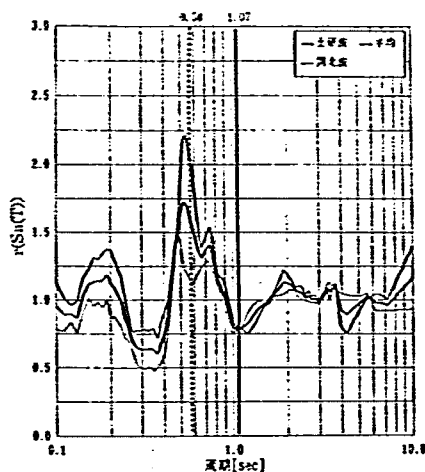
付図 3. 3. 10 MB30010025A



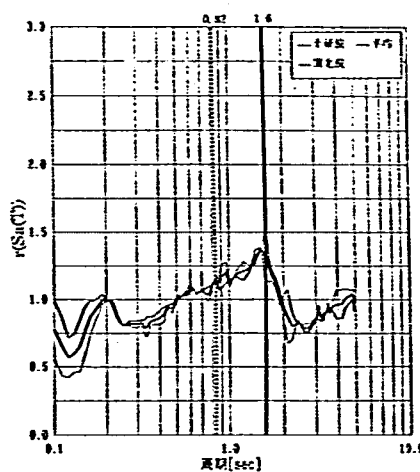
付図 3. 3. 11 MB40060010A



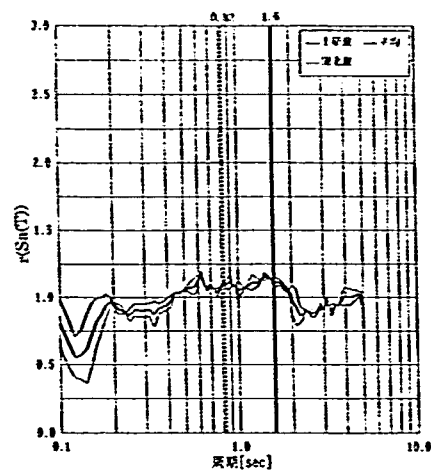
付図 3. 3. 12 MB40040020A



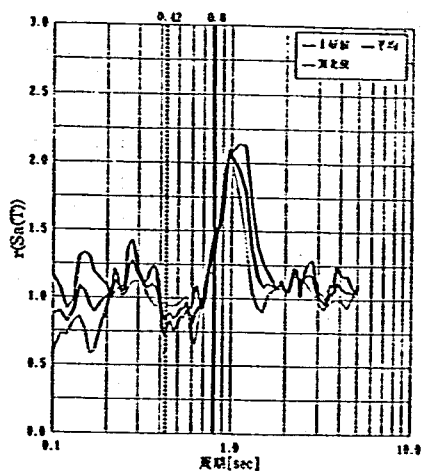
付図 3. 3. 13 MB40040020B



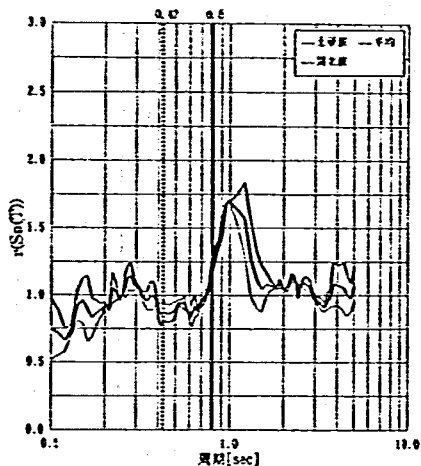
付図 3. 3. 14 MB40020030A



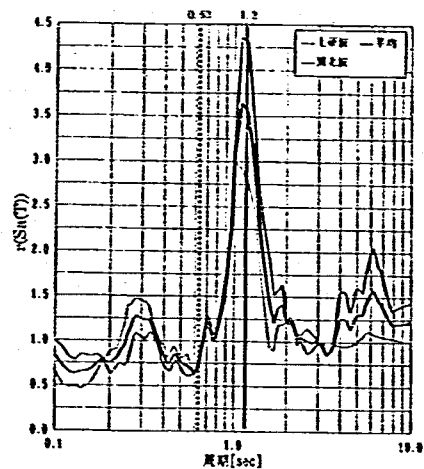
付図 3. 3. 15 MB40010035A



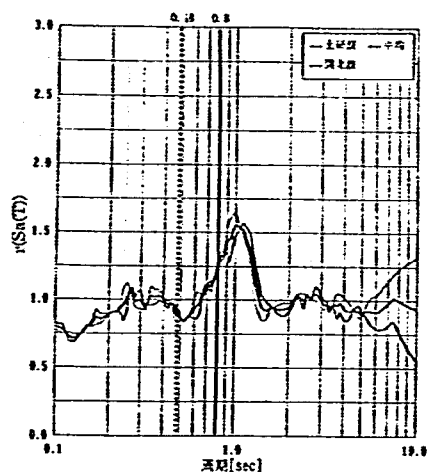
付図 3.4.1 MC20207510A



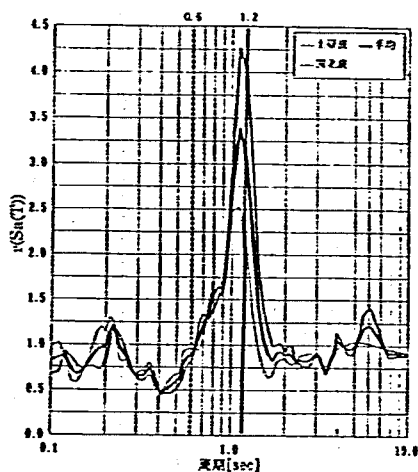
付図 3.4.2 MC20107515A



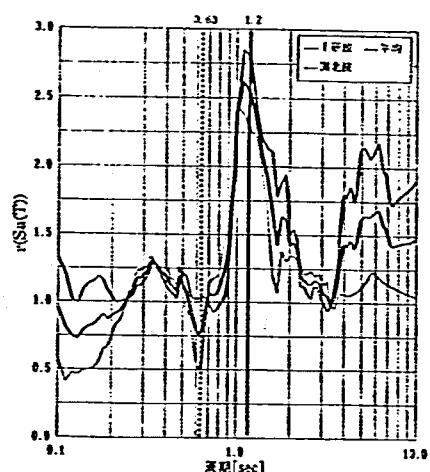
付図 3.4.3 MC30407510A



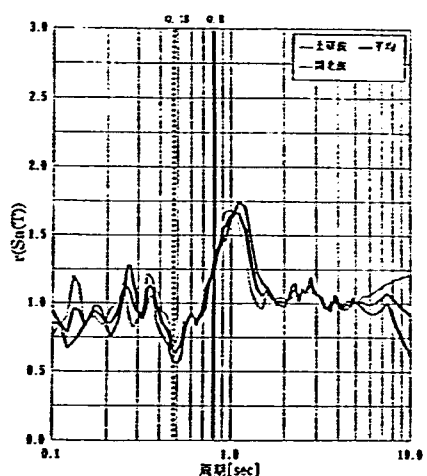
付図 3.4.4 MC30407510B



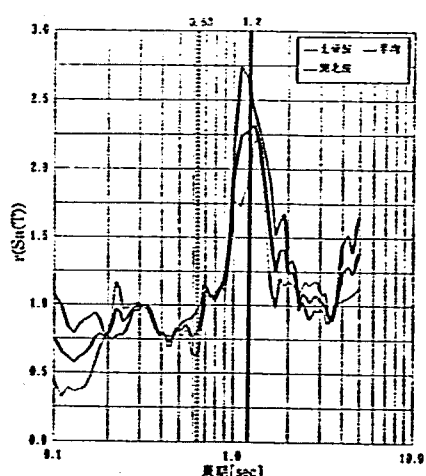
付図 3.4.5 MC30407510G



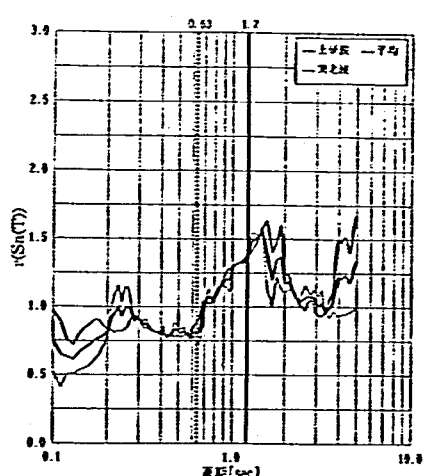
付図 3.4.6 MC304015010A



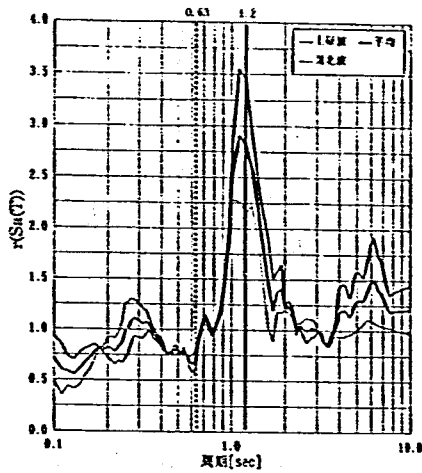
付図 3.4.7 MC304015010B



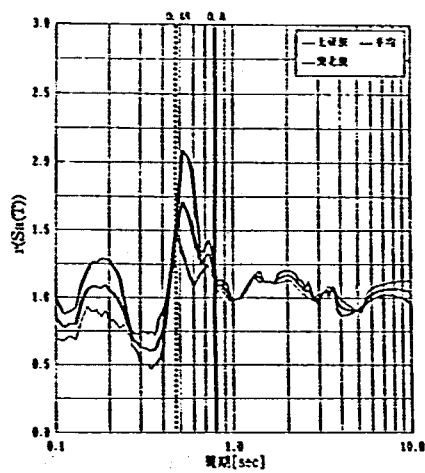
付図 3.4.8 MC30207520A



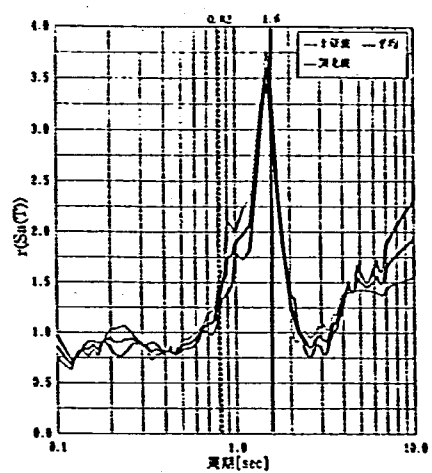
付図 3.4.9 MC30107525A



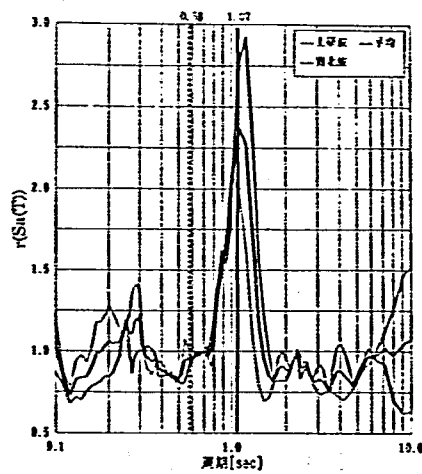
付図 3. 4. 10 MC30407520A



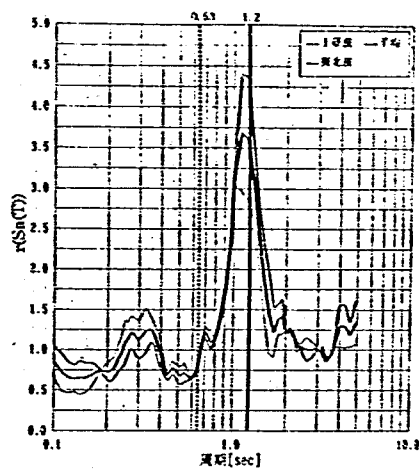
付図 3. 4. 11 MC30407520B



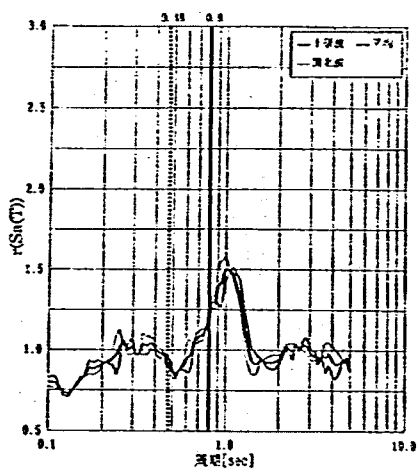
付図 3. 4. 12 MC40407520A



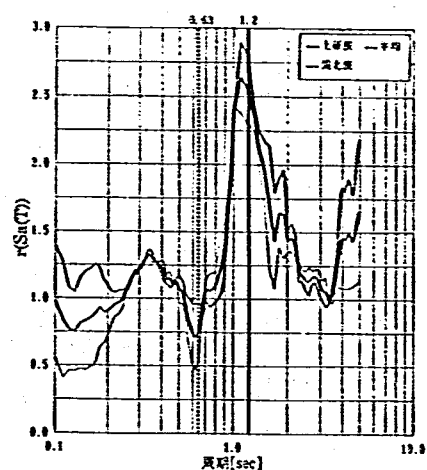
付図 3. 4. 13 MC40407520B



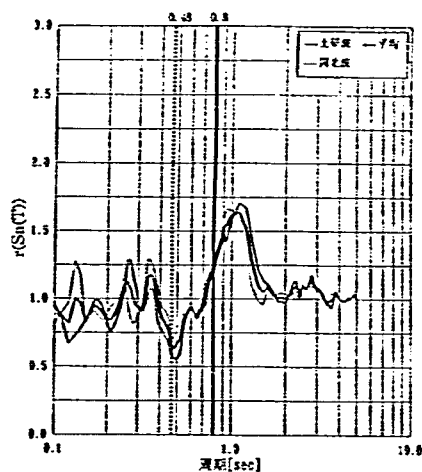
付図 3. 5. 1 MA10060075A



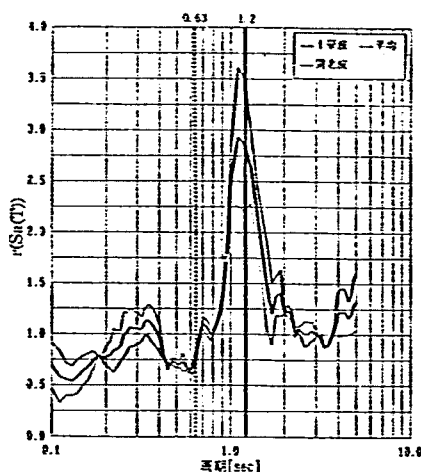
付図 3. 5. 2 MA10060075B



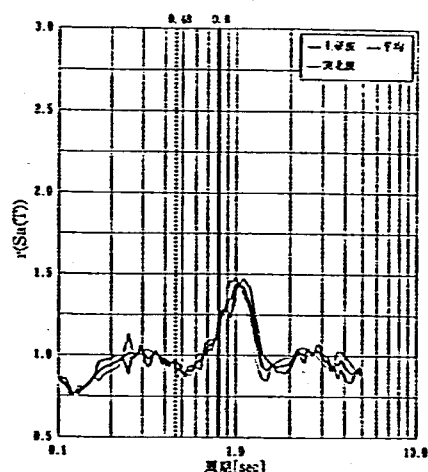
付図 3. 5. 3 MA10060150A



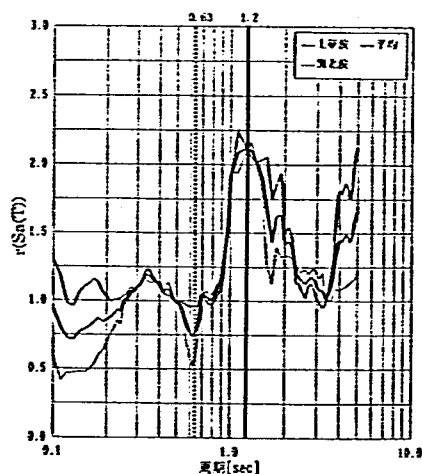
付図 3. 5. 4 MA10060150B



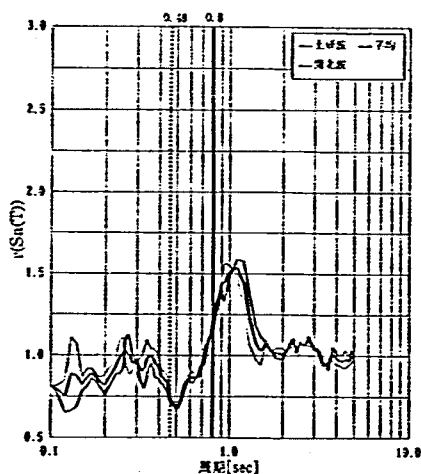
付図 3. 5. 5 MA20060075A



付図 3. 5. 6 MA20060075B



付図 3. 5. 7 MA20060150A



付図 3. 5. 8 MA20060150B