

土 木 研 究 所 資 料

気象庁一倍強震計記録に基づく
長周期地震動特性の解析
— (その2) 1968年日向灘地震記録の解析 —

昭和60年6月

建設省土木研究所
地震防災部・振動研究室

Copyright © (1985) by P.W.R.I.

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

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

気象庁一倍強震計記録に基づく 長周期地震動特性の解析 — (その2) 1968年日向灘地震記録の解析 —

振動研究室 室 長 佐々木 康
研 究 員 田 村 敬 一
相 沢 興
高 橋 和 之

要旨 気象庁1倍強震計記録に基づく長周期地震動特性の解析
—— (その2) 1968年日向灘地震記録の解析 ——

土木構造物の固有周期は一般に短いものが多く、固有周期が1～2秒を超えるものは稀であるが、長大吊橋等の構造物では数秒のオーダーになるものもある。こうした長周期構造物の設計地震力を設定する際には、SMAC型強震計記録の検討だけではなく、長周期の地震動特性を慎重に検討する必要がある。そこで、本解析では、1968年日向灘地震による51成分の気象庁一倍強震計（固有周期5～6秒の機械式変位型地震計）記録の数値化を行い、長周期地震動の特性について検討した。また、同地震によるSMAC型強震計記録についても整理するとともに、既往のSMAC型強震計記録の統計解析から求めた現有の最大地震動および加速度応答スペクトルの推定手法の適用性を検討した。

キーワード：長周期地震動，耐震設計，設計地震入力，1968年日向灘地震

ま え が き

土木構造物の耐震設計の合理化を図るためには、外力、すなわち、地震動の特性を正しく把握することが重要である。地震動の特性に関する研究は、我が国においては従来 SMAC 型強震計記録を主体として行われてきており、最大地震動（最大加速度、最大速度、最大変位）および加速度応答スペクトルに及ぼす地震の規模、震央距離、地盤条件等の影響が体系的に調査されてきている。また、これらの検討結果に基づき上記諸特性の推定式（距離減衰式）も提案されるに至っている。SMAC 型地震計の中でも主要記録の大部分を提供しているのは SMAC-B₂ 型強震計であるが、この型の強震計は、振子の固有周期が 0.14 秒の機械式強震計であり、さらに記録はスタイラスペーパー上にアナログ記録として得られる。したがって、各種の解析に用いるためにはこれを数値化しなければならないが、主としてこの過程の精度の関係から SMAC-B₂ 型強震計記録の精度が安定しているのはおおむね 0.07 ～ 3 秒の範囲内とされている。さらに、振子の機械的な固有周期が 0.14 秒であることから、本質的に数秒のオーダーの地震動を正確に記録し得るかどうかに関しては検討の余地があると考えられる。

土木構造物の固有周期は一般に短いものが多く、固有周期が 1 ～ 2 秒を超えるものは稀であるが、長大吊橋等の構造物では数秒のオーダーになるものもある。こうした長周期構造物の設計地震力を設定する際には、SMAC 型強震計記録の検討だけでは十分ではなく、長周期の地震動特性を慎重に検討する必要がある。

本報告では、前報²⁴⁾に引き続き、1968 年日向灘地震による 51 成分の気象庁一倍強震計（固有周期 5 ～ 6 秒の機械式変位型地震計）記録を数値化し、長周期地震動の特性について検討した。また、同地震による SMAC 型強震計記録についても整理するとともに、既往の SMAC 型強震計記録の統計解析結果から求めた現有の最大地震動および加速度応答スペクトルの推定方法の適用性を検討した。

目 次

ま え が き

1. 気象庁一倍強震計の特性	1
2. 1968年日向灘地震による記録	5
3. 数値化および計器補正	7
3.1 数 値 化	7
3.2 記録のメンディング	7
3.3 円 弧 補 正	7
3.4 波形のゆがみおよびその補正方法	8
3.5 計器補正および加速度、速度の計算法	11
3.6 各種補正を加えた変位、速度、加速度	13
4. 長周期地震動の特性	67
4.1 気象庁一倍強震計記録の特徴	67
4.2 最大変位、最大速度、最大加速度の距離減衰特性	67
4.3 加速度応答スペクトル値の距離減衰特性	69
4.4 気象庁一倍強震計記録と工学式強震計記録による加速度応答スペクトルの比較	69
5. 結 論	77
謝 辞	78
参 考 文 献	79
付 属 資 料 1. SMAC 型強震計記録による加速度応答スペクトル	81
付 属 資 料 2. 気象庁一倍強震計記録による加速度応答スペクトル値	91

1. 気象庁一倍強震計の特性

気象庁一倍強震計とは、気象庁が定常地震観測のために各地の気象台に設置している倍率 1.0 の変位型地震計である。一般に地震学の分野では、1000 倍もしくは 10000 倍という感度の高い地震計がよく用いられるが、その中にあって、強震動もある程度記録ができるようにとの配慮から特に倍率を 1 倍と低くしたため、一倍強震計と呼ばれている。しかし、記録可能な最大の変位振幅は 3 cm であり、これは震度Ⅳ相当の地震動に相当している。したがって、これ以上の強震動では振り切れが生じ完全な記録を得ることはできない。こうした点から、同じ強震計という名称がついているが工学の方面で使われている強震計（一般に 1000 gal 程度の加速度まで記録できる。これは、震度Ⅶ以上に相当している）とは本質的に違う。

気象庁一倍強震計には、製作の西暦年数にちなんで、50 年型、51 年型、52 年型などがあるが、これらの基本的な特性は同じものである。ただし、50 年型、51 年型は製作台数が少ないため、現在稼働している大部分のものは 52 年型とされている。なお、西暦年数のあとに、A、B、C 等のアルファベットがつけられる場合もあるが、これは前者の 2 つのタイプがともにすす書き式であることを、また、最後のものがペン書き式であることを示している。

図 1.1 は 52 C 型一倍強震計の外観を示したものであり、主要な諸元は表 1.1 に示すとおりである。ここで、制振度とは振子の減衰性を定義する量である。すなわち、図 1.2 に示すように、振子を片方に d_1 だけ振らし、これを自由振動させた場合に反対方向に d_2 だけ振動したとすれば、制振度 v は次式で定義される。

$$v = \frac{d_1}{d_2} \quad (1.1)$$

いま、振子を 1 自由度の線形粘性減衰振動系と仮定すれば、自由振動による振子の減衰振動より式 (1.1) は次のように変形される。

$$v = e^{\frac{h\pi}{\sqrt{1-h^2}}} \quad (1.2)$$

ここで、 h は減衰定数である。式 (1.2) を変形すると、 h と v の関係は次式となる。

$$h = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{\log_e v}\right)^2}} \quad (1.3)$$

これより、 $v = 7, 8, 9$ に対する減衰定数を求めると、それぞれ $h = 0.527, 0.552, 0.573$ となり、 $v = 7 \sim 9$ の範囲の制振度は減衰定数 $h = 0.55 \pm 0.03$ 程度に相当することがわかる。

制振度および振子の固有周期等の時定数は大きい記録が得られる都度、記録に記入される。表 1.2 は 1968 年日向灘地震による記録に記入された時定数を各観測点ごとに示したものである。

表 1.1 52 C型一倍強震計の主要な特性

項 目	特 性	仕 様
基 本 仕 様	周 期	$\left\{ \begin{array}{l} \text{水平成分} \quad 6.0 \pm 0.2 \text{ 秒} \\ \text{上下成分} \quad 5.0 \pm 0.2 \text{ 秒} \end{array} \right.$
	基 本 倍 率	1 倍 (水平, 上下とも)
	制 振 度	10 以上
	摩 擦 値	$\left\{ \begin{array}{l} \text{水平成分} \quad < 0.04 \text{ mm} \\ \text{上下成分} \quad < 0.05 \text{ mm} \end{array} \right.$
	記 録 方 式	ドラム, インク書き
	起 動 器	電動無停電 (24 時間以上) 方式
振 子 部	刻 時	水平 1 成分のみ
	最大記録全振幅	$\left\{ \begin{array}{l} \text{水平成分} \quad 60 \text{ mm} \\ \text{上下成分} \quad 50 \text{ mm} \end{array} \right.$
	形 式	$\left\{ \begin{array}{l} \text{水平成分} \quad \text{水平振子} \\ \text{上下成分} \quad \text{ユーイング型} \end{array} \right.$
	質 量	$\left\{ \begin{array}{l} \text{水平成分} \quad \text{約 } 5.9 \text{ kg} \\ \text{上下成分} \quad \text{約 } 4.4 \text{ kg} \end{array} \right.$
	描針腕の長さ	$\left\{ \begin{array}{l} \text{水平成分} \quad 300 \text{ mm} \\ \text{上下成分} \quad 250 \text{ mm} \end{array} \right.$
	相当振子の長さ	$\left\{ \begin{array}{l} \text{水平成分} \quad \text{約 } 314 \text{ mm} \\ \text{上下成分} \quad \text{約 } 266 \text{ mm} \end{array} \right.$
ド ラ ム 部	重 心 距 離	$\left\{ \begin{array}{l} \text{水平成分} \quad \text{約 } 274 \text{ mm} \\ \text{上下成分} \quad \text{約 } 227 \text{ mm} \end{array} \right.$
	円 周	750 mm $\pm$ 4 mm
	横 幅	400 mm $\pm$ 2 mm
制 振 器	材 質	$\left\{ \begin{array}{l} \text{ド ラ ム} \quad \text{アルミ板} \\ \text{シャフト} \quad \text{黄銅 (} \phi 12 \text{ mm)} \end{array} \right.$
	マグネット型 制 振 板	MK-5 または同等以上のもの 銅 板
起 動 器	送 り 速 度	30 mm/分
	モ ー タ ー	100V 6W 60Hz シンクロナス
	充 電 方 式	フローティング
そ の 他	記 録 間 隔	1.5 mm
	寸 法	横 1200 mm $\times$ 奥行 1000 mm $\times$ 高さ 600 mm
	重 量	約 150 kg

表 1.2 観測所別時定数の一覧

観 測 所		成 分	時 定 数			
			倍 率 V	固有周期 T (秒)	摩 擦 力 r	制 振 度 v
1	剣 山	U-D	1	6.0	0.01	4
		N-S	1	6.0	0.02	6
		E-W	1	6.0	0.02	6
2	大 阪	U-D	1	4.7	0.025	8
		N-S	1	5.9	0.018	9
		E-W	1	6.0	0.013	9
3	高 松	U-D	1	5.0	0.021	8
		N-S	1	6.0	0.006	8
		E-W	1	6.0	0.020	8
4	足 摺	U-D	1	5.2	0.02	7
		N-S	1	6.1	0.03	8
		E-W	1	6.0	0.02	8
5	松 山	U-D	1	5.0	0.13	5
		N-S	1	6.0	0.05	6
		E-W	1	6.0	0.03	6
6	広 島	U-D	1	4.9	0.02	8
		N-S	1	6.0	0.01	9
		E-W	1	5.9	0.01	9
7	岡 山	U-D	1	5.1	0.020	8
		N-S	1	6.0	0.033	8
		E-W	1	6.2	0.018	8
8	高 知	U-D	1	5.1	0.02	8
		N-S	1	5.9	0.03	8
		E-W	1	6.0	0.02	8
9	京 都	U-D	1	5.0	0.036	8
		N-S	1	5.9	0.037	8
		E-W	1	6.0	0.065	7
10	蔵 原	U-D	1	5.1	0.07	8
		N-S	1	6.0	0.06	8
		E-W	1	5.9	0.07	8
11	延 岡	U-D	1	4.8	0.04	7
		N-S	1	6.0	0.01	9
		E-W	1	6.0	0.01	8
12	下 関	U-D	1	5.0	0.02	9
		N-S	1	6.0	0.02	8
		E-W	1	6.0	0.01	8
13	佐 賀	U-D	1	4.2	0.03	8
		N-S	1	6.0	0.02	8
		E-W	1	6.0	0.02	8
14	鹿 児 島	U-D	1	5.5	0.02	8
		N-S	1	6.0	0.02	8
		E-W	1	6.0	0.02	8
15	福 江	U-D	1	4.9	0.10	9
		N-S	1	5.9	0.13	10
		E-W	1	6.2	0.23	9
16	福 岡	U-D	1	5.0	0.038	8
		N-S	1	6.0	0.072	8
		E-W	1	6.0	0.038	8
17	室 戸 岬	U-D	1	5.4	0.05	8
		N-S	1	6.0	0.04	8
		E-W	1	5.9	0.05	8
18	宇 和 島	U-D	1	5.3	0.02	7
		N-S	1	5.8	0.02	8
		E-W	1	6.0	0.02	8

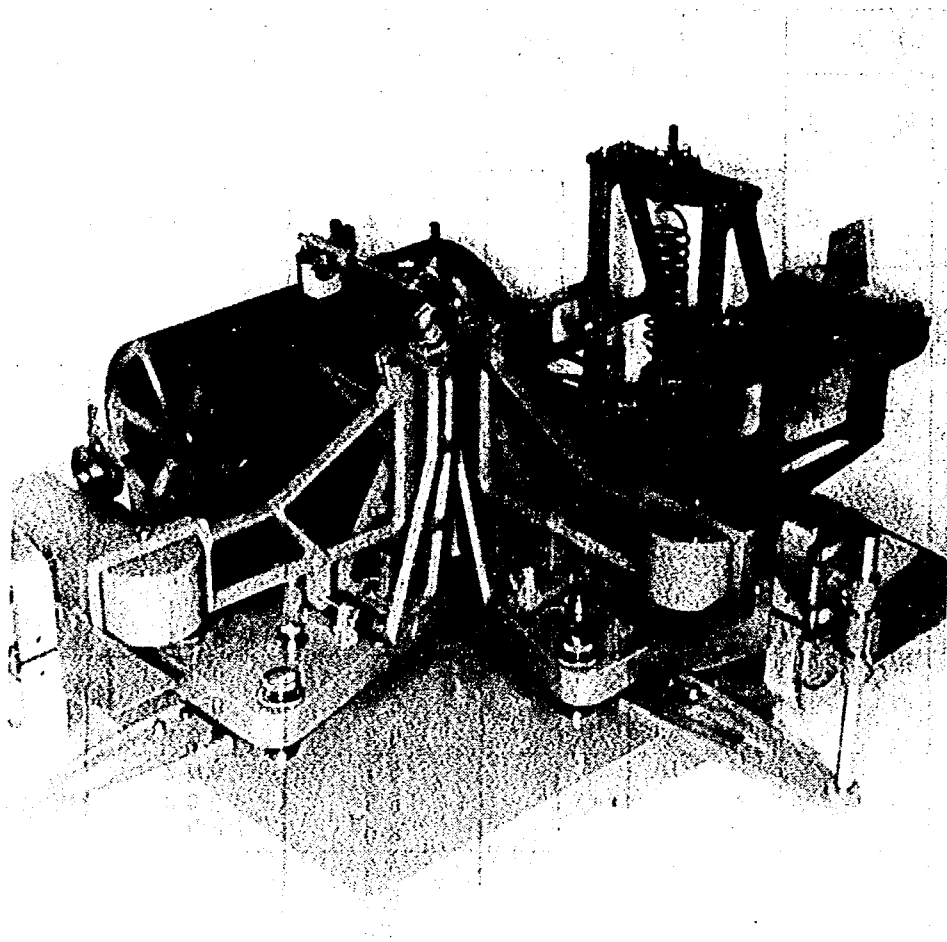


図 1.1 52 C 型一倍強震計の外観

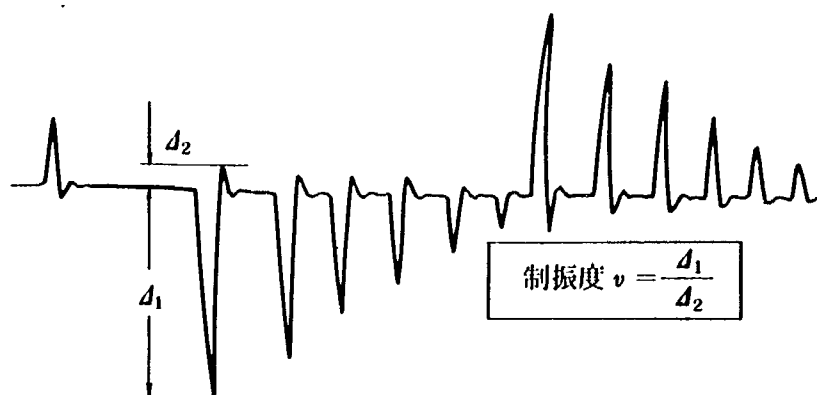


図 1.2 制振度の定義

2. 1968年日向灘地震による記録

「1968年日向灘地震」は、1968年4月1日午前9時42分に足摺岬沖の海底を震源として発生したマグニチュード7.5の地震である。気象庁による震央および震源の深さは、それぞれ、東経 $132^{\circ}32'$ 、北緯 $32^{\circ}17'$ および30kmとされている。また、気象庁による各地の震度は図2.1に示すとおりである。本地震により、高知県および宮崎県を中心として、家屋損壊、道路損壊等の被害があった他、日向灘を中心とする各地で津波による浸水、港湾および漁業施設に対する被害が生じた。

本解析で検討対象とした気象庁一倍強震計記録が得られた観測地点は、剣山、大阪、高松、足摺、松山、広島、岡山、高知、京都、厳原、延岡、下関、佐賀、鹿児島、福江、福岡、室戸岬、宇和島の計18地点である。また、本地震により、石瀬戸橋周辺、妙見橋周辺、板島橋周辺、有明海干拓堤防、和歌山港内、高知港内、細島港内の7地点のいずれも地盤上で、工学式強震計（SMAC型強震計）により記録が得られている。これら工学式強震計記録については、計器補正を加えた上で、上記気象庁一倍強震計記録との比較を行った。なお、これらの気象庁一倍強震計および工学式強震計の設置位置は、図2.2に示すとおりである。

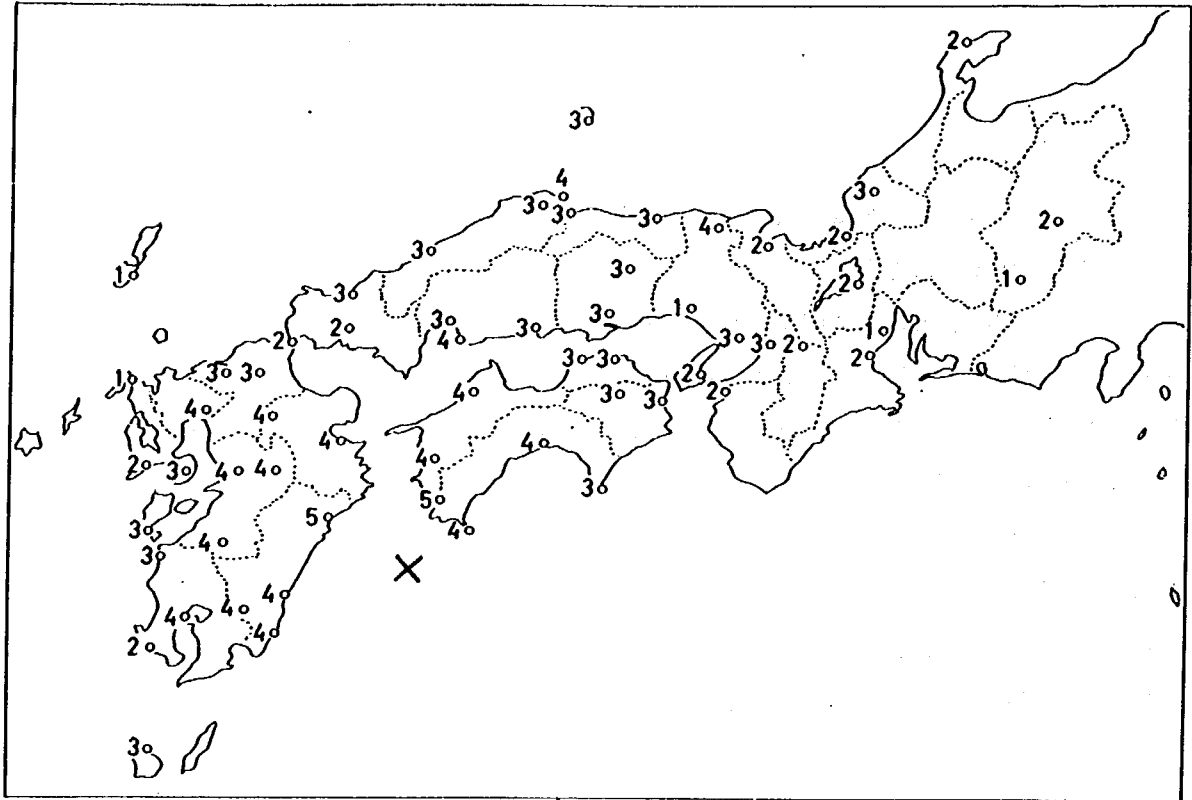


図 2.1 1968 年日向灘地震の震度分布（気象庁による）

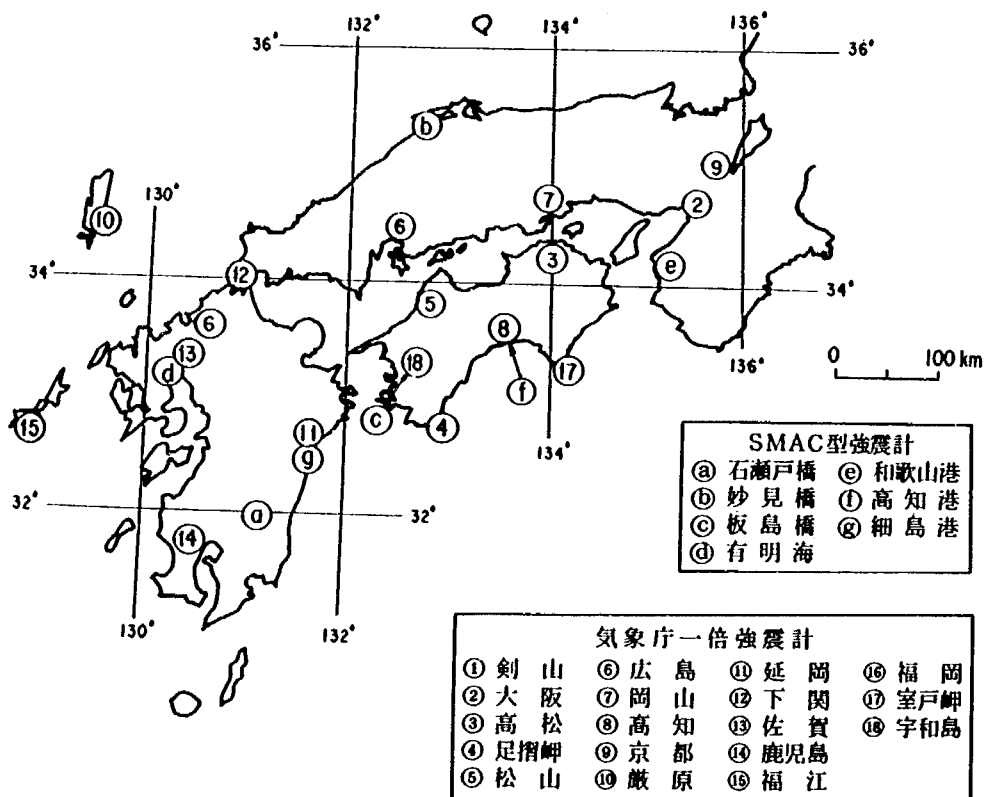


図 2.2 気象庁一倍強震計および工学式強震計の設置位置

3. 数 値 化 お よ び 計 器 補 正

3.1 数 値 化

記録の数値化は建設省土木研究所所有のディジタイザーにより行った。ディジタイザーは、SMAC型強震計記録の数値化のために導入されているもので、読取りテーブル部、コンソール部、出力装置部から構成されている。読取りの最小分解能（公称値）は $2.5/100\text{mm}$ である。気象庁1倍強震計記録に対する読取りの方式は、SMAC型強震計の場合と基本的に同じであり、記録をテーブル上にセットし、カーソル内に印された直径約 0.3mm の点を記録波形に沿って手動操作によりスライドさせながら、オペレータが指示する任意の時間とそれに対応する変位を読み取る。時間およびこれに対応する変位の値は離散化データとしてフロッピーディスクに書き込まれたのち、大型電子計算機により内挿（読取点の直線補間）し、等時間間隔の変位記録にする。読取りには、原記録をマイクロフィルムにとり、これを原寸の2倍の大きさにマイラー紙上に拡大コピーしたものをを用いた。

読取りの範囲は、記録立上りの直前の時間パルス信号を起点とし、終了は数値化可能な点までとした。このようにして読み取った波形は、フィルムに焼付けた実測記録と同一の縮尺（原寸の2倍）でデジタルプロッターにより再生し、再生した波形と原波形とを重ね合わせる事により、目視で両者の一致度を検討した。もし、再生波形と原波形が継続時間内のどの1点においても一致しない場合には、もう一度最初から読み直しすることを原則とした。ただし、原記録に高振動数の成分が卓越し、正確に波形をトレースできない箇所があったため、このような箇所については、周期2秒程度以上の基本的な波形の動きを追うことを基本とした。なお、時間パルス信号は、読取可能な範囲ですべて読み取り、この信号内では紙送り速度が一定であるものと仮定して送り速度のむらの影響を補正した。

3.2 記録のメンディング

記録波形の中には、ある区間が途切れていたり、あるいは、明らかに正常な記録とは考えられない形状を示すものがあつた。たとえば、図3.1は大阪のE-W成分の記録の一部であるが、波形が時間軸で逆転している。このような現象は記録中に地震計に誤って手や体を触れた場合に生じる場合が多いとされている。

3.3 円 弧 補 正

記録ペンのアーム長は 30cm であり、一方、記録の最大片振幅は 3cm であるから、記録には無視し得ない程度の圆弧の影響が入ることになる。いま図3.2に示すように座標軸をとると、記録紙上の点Aは、圆弧の影響がないとすれば本来A'の位置になければならない。ペンの長さを l 、中心軸からのペンの回転角を θ とすれば、点Aの直交座標 X 、 Y は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} X &= l - l \cos \theta \\ Y &= l \sin \theta \end{aligned} \quad (3.1)$$

一方、点 A' の直交座標 x, y は次式で与えられる。

$$\begin{aligned}x &= 0 \\y &= l \theta\end{aligned}\tag{3.2}$$

したがって、円弧の影響による補正量 $\Delta x_1, \Delta y_1$ (以後、円弧補正量と呼ぶ) は式 (3.1) および (3.2) より、次のように求められる。

$$\begin{aligned}\Delta x_1 &= X - x \\&= l (1 - \cos \theta)\end{aligned}\tag{3.3}$$

$$\begin{aligned}\Delta y_1 &= Y - y \\&= l (\sin \theta - \theta)\end{aligned}\tag{3.4}$$

ただし、ここで、 Δx_1 を時間単位に変換するためには、これを記録紙の送り速度 v で割らなければならない。よって、式 (3.3) より、 Δt_1 は次のようになる。

$$\begin{aligned}\Delta t_1 &= \frac{\Delta x_1}{v} \\&= \frac{l}{v} (1 - \cos \theta)\end{aligned}\tag{3.5}$$

3.4 波形のゆがみおよびその補正法

波形としては連続しているが、プラスもしくはマイナスのいずれか一方に中心線が偏ったり、あるいは波形の勾配がある一定の方向に大きくなっている記録がある。このような現象が生じる原因としては以下の3者が考えられる。

- 1) 気象庁1倍強震計は固有周期が5～6秒と長いため、振子の復元力が小さく機構がフレキシブルである。したがって、いったん記録ペンが中心線からずれると、もとに復帰しない場合がある。この場合には記録ペンはある角度ふったままで記録を描くことになり、中心線がずれるとともに、波形の勾配が一方にのみ大きくなることになる。図3.3に示す鹿児島島のN-S成分の記録は、このような例である。
- 2) 記録ペンが衝撃等で曲がり、中心軸がある量だけドリフトした結果、もとの中心軸と平行な新しい中心軸ができ、このまわりに波形を描く場合。
- 3) 上記1) および2) が複合して生じる場合。

上記のうち、2) では、中心軸のドリフトは一瞬に生じる訳ではなく、ある有限の時間内 (一般には主要動付近) で生じるが、この過程を追うことは非常に困難である。また、中心軸ドリフト後のドリフト量を記録波形から求めることさえも一般には非常に難しいことから、これに対する補正を加えることはできなかった。

これに対して、1)の場合には、単に記録ペンがピボットを中心に回転を起こしただけであるから、以下のように補正を行うことにした。すなわち、いま図3.4に示すように記録ペンが本来の中心線に対して θ_0 だけの回転を生じ、この位置を中心に地震動の変位に比例した回転 θ をしているとする。この場合には、記録紙上で点A(X, Y)にある点は、本来は点A'(x, y)になければならない。図3.4に示すように、点Aの座標(X, Y)は次のように与えられる。

$$\begin{aligned} X &= l - l \cos \theta \\ Y &= l \sin \theta \end{aligned} \quad (3.6)$$

また、点A'の座標(x, y)は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} x &= l - l \cos (\theta - \theta_0) \\ y &= l \sin (\theta - \theta_0) \end{aligned} \quad (3.7)$$

したがって、 θ_0 による補正量 $\Delta x_2, \Delta y_2$ は次式となる。

$$\begin{aligned} \Delta x_2 &= X - x \\ &= l \{ \cos (\theta - \theta_0) - \cos \theta \} \end{aligned} \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned} \Delta y_2 &= Y - y \\ &= l \{ \sin \theta - \sin (\theta - \theta_0) \} \end{aligned} \quad (3.9)$$

ただし、式(3.5)と同時に、 Δx_2 を時間単位に変換するためには、これを記録紙の送り速度 v で割らなければならない。よって、式(3.8)より、 Δt_2 は次のようになる。

$$\begin{aligned} \Delta t_2 &= \frac{\Delta x_2}{v} \\ &= \frac{l}{v} \{ \cos (\theta - \theta_0) - \cos \theta \} \end{aligned} \quad (3.10)$$

θ_0 補正は以上のとおりであるが、 θ_0 補正と円弧補正の両者による補正量は以下のようになる。すなわち、 θ_0 補正と円弧補正は独立であるから、まず、 θ_0 補正を施し、その後に円弧補正を加えるものとする。この場合の円弧補正量は、式(3.3)、(3.4)および(3.5)で θ を $\theta - \theta_0$ と置いて次のように与えられる。

$$\Delta x'_1 = l \{ 1 - \cos (\theta - \theta_0) \} \quad (3.11)$$

$$\Delta y'_1 = l \{ \sin (\theta - \theta_0) - \theta + \theta_0 \} \quad (3.12)$$

$$\Delta t'_1 = \frac{\Delta x'_1}{v} \quad (3.13)$$

これより、 θ_0 補正と円弧補正の両者による補正量の合計は、以下になる。

$$\begin{aligned}\Delta x &= \Delta x'_1 + \Delta x_2 \\ &= l \{ 1 - \cos(\theta - \theta_0) \} + l \{ \cos(\theta - \theta_0) - \cos \theta \} \\ &= l \{ 1 - \cos \theta \}\end{aligned}\tag{3.14}$$

$$\begin{aligned}\Delta y &= \Delta y'_1 + \Delta y_2 \\ &= l \{ \sin(\theta - \theta_0) - \theta + \theta_0 \} + l \{ \sin \theta - \sin(\theta - \theta_0) \} \\ &= l \{ \sin \theta - \theta + \theta_0 \}\end{aligned}\tag{3.15}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v}\tag{3.16}$$

ここで、 Δy は以下のように解釈される。

$$\begin{aligned}\Delta y &= l \{ \sin \theta - \theta + \theta_0 \} \\ &= \underbrace{l \{ \sin \theta - \theta \}}_{\theta \text{ の場合の円弧補正}} + \underbrace{l \theta_0}_{\theta_0 \text{ によるドリフト分}}\end{aligned}\tag{3.17}$$

次に、式(3.15)および(3.16)により θ_0 補正(円弧補正を含む)を施す場合には θ_0 自身をあらかじめ正しく知っている必要がある。実際には、 θ_0 は未知であるから、トライアンドエラーにより θ_0 を求めなければならない。このための判定条件として、ここでは Skoko らに従い、波形の長さが十分長い場合には、波形の勾配の総和は一般に0に近くなるとの仮定を導入し、以下のように θ_0 を定めることとした。すなわち、いま、任意時間間隔で数値化した記録の第*i*番目の点(x_i, y_i)と*i*+1番目の点(x_{i+1}, y_{i+1}) ($i = 1, 2, \dots, N-1, N$:総データ数)の間の勾配を S_i とする。この時、次のような条件を満足するように θ_0 を定めようとするものである。

$$\sum_{i=1}^{N-1} S_i = 0\tag{3.18}$$

ここで、 S_i は次式で与えられる。

$$S_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}\tag{3.19}$$

ただし、 θ_0 をあらかじめ仮定しないと式(3.9)および(3.10)による補正ができないため、実際の計算では適当に θ_0 を補正し、式(3.19)を求め、式(3.18)が満足されるよう数回のトライアンドエラーを繰り返す。

ただし、後述するように式(3.19)により勾配を求めると、ある瞬間には勾配が無限大に大きくなる。(+, -両側とも)箇所が現われ、このような値が式(3.18)で支配的となる場合がある。このため、*i*点と*i*+1点間の線分の長さの重みを付けた場合、および勾配のtanをとる場合を考えることとした。こ

のようにして、最終的には勾配 S_i は以下の4通りの方法で求め、試算によりこれらの適用性を検討した。

$$\begin{aligned}
 & \tan^{-1} \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \right) \dots\dots\dots (\text{タイプ I}) \\
 & \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \right) \right\} \frac{l_i}{l} \dots\dots\dots (\text{タイプ II}) \\
 & \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \dots\dots\dots (\text{タイプ III}) \\
 & \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \times \frac{l_i}{l} \dots\dots\dots (\text{タイプ IV})
 \end{aligned} \tag{3.20}$$

ここで、

$$\begin{aligned}
 l_i &= \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \\
 l &= \sum_{i=1}^{N-1} l_i
 \end{aligned} \tag{3.21}$$

記録の最大片振幅は3 cmであり、記録ペンのアーム長は30 cmであるから、 $|\theta_0| \leq 0.1$ である。したがって、 θ_0 を $-0.1 \sim 0.1$ の範囲で逐次変化させ、 $\sum_{i=1}^{N-1} S_i$ の値を求めた。図3.5は剣山の記録に対する θ_0 と $\sum_{i=1}^{N-1} S_i$ の関係を示したものである。ただし、この図では縦軸の値は $\sum_{i=1}^{N-1} |S_i|$ で正規化してある。このような計算から、 $\sum_{i=1}^{N-1} S_i = 0$ となる θ_0 を求めると、表3.1のようになる。表3.1の θ_0 に基づき式(3.15)および(3.16)による補正を加えた波形の一例として、大阪および足摺の記録の場合を、それぞれ、図3.6および図3.7に示す。これによれば、タイプⅢおよびⅣの場合には、上述した理由により θ_0 が不安定に大きな値となる場合があることがわかる。これに対して、勾配の角度をとるタイプⅠおよびⅡの場合は、ともに比較的正しく θ_0 の影響が補正されている。ここでは、タイプⅡの場合がタイプⅠよりも線分の長さの重みをつけており、より安定した結果を与えることから、タイプⅡを θ_0 の補正に用いることとした。

3.5 計器補正および加速度、速度の計算法

計器補正および加速度、速度の計算は以下のように振動数領域で加えた。いま、式(3.15)および(3.16)により θ_0 補正および円弧補正を加えた変位記録を $d_0(t)$ とすれば、そのフーリエ変換 $F_0(f)$ は、次のように求められる。

$$F_0(f) = \int_{-\infty}^{\infty} d_0(t) e^{-i2\pi f t} dt \tag{3.22}$$

これに気象庁1倍強震計の特性によるフィルター $F_c(f)$ を見込み、補正した加速度 $a(t)$ 、速度 $v(t)$ 、変位 $d(t)$ を次式で求めた。

$$a(t) = \int_{-\infty}^{\infty} -4\pi^2 f^2 F(f) e^{i2\pi f t} df \quad (3.23)$$

$$v(t) = \int_{-\infty}^{\infty} i2\pi f F(f) e^{i2\pi f t} df \quad (3.24)$$

$$d(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F(f) e^{i2\pi f t} df \quad (3.25)$$

ここで,

$$F(f) = F_0(f) \cdot F_c(f) \quad (3.26)$$

また, 補正フィルタ $F_c(f)$ は次式とした。

$$F_c(f) = \frac{e^{i\phi(f)}}{R(f)} \cdot A(f) \quad (3.27)$$

ここで,

$$R(f) = \frac{1}{\sqrt{\left\{ \left(\frac{f_0}{f} \right)^2 - 1 \right\}^2 + 4h^2 \left(\frac{f_0}{f} \right)^2}} \quad (3.28)$$

$$\phi(f) = \tan^{-1} \left[\frac{2h \left(\frac{f_0}{f} \right)}{\left(\frac{f_0}{f} \right)^2 - 1} \right] \quad (3.29)$$

ここで, f_0 および h は, それぞれ, 振子の固有振動数および減衰定数であり, また, $A(f)$ は振幅の傾向関数である。傾向関数 $A(T)$ (式の都合上, 周期 T の関数として表す) は次式で与えられるバンドパスフィルターとした。

$$A(T) = \begin{cases} 0 & \dots\dots\dots T < T_{LL} \\ \frac{1}{2} \left[1 - \cos \left(\frac{T - T_{LL}}{T_{LU} - T_{LL}} \pi \right) \right] & \dots\dots T_{LL} \leq T \leq T_{LU} \\ 1 & \dots\dots\dots T_{LU} \leq T \leq T_{LU} \\ \frac{1}{2} \left[1 + \cos \left(\frac{T - T_{UL}}{T_{UU} - T_{UL}} \pi \right) \right] & \dots\dots T_{UL} \leq T \leq T_{UU} \\ 0 & \dots\dots\dots T > T_{UU} \end{cases} \quad (3.30)$$

ここで、 T_{LL} および T_{UU} は、それぞれ、短周期および長周期側の遮断周期であり、 T_{LU} および T_{UL} は、それぞれ、 T_{LL} および T_{UU} に対応する傾向関数が0となる周期である。

傾向関数の周期範囲は、計測器の特性および記録の数値化精度の両者から定めなければならない。加速度波形を式(3.23)により求めるためには当然周期の短い成分が大きく影響してくる。気象庁一倍強震計記録に対する数値化精度を検討した事例はないが、記録の形状がSMAC-B₂型強震計記録に比較的似ていることから、SMAC-B₂型強震計記録の数値化精度に対する検討結果を参考に数値化の精度が安定した周期範囲を検討してみることにした。すなわち、SMAC-B₂型強震計では紙送り速度は1cm/秒であるため、時間軸は1秒が1cmに相当している。このような条件でSMAC-B₂型強震記録の短周期側の実用的な遮断周期は、一応約1/12秒とされている。これに対して、気象庁一倍強震計では1分間が3cmであり、1秒は1/20cmに対応している。したがって、ディジタイザーによる時間軸の分解能は同じであり、紙送り速度が短周期側の遮断周期に比例すると考えると、気象庁一倍強震計の短周期側の遮断周期は $1/12 \times 20 = 1.6$ 秒となる。したがって、このような結果を参考にし、 $T_{LU} = 2$ [秒]、 $T_{LL} = 1.3$ [秒]ととることにした。一方、長周期側についても、数値化精度に基づくSMAC-B₂型強震計記録の遮断周期(3秒程度)をもとに検討すると、 T_{UL} は $3 \times 20 = 60$ 秒程度までとれることになる。しかしながら、気象庁一倍強震計の固有周期は5~6秒であり、60秒までの地震動を忠実に記録しているとは考えられない。したがって、式(3.28)の振幅特性を種々検討し、ここでは $T_{UL} = 20$ [秒]、 $T_{UU} = 30$ [秒]とすることとした。この場合の式(3.28)および(3.29)による振幅および位相の補正量を固有周期6秒(水平成分)および5秒(上下成分)の場合について示すと、図3.8のようになる。

3.6 各種補正を加えた地震動の変位、速度および加速度

以上のようにして図3.9のフローに従い、 θ_0 補正、円弧補正および計器補正を加えた変位および速度、加速度の波形を示すと、図3.10~図3.27のようになる。各記録ごとにデータ個数、継続時間、波形メソディングの個数等を表3.2に示す。また、これらの最大値(最大変位、最大速度、最大加速度)を表3.3に示す。なお図3.10~図3.27では同一観測地点ごとにN-S成分、E-W成分、U-D成分の間の時間の同時性は確保されていない。これは、記録ペンの支持位置が3成分間で同じではなく、原記録においても時間の同時性がはっきりしないためである。

次に、固有周期2秒~20秒の範囲で、加速度応答スペクトル、速度応答スペクトル、変位応答スペクトルを求めると、図3.28~図3.45のようになる。ここで、減衰定数 h は0, 0.01, 0.02, 0.05とした。

表 3.1 式 (3.18) の $\sum_{i=1}^{N-1} S_i = 0$ となる θ_0 の値 (単位 : rad)

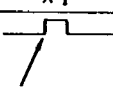
No	観測所名	成分	タイプ I	タイプ II	タイプ III	タイプ N
1	剣 山	U-D	- 0.0136	- 0.0374	- 0.0904	- 0.0918
		N-S	0.1050	- 0.0279	- 0.0810	- 0.0812
		E-W	0.1050	- 0.0061	- 0.0923	- 0.0830
2	大 阪	U-D	- 0.0428	- 0.0135	- 0.0939	- 0.0992
		N-S	0.0094	0.0079	- 0.0929	- 0.0936
		E-W	0.0596	- 0.0003	- 0.0969	- 0.0954
3	高 松	U-D	0.0136	0.0245	- 0.0972	- 0.0926
		N-S	0.0366	0.0369	- 0.0912	- 0.0912
		E-W	0.0136	0.0178	- 0.0796	- 0.0782
4	足 摺	U-D	0.0207	0.0169	- 0.0712	- 0.0206
		N-S	-----	-----	-----	-----
		E-W	- 0.0108	0.0217	- 0.0789	- 0.0776
5	松 山	U-D	0.0047	- 0.0107	- 0.0891	- 0.0910
		N-S	0.0389	- 0.0067	- 0.0801	- 0.0677
		E-W	-----	-----	-----	-----
6	広 島	U-D	0.0317	- 0.0169	- 0.0972	- 0.0975
		N-S	0.0378	- 0.0041	- 0.0988	- 0.0988
		E-W	- 0.0306	0.0181	- 0.0954	- 0.0958
7	岡 山	U-D	0.1050	- 0.0033	- 0.0904	- 0.0927
		N-S	0.0487	- 0.0105	- 0.0777	- 0.0970
		E-W	0.0619	0.0320	- 0.0868	- 0.0956
8	高 知	U-D	- 0.0352	0.0094	- 0.0946	- 0.0679
		N-S	0.0546	0.0323	- 0.0762	- 0.0472
		E-W	0.0558	0.0196	- 0.0656	- 0.0557
9	京 都	U-D	0.0353	0.0222	- 0.0509	0.0486
		N-S	0.0569	0.0059	- 0.0963	- 0.0970
		E-W	0.0930	0.0298	- 0.0874	- 0.0900
10	厳 原	U-D	0.0045	- 0.0096	- 0.0129	- 0.0108
		N-S	0.0390	- 0.0398	- 0.0221	- 0.0355
		E-W	0.1048	0.0434	- 0.0890	- 0.0955
11	延 岡	U-D	- 0.0376	- 0.0259	- 0.0975	- 0.0967
		N-S	0.1049	0.0316	- 0.0901	- 0.0809
		E-W	- 0.0164	0.0034	- 0.0987	- 0.0975
12	下 関	U-D	0.0816	- 0.0225	- 0.0997	- 0.0992
		N-S	0.0226	- 0.0310	- 0.0943	- 0.0846
		E-W	0.1050	0.0149	- 0.0987	- 0.0854
13	佐 賀	U-D	- 0.0101	- 0.0246	- 0.0777	- 0.0678
		N-S	0.0158	- 0.0160	- 0.0971	- 0.0982
		E-W	-----	-----	-----	-----
14	鹿 児 島	U-D	- 0.0148	0.0142	- 0.0999	- 0.0927
		N-S	0.0427	- 0.0280	- 0.0520	- 0.0515
		E-W	- 0.0013	0.0249	- 0.0987	- 0.0720
15	福 江	U-D	0.0116	- 0.0245	- 0.0076	- 0.0310
		N-S	0.0409	- 0.0246	- 0.0770	- 0.0916
		E-W	- 0.0018	- 0.0026	0.0033	- 0.0088
16	福 岡	U-D	0.0500	0.0209	- 0.0968	- 0.0984
		N-S	0.0309	0.0235	- 0.0857	- 0.0837
		E-W	0.0344	0.0257	- 0.0971	- 0.0814
17	室 戸 岬	U-D	0.0519	0.0038	- 0.0971	- 0.0955
		N-S	0.1050	0.0001	- 0.0981	- 0.0945
		E-W	- 0.0510	- 0.0260	- 0.0996	- 0.0965
18	宇 和 島	U-D	-----	-----	-----	-----
		N-S	0.1048	0.0254	- 0.1000	- 0.0610
		E-W	0.0734	0.0202	- 0.0948	- 0.0745

表 3.2 解析対象記録の一覧

No	観測所名	成 分	計器補正前(不等間隔データ)		計器補正後(補間データ)		継続時間 〔 秒 〕	修 正 個所数	振り切れ
			最大変位〔cm〕	データ個数	最大変位〔cm〕	データ個数			
1	剣 山	U-D	0.493	851	0.849	6292	529.2		
		N-S	1.039	1762	3.423	5381	538.1		
		E-W	-0.843	694	-3.036	5270	527.0		
2	大 阪	U-D	0.618	1169	1.664	4702	470.2	1	
		N-S	2.364	706	4.241	4713	471.3	1	
		E-W	2.317	1004	-4.164	4669	466.9	1	
3	高 松	U-D	0.257	1135	1.040	5983	598.3		
		N-S	-0.922	1106	-2.981	5840	584.0		
		E-W	-1.184	932	3.331	5988	598.8		
4	足 摺	U-D	2.127	908	2.438	4771	477.1	1	
		N-S	—	—	—	—	—		
		E-W	-3.960	1034	7.783	4798	479.8	2	振り切れ
5	松 山	U-D	-0.615	613	3.556	4773	477.3	1	
		N-S	-1.327	731	3.908	4761	476.1		
		E-W	—	—	—	—	—		
6	広 島	U-D	0.444	831	-1.507	4787	478.7		
		N-S	-0.495	914	-2.171	4798	479.8		
		E-W	1.026	886	2.721	4793	479.3		
7	岡 山	U-D	-0.325	526	-1.132	5394	539.4		
		N-S	-0.847	621	-2.998	5388	538.8		
		E-W	1.007	610	-3.274	5321	532.1		
8	高 知	U-D	-0.794	482	-1.600	2660	266.0		
		N-S	-2.067	544	-5.211	2989	298.9		
		E-W	2.015	507	8.168	2947	294.7		
9	京 都	U-D	0.166	387	0.692	4765	476.5		
		N-S	0.605	543	2.170	4764	476.4		
		E-W	-0.445	1024	2.079	4784	478.4		
10	厳 原	U-D	0.346	522	1.131	5374	537.4		
		N-S	-0.224	377	-0.558	5385	538.5		
		E-W	0.273	463	-0.811	5375	537.5		
11	延 岡	U-D	2.161	702	-5.389	4782	478.2		
		N-S	2.422	1129	-4.086	4796	479.6		
		E-W	-3.254	759	-6.729	4785	478.5		
12	下 関	U-D	0.483	631	-2.099	4191	419.1		
		N-S	0.458	602	1.174	4052	405.2		
		E-W	-0.482	625	0.757	4175	417.5		
13	佐 賀	U-D	0.750	1502	1.034	5998	599.8		片側 振り切れ
		N-S	-1.997	1349	2.663	5904	590.4		
		E-W	—	—	—	—	—		
14	鹿児島	U-D	0.758	1028	3.237	4790	479.0		振り切れ
		N-S	-4.260	895	6.868	4783	478.3		
		E-W	-2.012	923	-7.097	4735	473.5		
15	福 江	U-D	0.455	430	1.392	2947	294.7		
		N-S	-0.318	459	-0.585	2958	295.8		
		E-W	0.597	447	1.110	2920	292.0		
16	福 岡	U-D	-0.485	631	-1.112	4173	417.3	1	
		N-S	-0.910	623	1.109	4031	403.1	2	
		E-W	-0.790	634	1.437	4164	416.4	2	
17	室戸岬	U-D	0.400	1967	1.048	4800	480.0		
		N-S	-2.094	2051	8.810	4786	478.6		
		E-W	1.220	1892	4.344	4771	477.1		
18	宇和島	U-D	-1.955	1991	-5.199	5983	598.3	1	
		N-S	1.350	1830	-4.505	5964	596.4	1	
		E-W	2.282	2125	5.316	5946	594.6	1	

表 3.3 最大変位, 最大速度および最大加速度の一覧

No	観測所名	上 下 成 分			南 北 成 分			東 西 成 分			震央距離 (km)
		最大変位 (cm)	最大速度 (cm/sec)	最大 加 速 度 (gal)	最大変位 (cm)	最大速度 (cm/sec)	最大 加 速 度 (gal)	最大変位 (cm)	最大速度 (cm/sec)	最大 加 速 度 (gal)	
1	剣 山	0.849	1.015	2.142	3.423	2.137	2.618	3.036	1.416	1.155	227
2	大 阪	1.664	1.228	3.011	4.241	3.279	5.589	4.164	2.420	3.648	384
3	高 松	1.040	0.599	0.848	2.981	1.865	2.760	3.331	2.345	3.786	266
4	足 摺	2.438	2.727	7.096				7.783	7.996	15.856	66
5	松 山	3.556	1.526	1.691	3.908	2.572	4.110				174
6	広 島	1.507	0.917	1.926	2.171	1.223	1.300	2.721	2.277	2.446	232
7	岡 山	1.132	0.652	0.903	2.998	1.459	1.373	3.274	1.833	2.015	296
8	高 知	1.600	1.367	3.051	5.211	3.258	6.618	8.168	4.075	3.561	169
9	京 都	0.692	0.356	0.524	2.170	1.563	1.275	2.079	1.237	0.820	424
10	畿 原	1.131	0.634	0.771	0.558	0.395	0.619	0.811	0.542	0.522	368
11	延 岡	5.389	5.336	6.349	4.086	5.398	8.879	6.729	3.715	6.128	88
12	下 関	2.099	1.087	1.467	1.174	0.840	1.123	0.757	0.819	1.901	238
13	佐 賀	1.034	1.557	3.989	2.663	3.942	9.639				235
14	鹿 児 島	3.237	1.822	3.919	6.868	9.338	21.080	7.097	4.963	10.261	203
15	福 江	1.392	0.761	1.426	0.585	0.595	1.359	1.110	0.902	1.117	350
16	福 岡	1.112	0.849	1.804	1.109	1.313	2.766	1.437	1.080	2.390	247
17	室 戸 岬	1.048	0.724	1.520	8.810	4.990	4.098	4.344	2.151	2.163	188
18	宇 和 島	5.199	2.830	6.078	4.505	2.368	4.207	5.316	3.592	5.167	106

官 署 名 : 大 阪		地 震 計 名 : $\times 1$	
$\Delta T : +0^m 00.1^s$		分マーク零位 	
成 分	V	T_0	
N-S	1	5.9	0.018 9
E-W	1	6.0	0.013 9
U-D	1	4.7	0.025 8

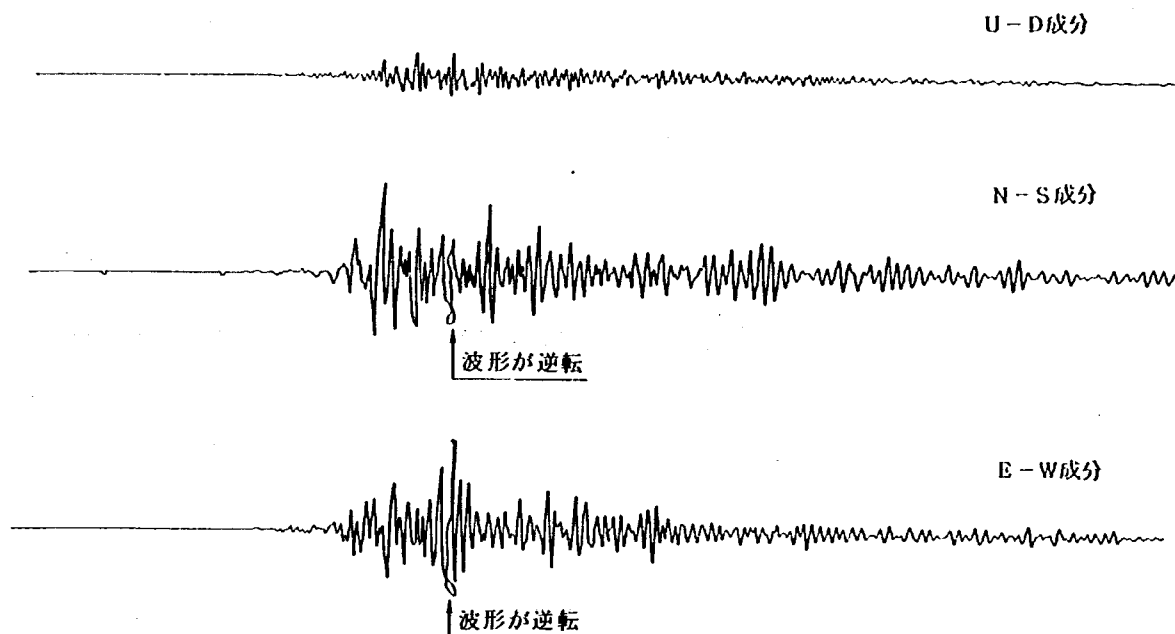


図 3.1 波形が時間軸で逆転している記録の例（大阪，E-W成分）

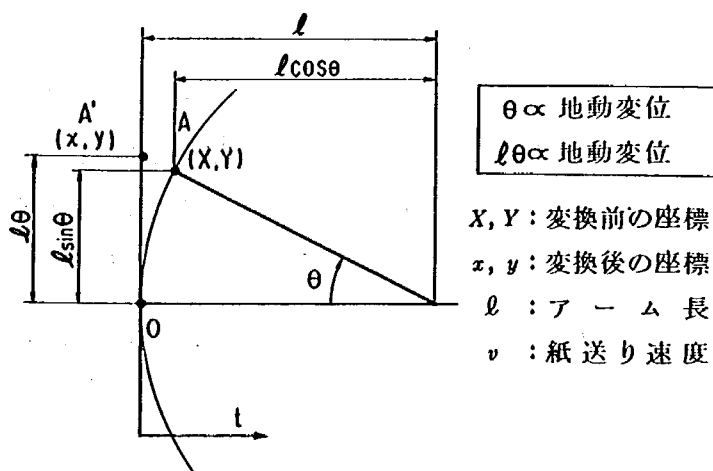


図 3.2 円弧補正

官 署 名 : 鹿 児 島			地 震 計 名 :		$\times 1$	
JT : $0^m 31.0^s$			分マーク寄位			
成 分	V	T_0	r	v	D成分	
N-S	1	6.0	0.02	8	N	
E-W	1	6.0	0.02	8	E	
U-D	1	5.5	0.02	8		

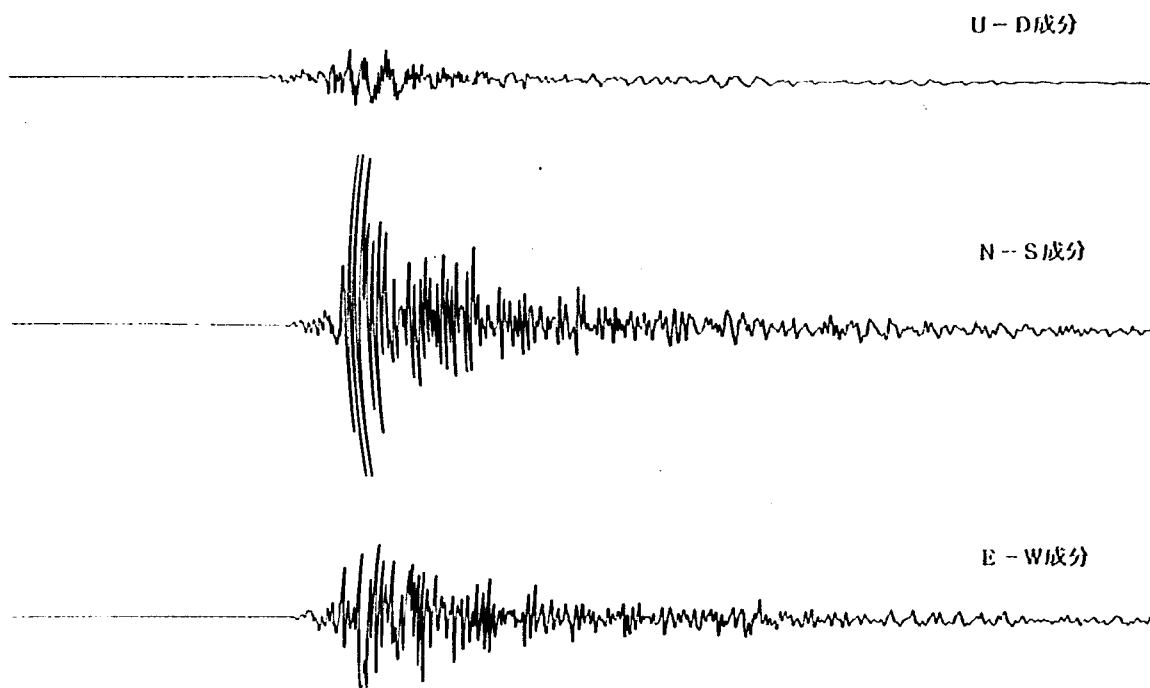


図 3.3 記録ペンがある角度ふったままで記録している例 (鹿児島, N-S成分)

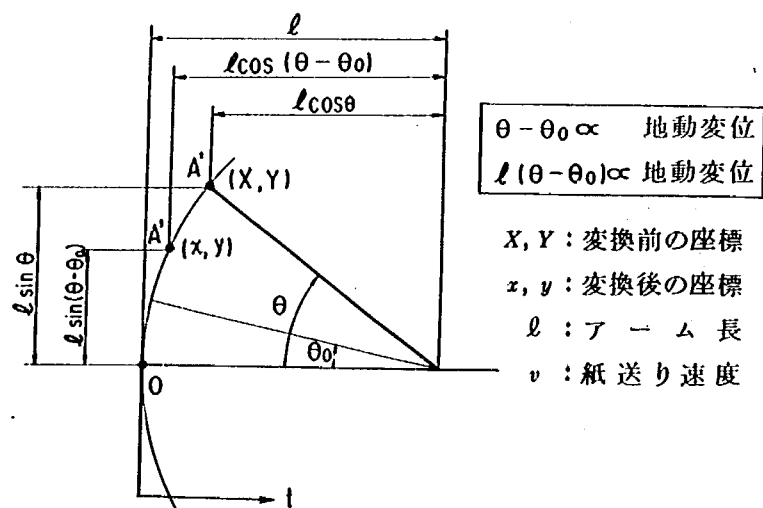
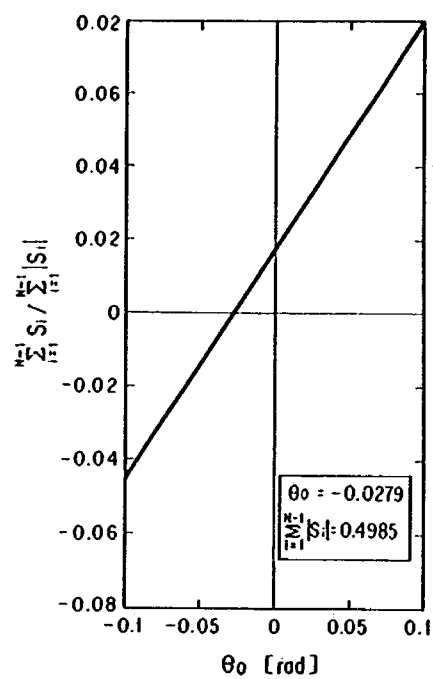
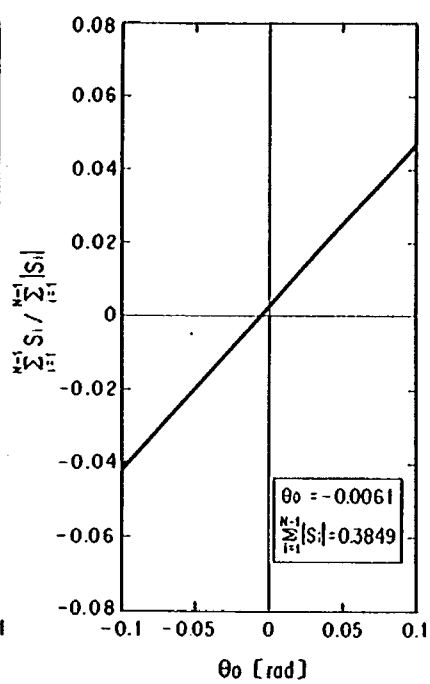


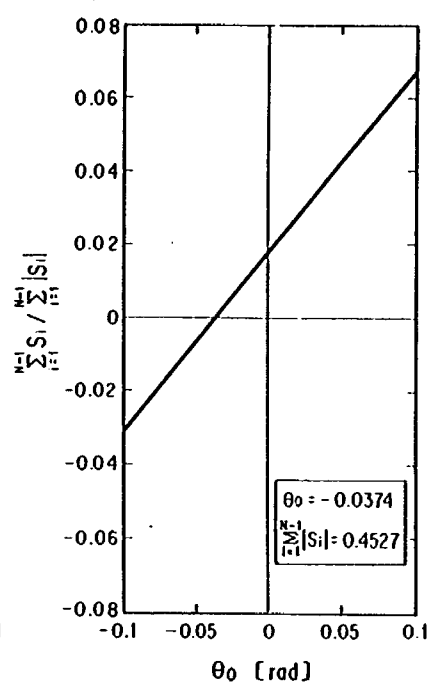
図 3.4 θ_0 補正



(a) N-S成分

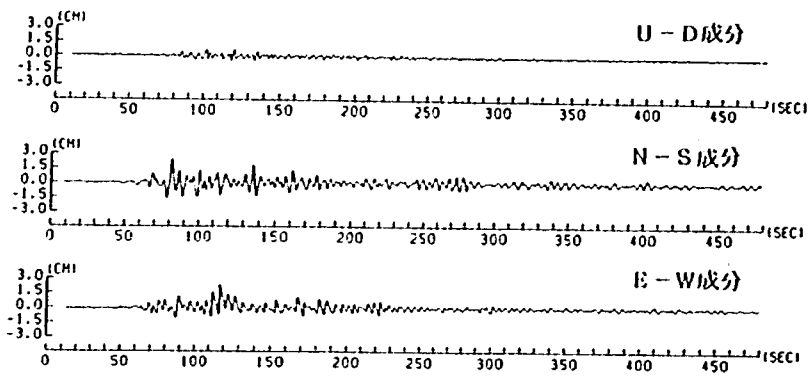


(b) E-W成分

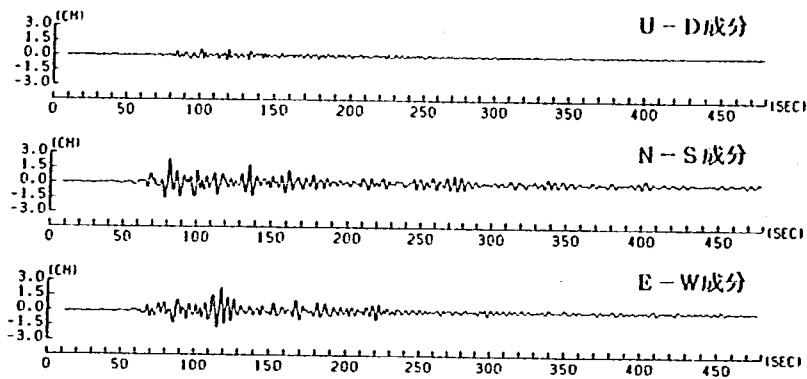


(c) U-D成分

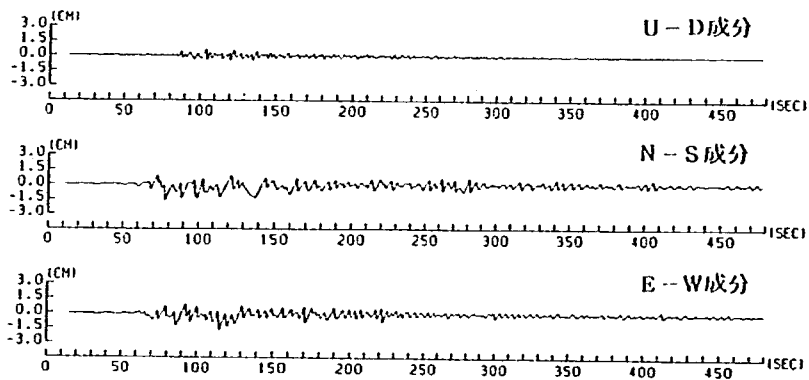
図 3.5 θ_0 と $\sum_{i=1}^{N-1} S_i$ の関係の例 (剣山)



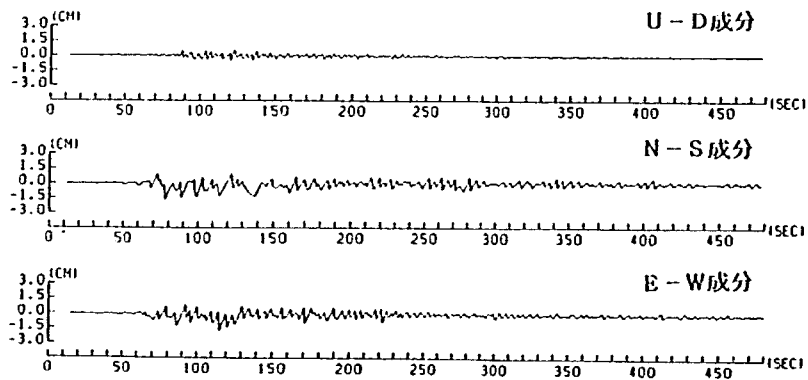
(a) タイプ I



(b) タイプ II

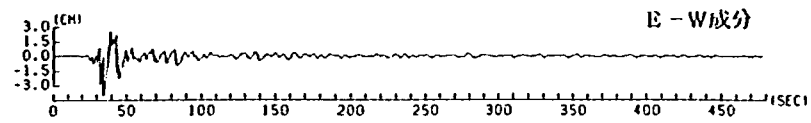
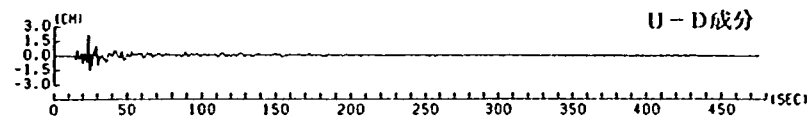


(c) タイプ III

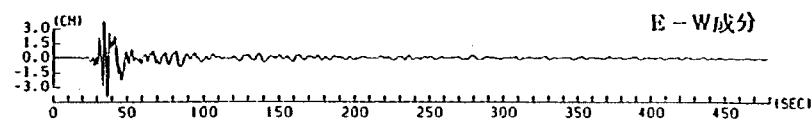
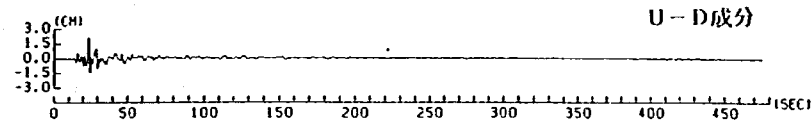


(d) タイプ N

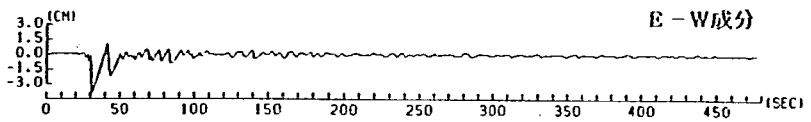
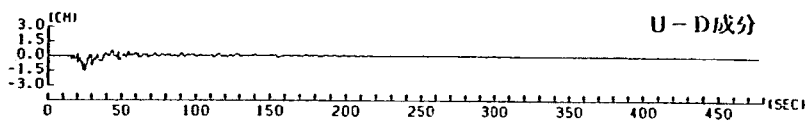
図 3.6 θ_0 補正を加えた波形の例 (大阪)



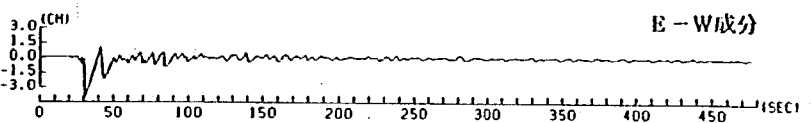
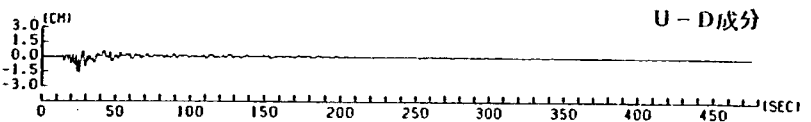
(a) タイプ I



(b) タイプ II

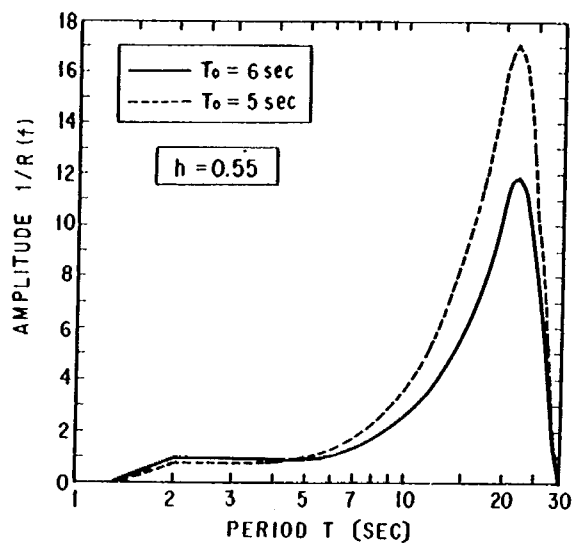


(c) タイプ III

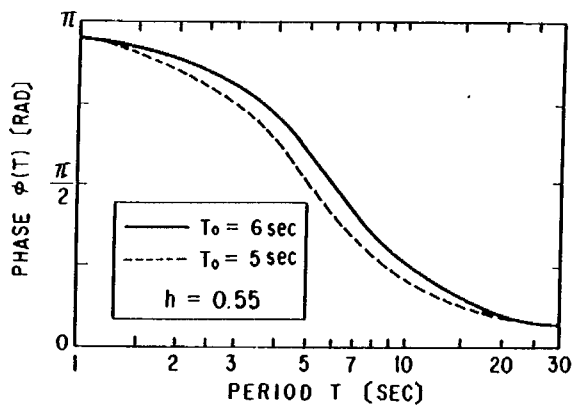


(d) タイプ IV

図 3.7 θ_0 補正を加えた波形の例 (足摺)



(a) 振幅特性



(b) 位相特性

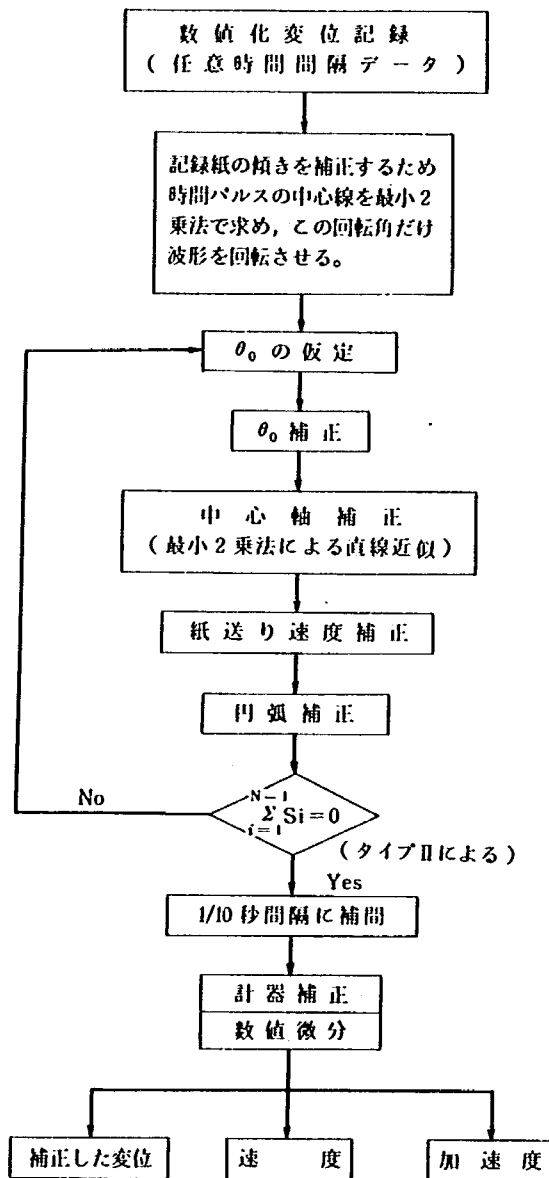
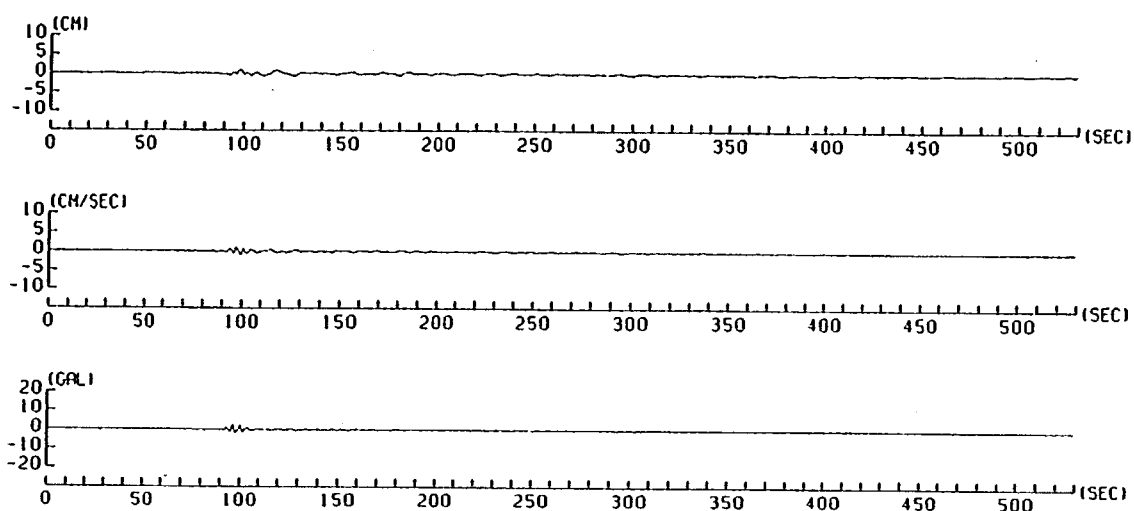
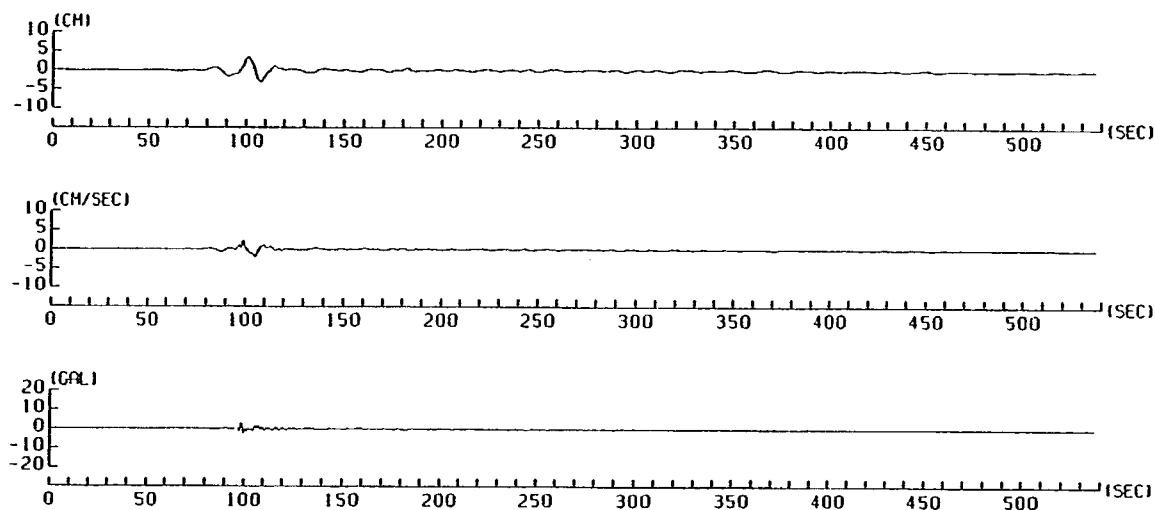


図 3.8 気象庁一倍強震計記録の計器補正関数

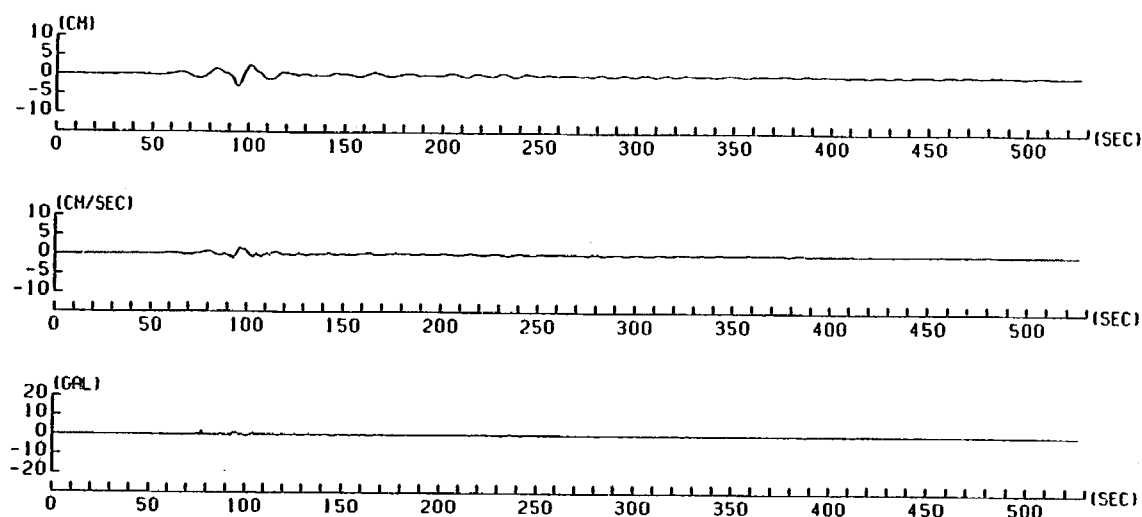
図 3.9 気象庁一倍強震計記録の処理システム流れ図



(a) U-D成分

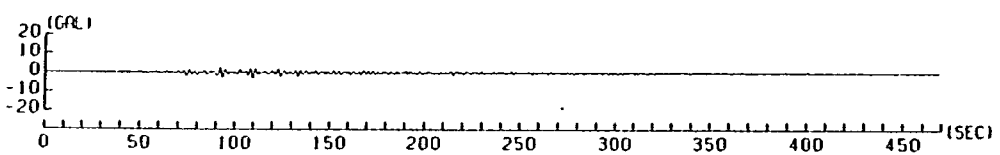
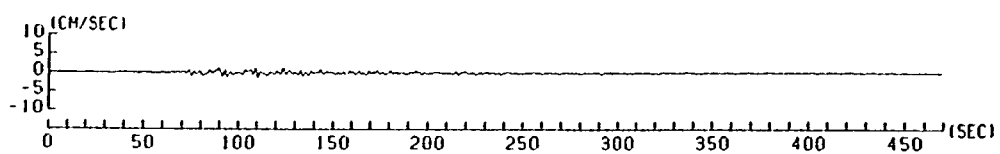
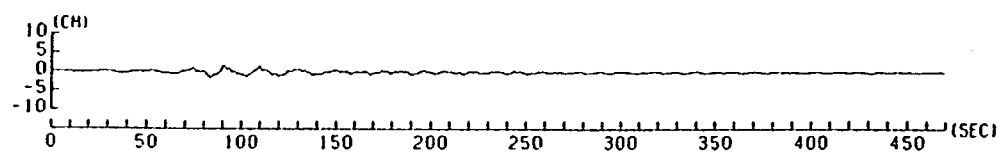


(b) N-S成分

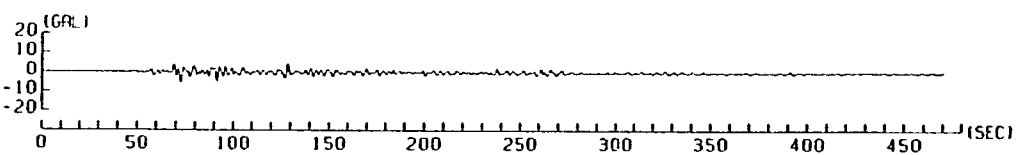
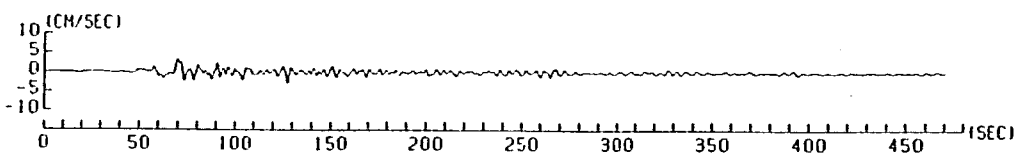
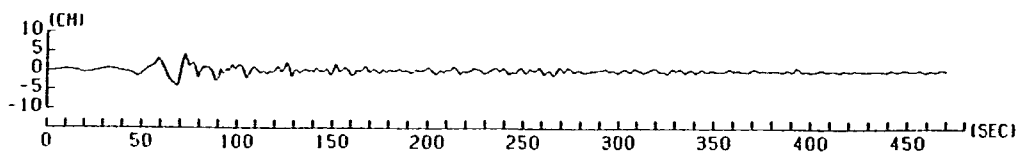


(c) E-W成分

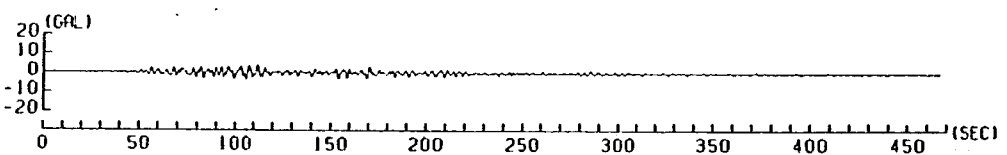
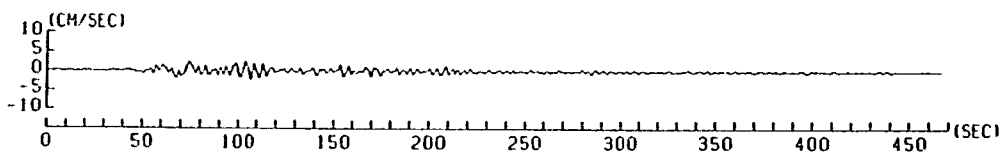
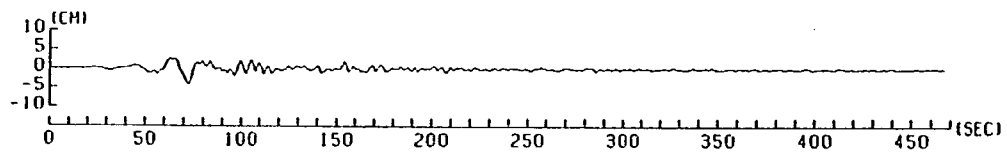
図 3.10 変位、速度および加速度波形（剣山）



(a) U - D成分



(b) N - S成分



(c) E - W成分

図 3.11 変位、速度および加速度波形（大阪）

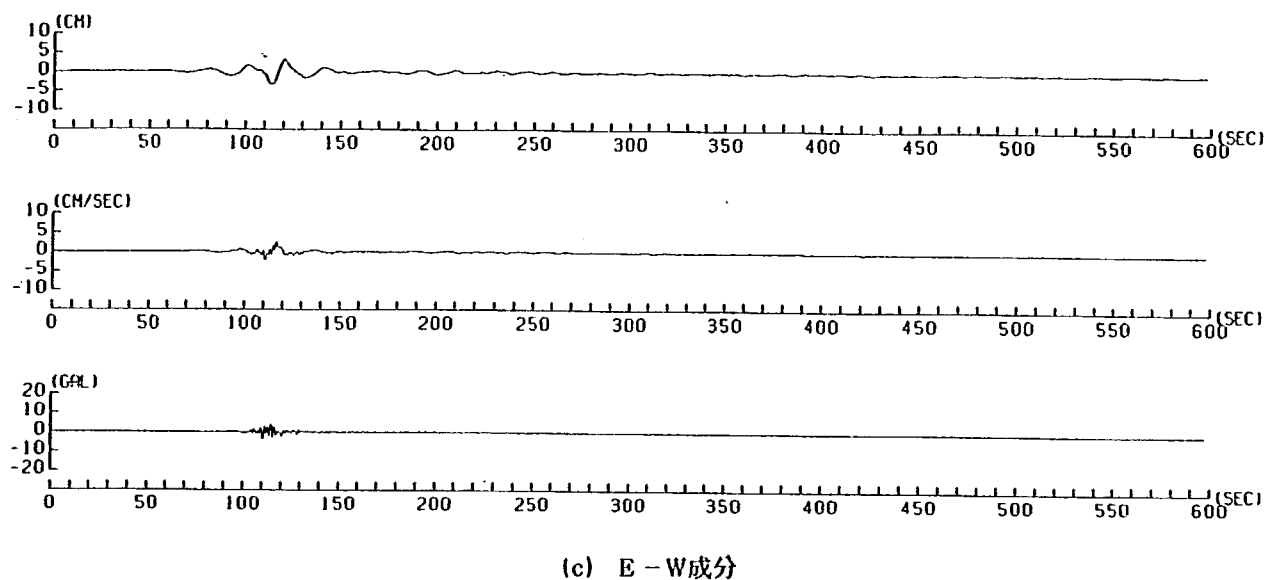
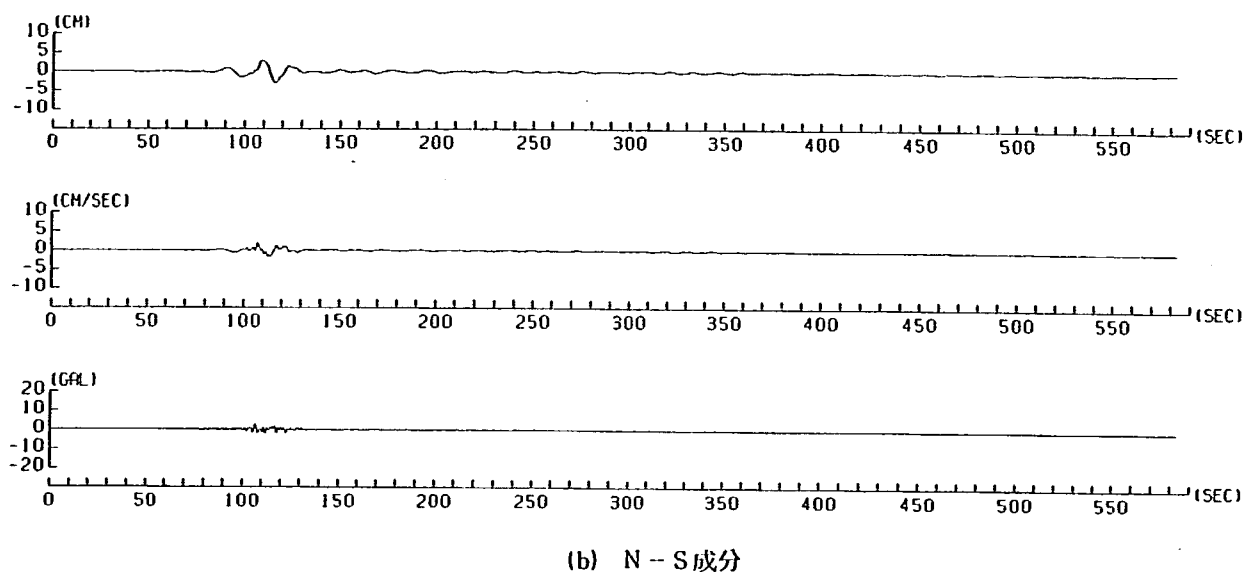
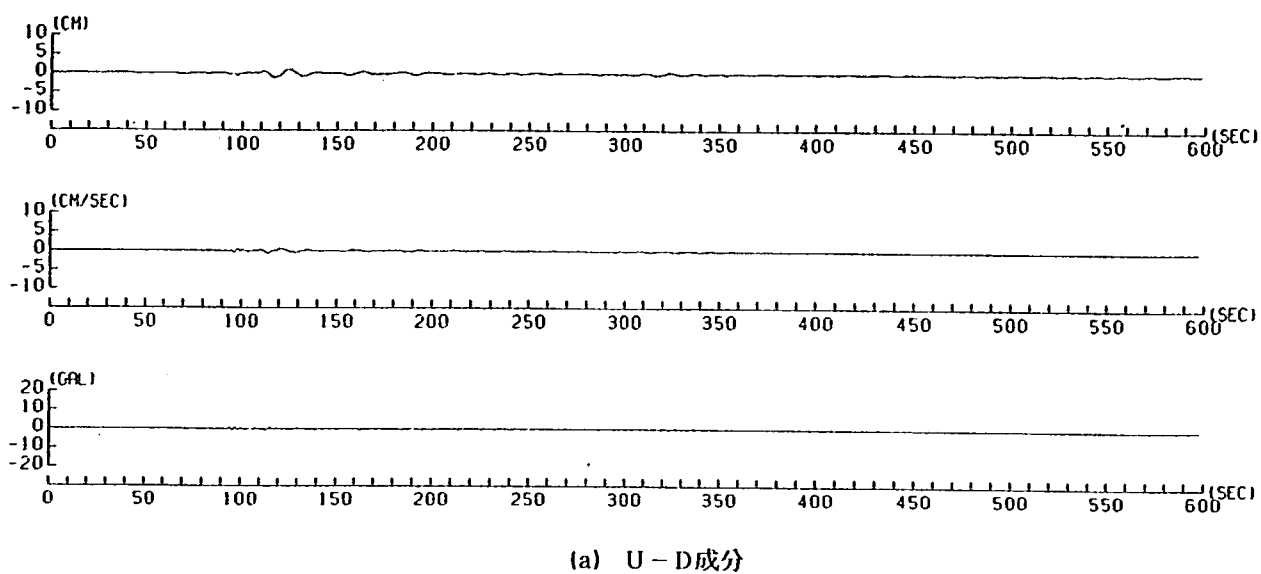
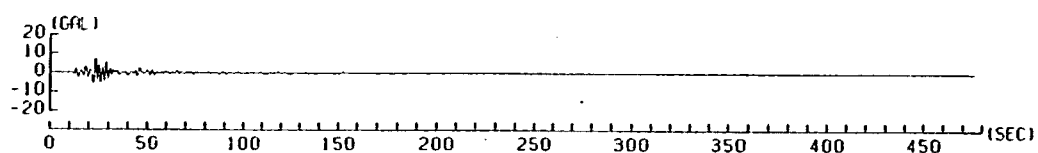
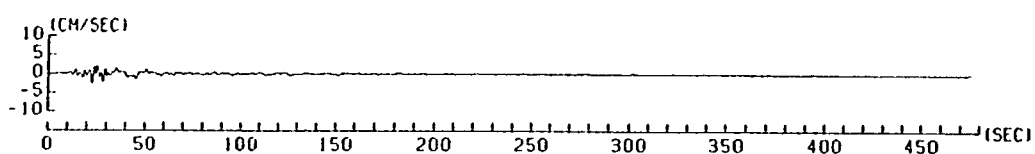
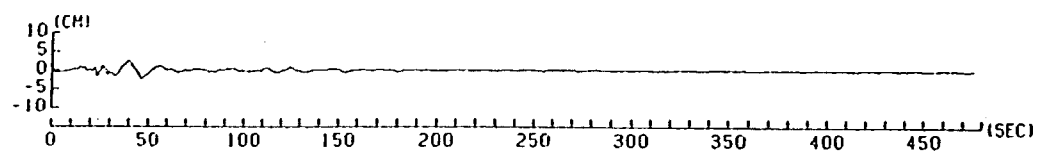
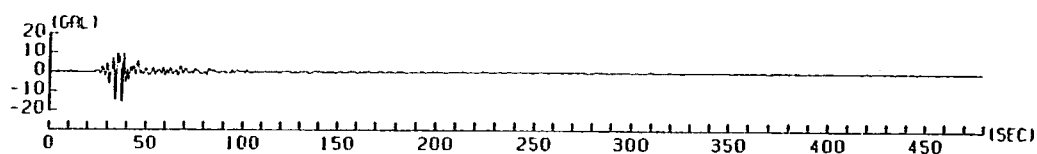
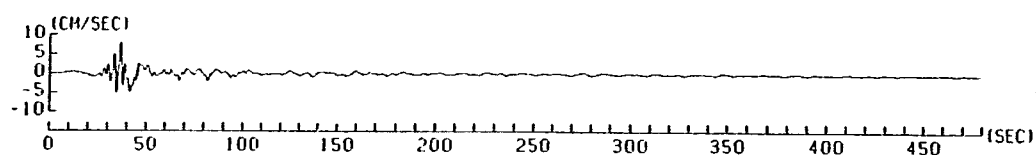
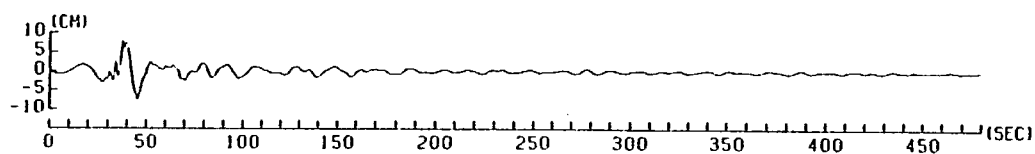


図 3.12 変位，速度および加速度波形（高松）

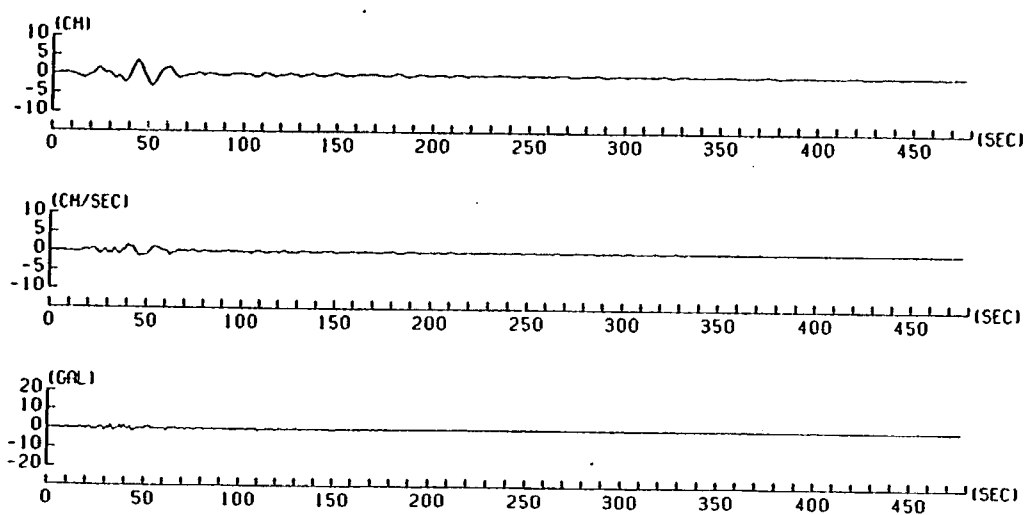


(a) U-D成分

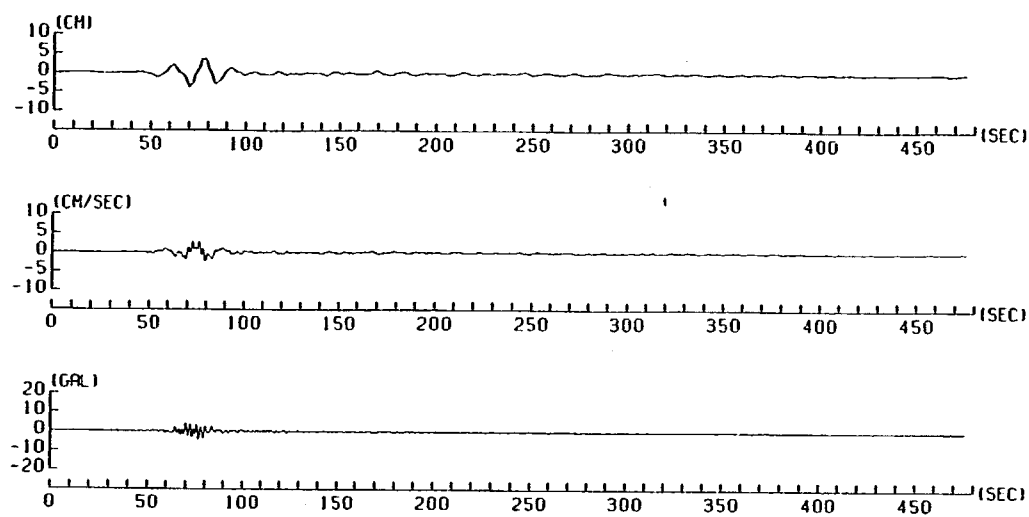


(b) E-W成分

図 3.13 変位，速度および加速度波形（足摺）

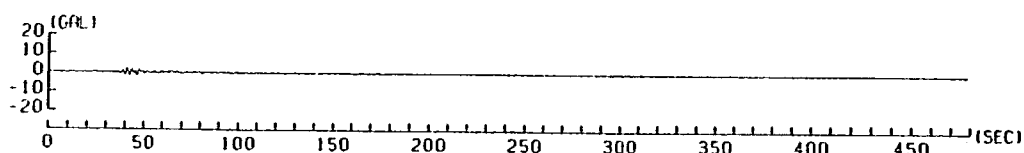
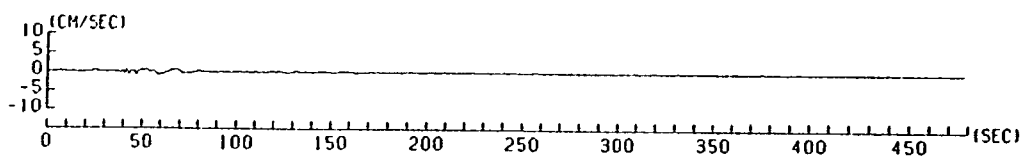
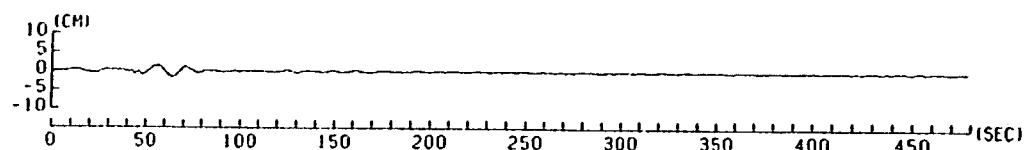


(a) U - D成分

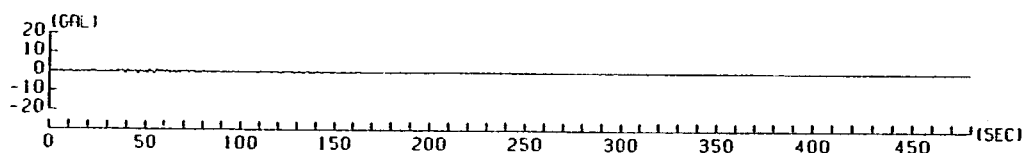
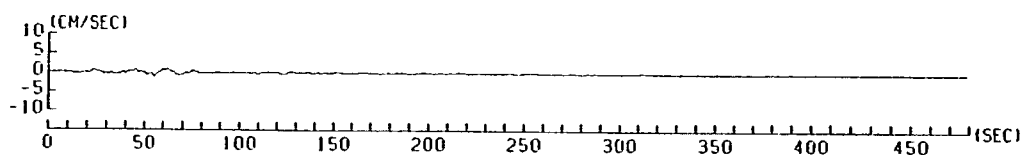
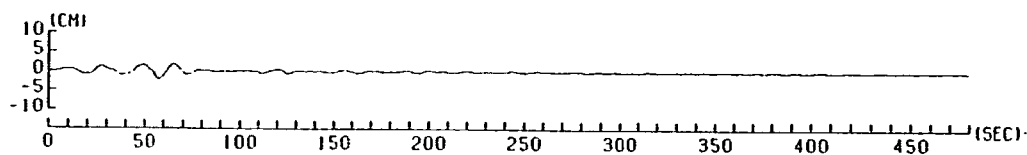


(b) N - S成分

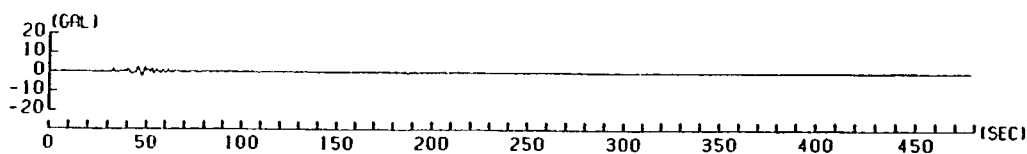
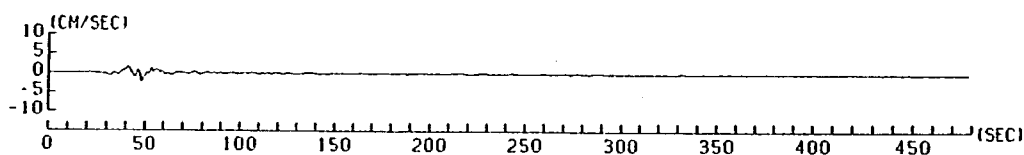
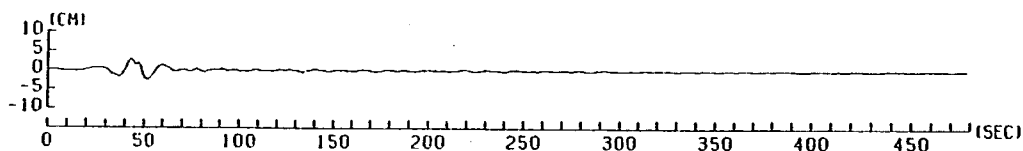
図 3.14 変位、速度および加速度波形（松山）



(a) U-D成分



(b) N-S成分



(c) E-W成分

図3.15 変位、速度および加速度波形（広島）

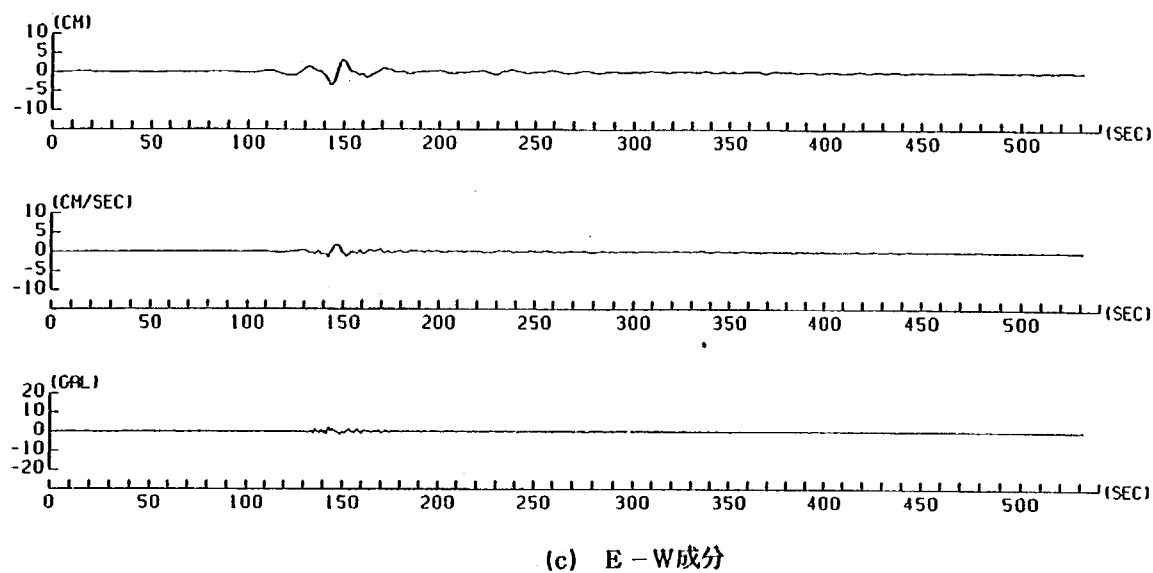
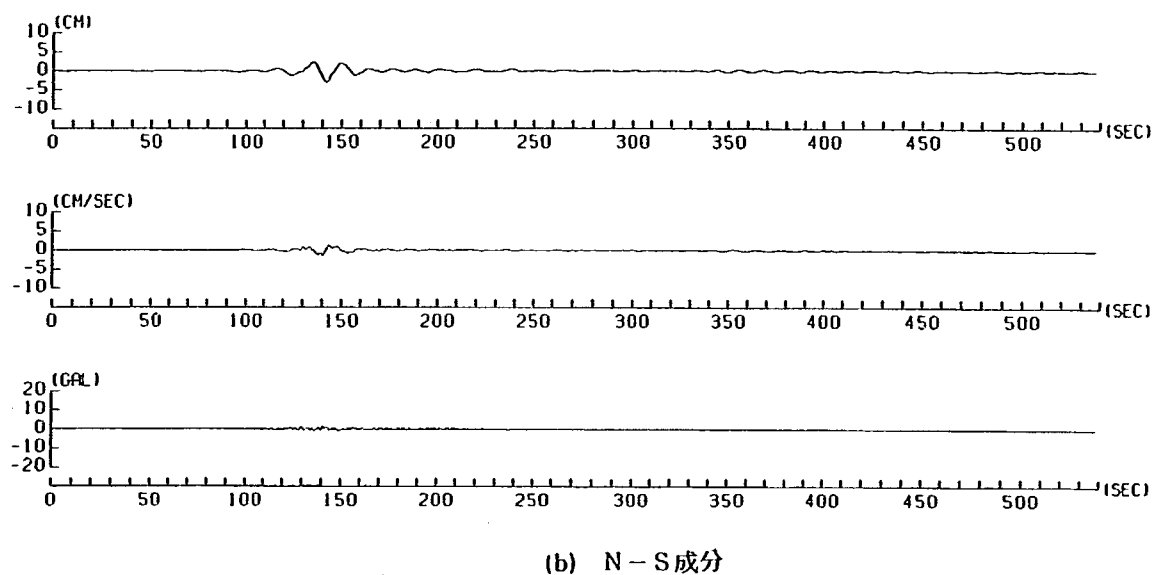
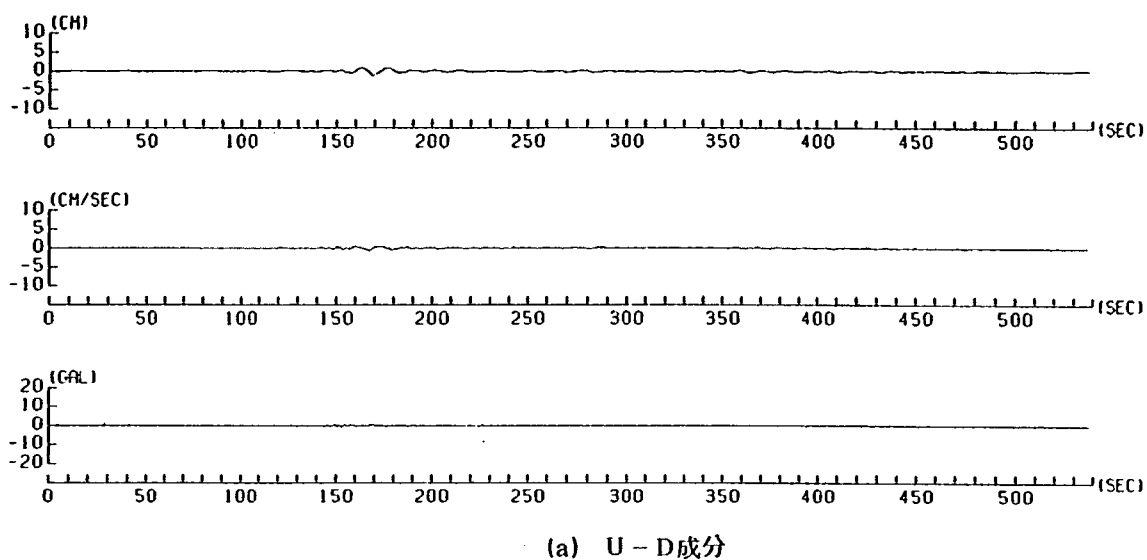
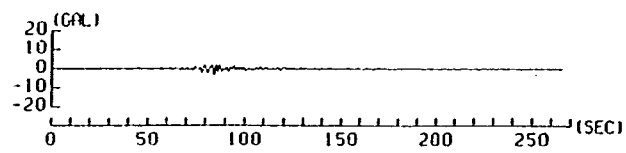
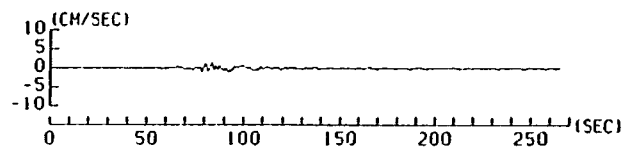
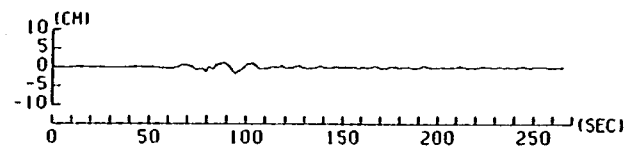
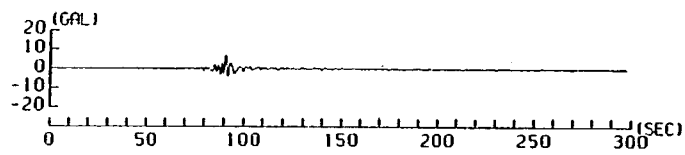
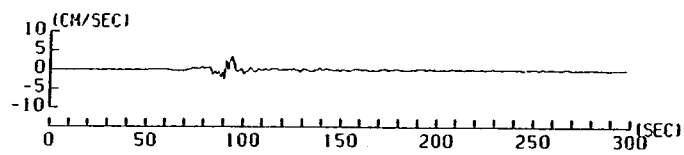
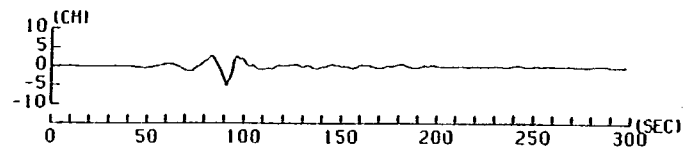


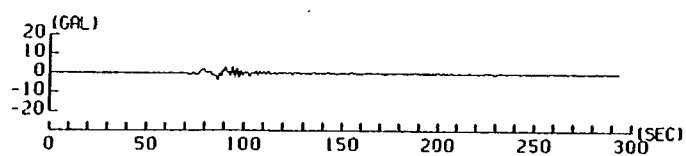
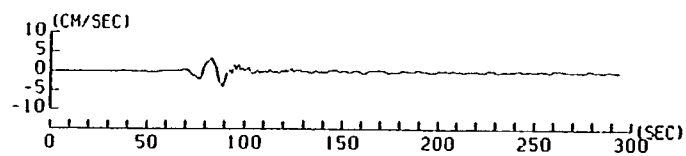
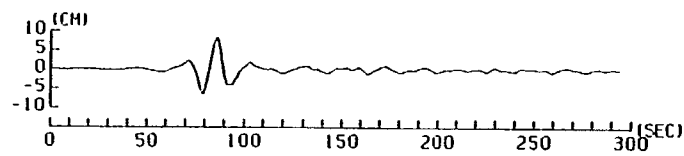
図 3.16 変位、速度および加速度波形（岡山）



(a) U - D成分

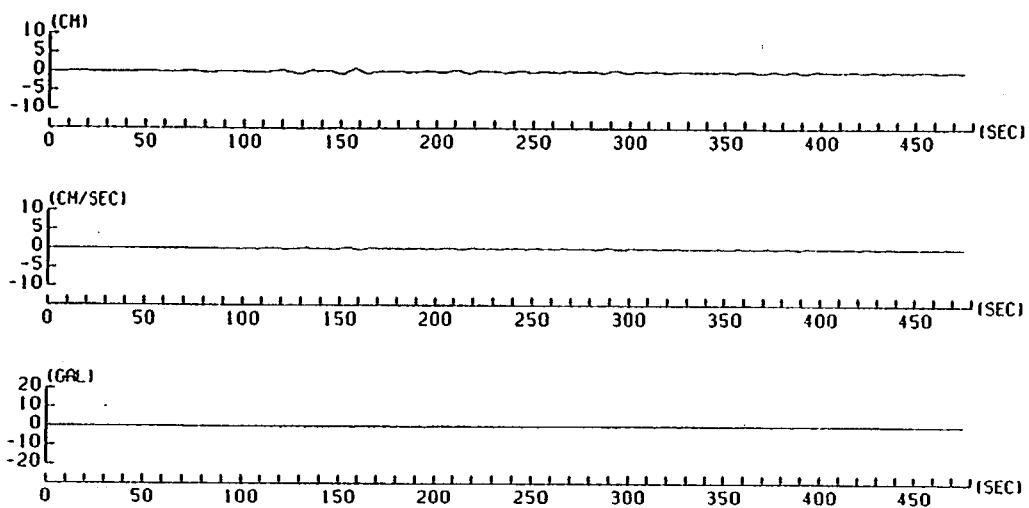


(b) N - S成分

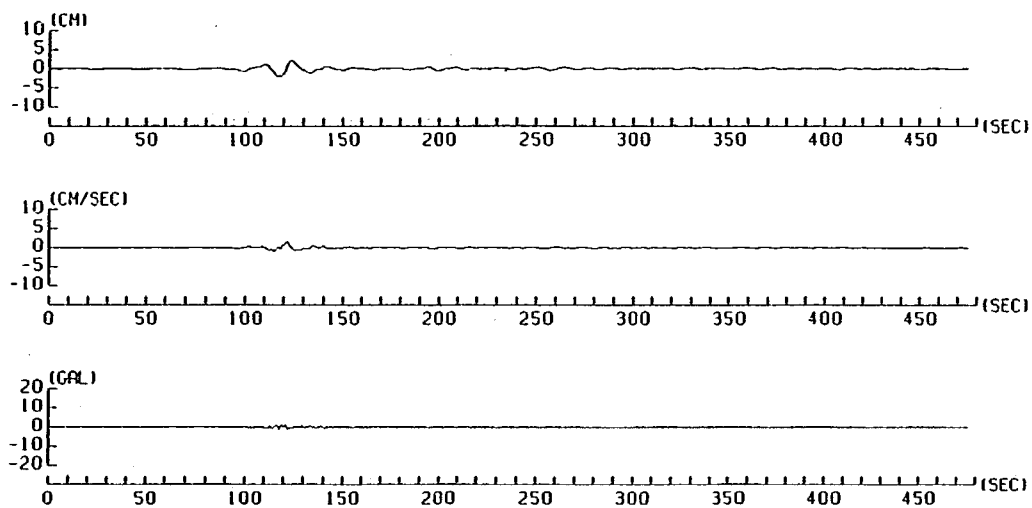


(c) E - W成分

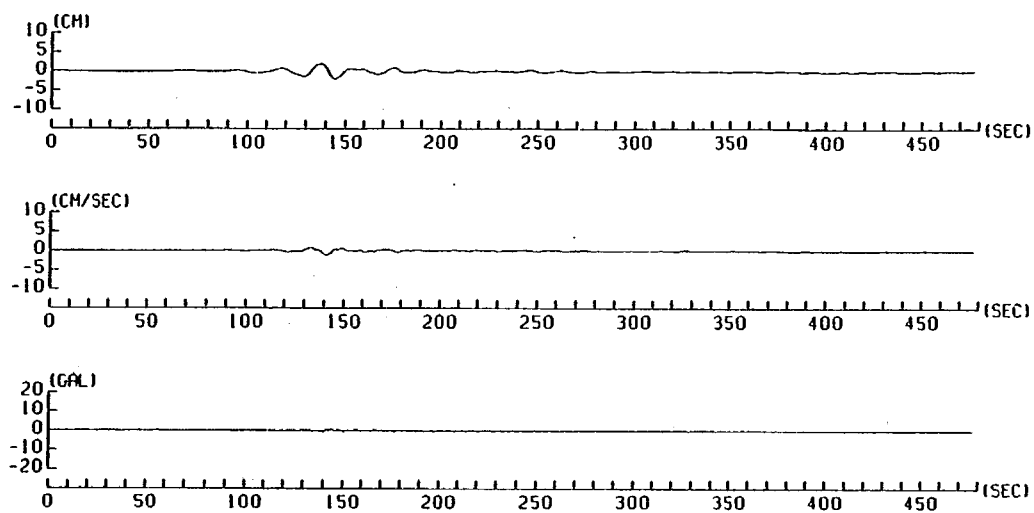
図 3.17 変位，速度および加速度波形（高知）



(a) U-D成分

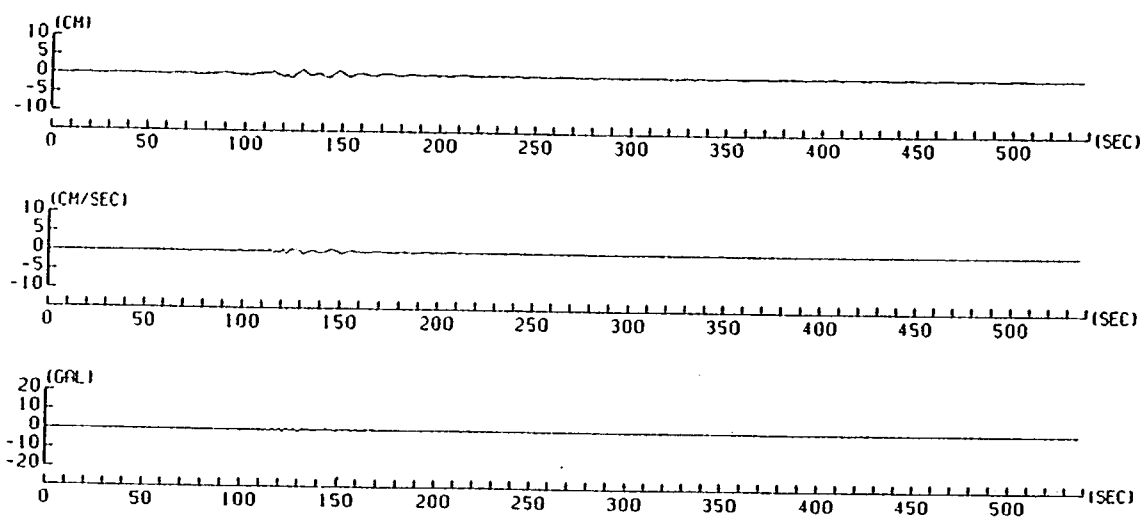


(b) N-S成分

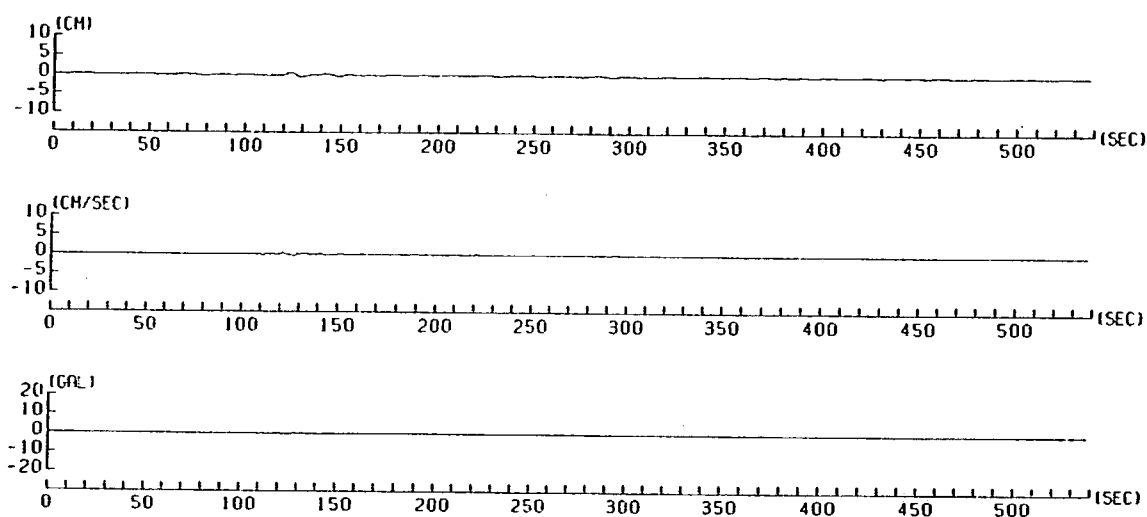


(c) E-W成分

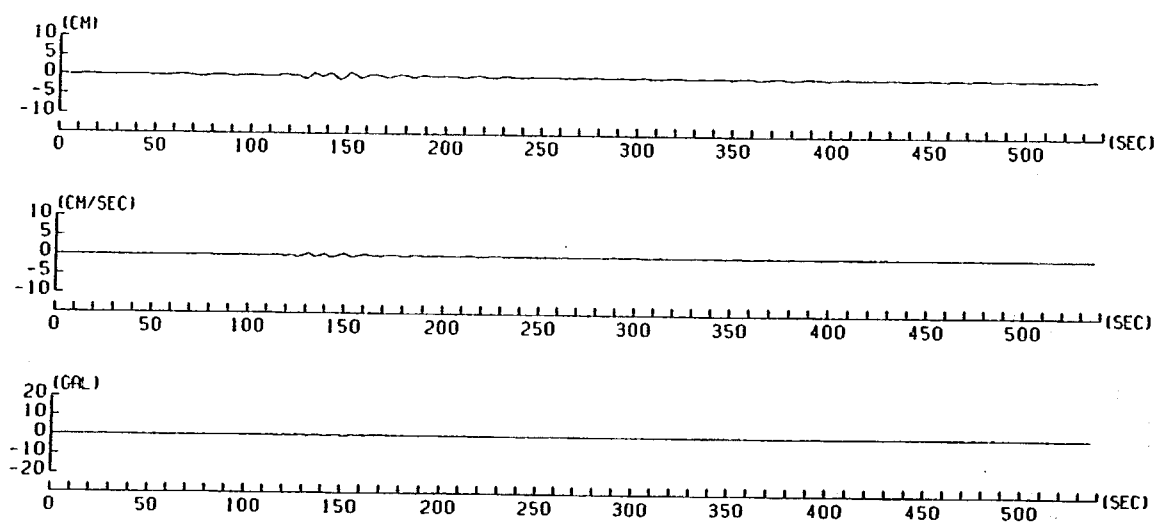
図3.18 変位、速度および加速度波形（京都）



(a) U - D成分

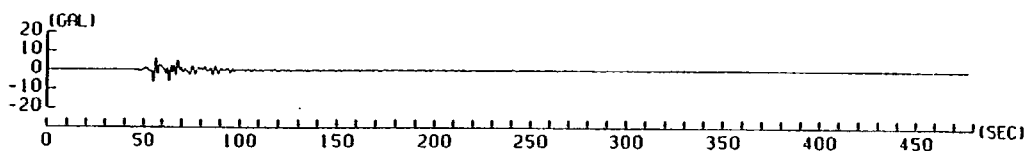
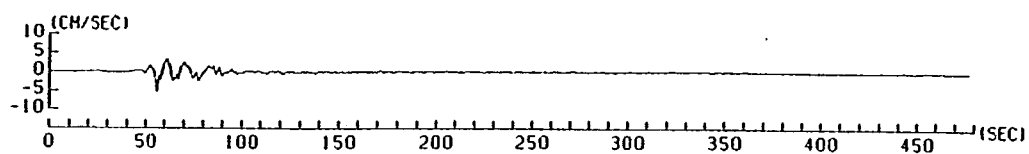
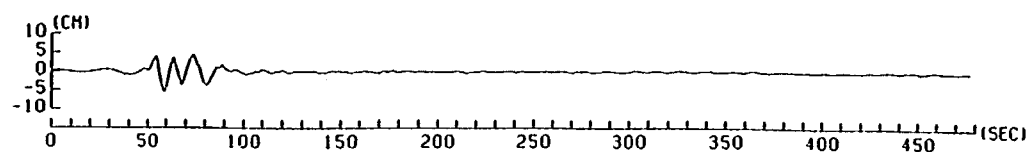


(b) N - S成分

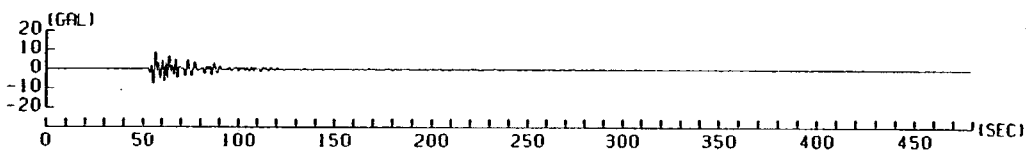
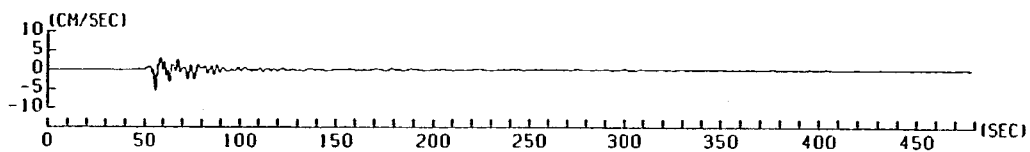
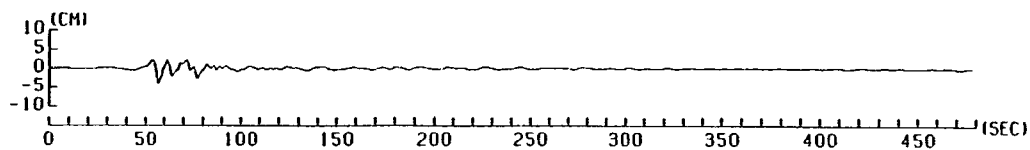


(c) E - W成分

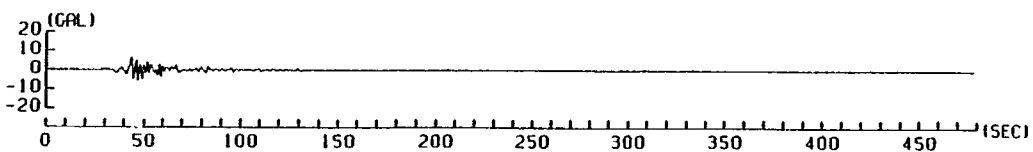
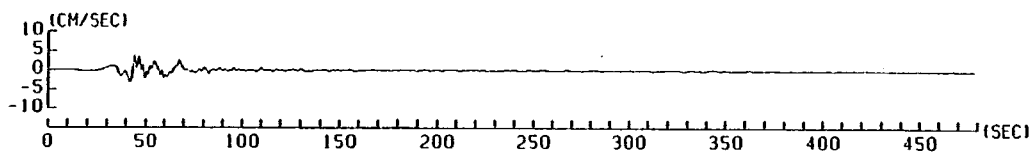
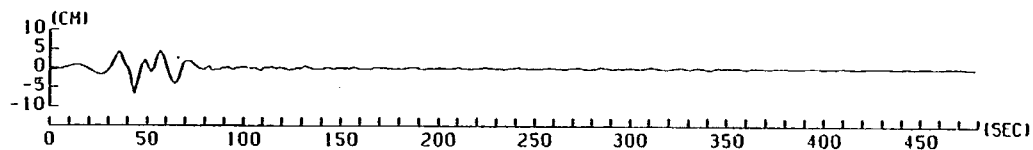
図 3. 19 変位、速度および加速度波形（巖原）



(a) U-D成分

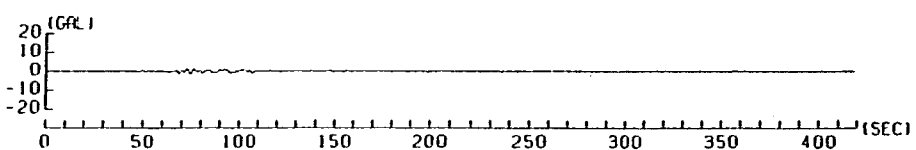
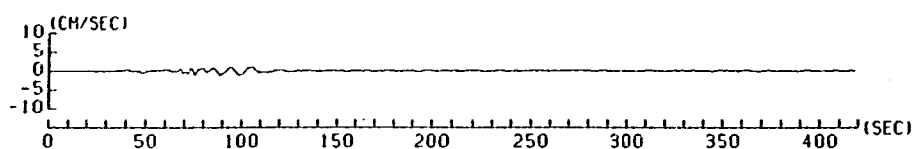
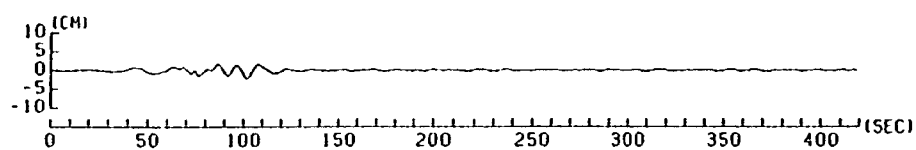


(b) N-S成分

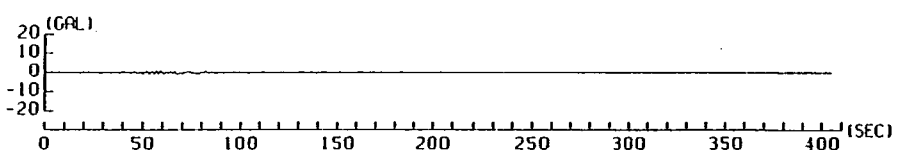
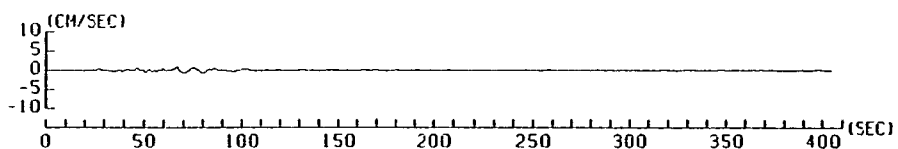
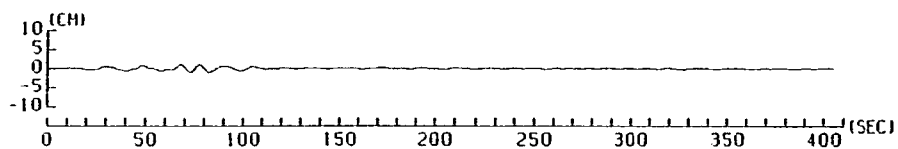


(c) E-W成分

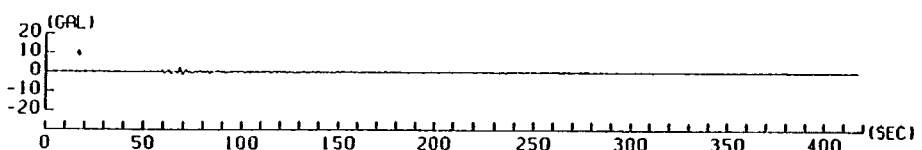
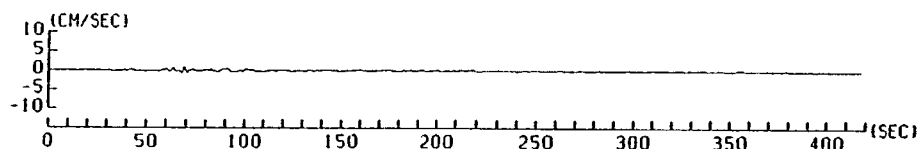
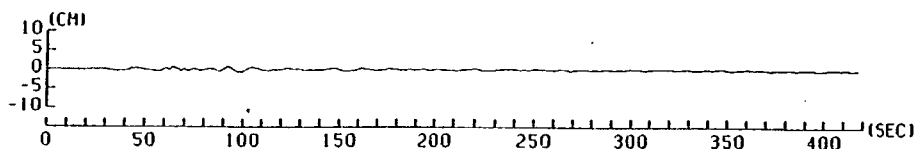
図 3.20 変位，速度および加速度波形（延岡）



(a) U - D成分

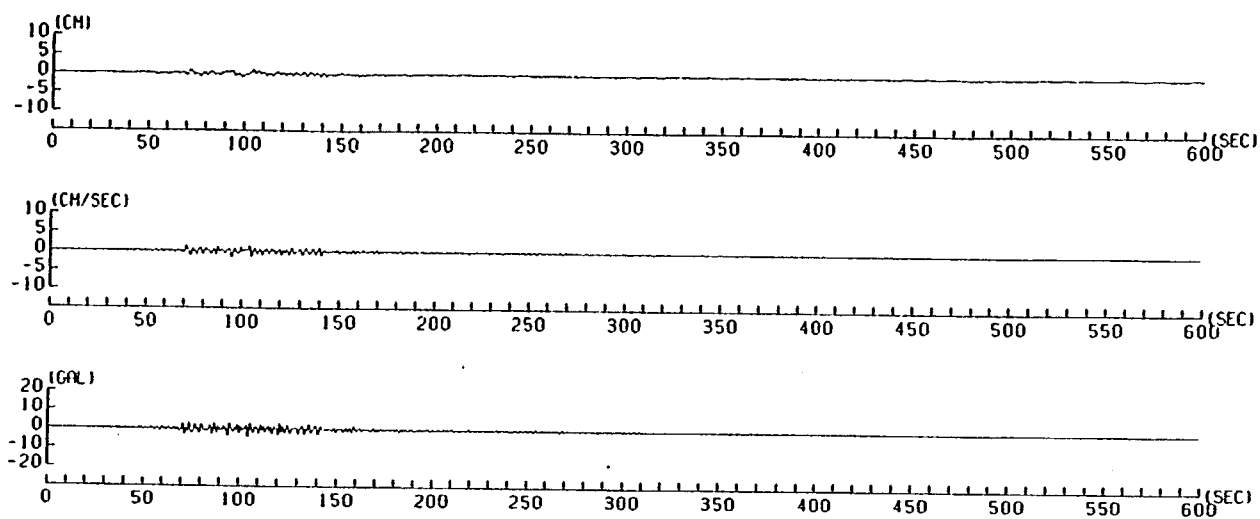


(b) N - S成分

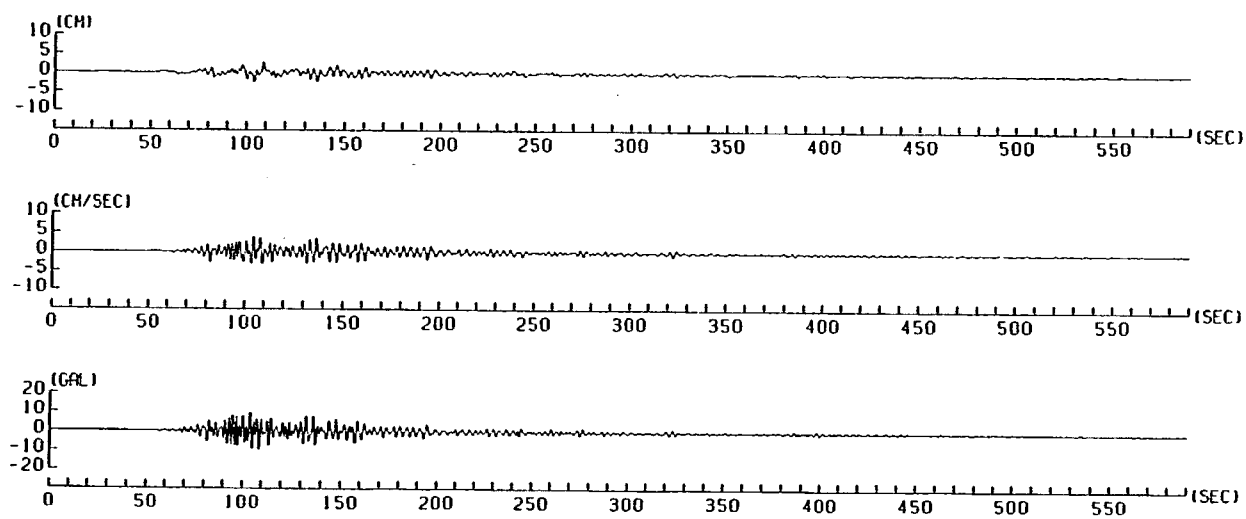


(c) E - W成分

図 3.21 変位, 速度および加速度波形 (下関)

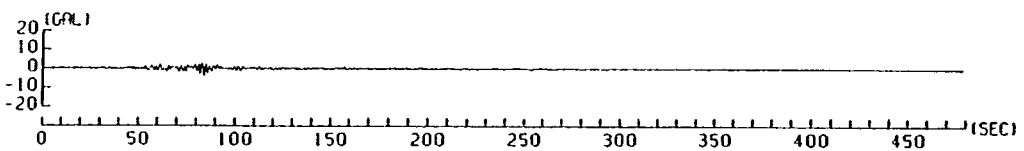
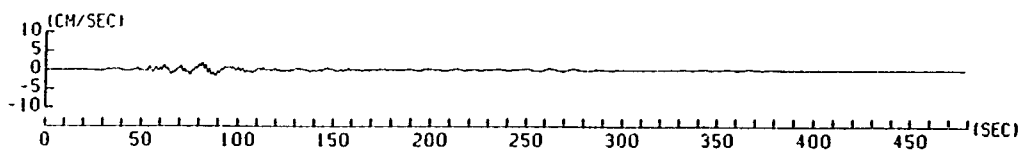
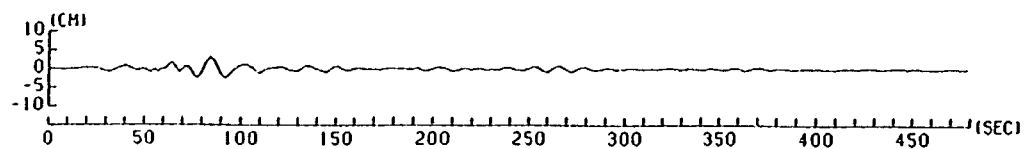


(a) U-D成分

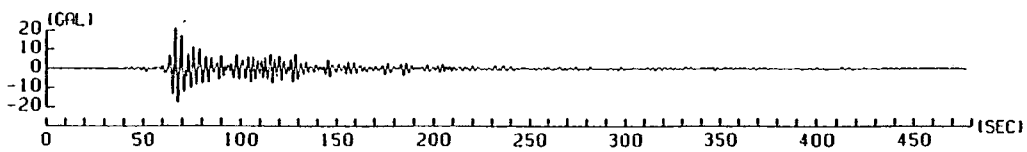
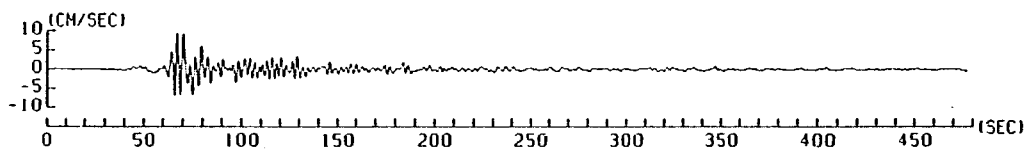
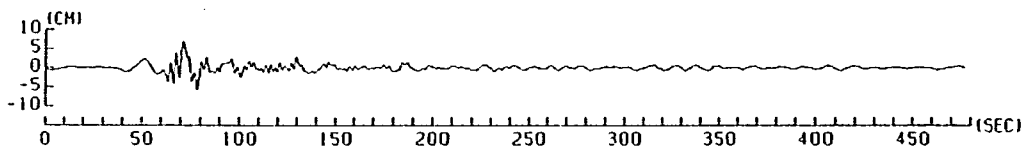


(b) N-S成分

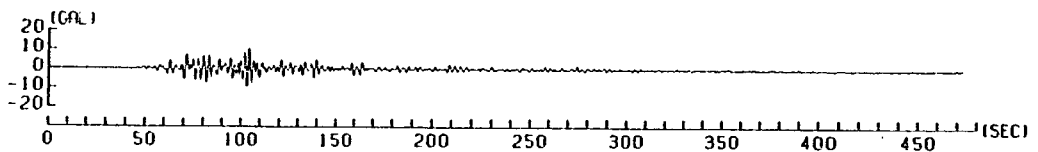
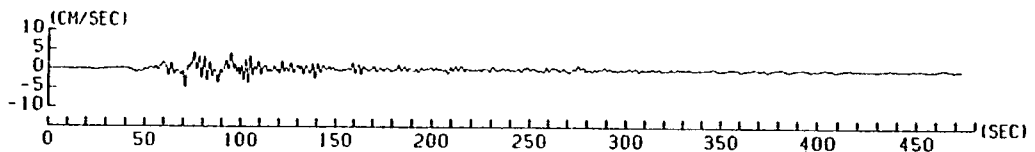
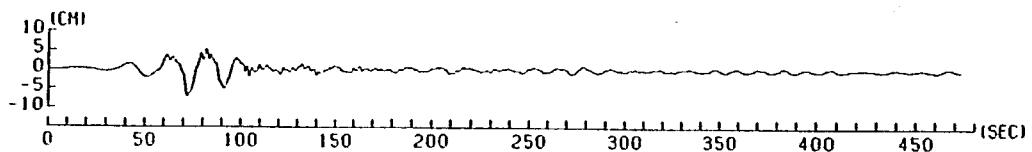
図 3.22 変位, 速度および加速度波形 (佐賀)



(a) U - D成分

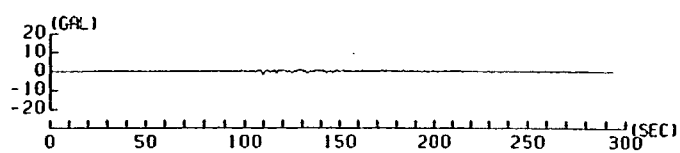
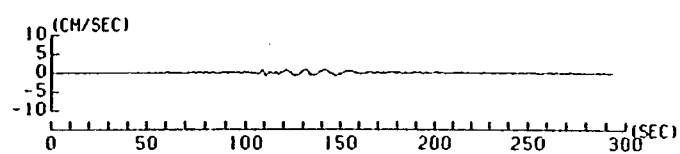
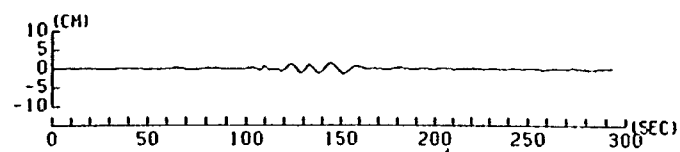


(b) N - S成分

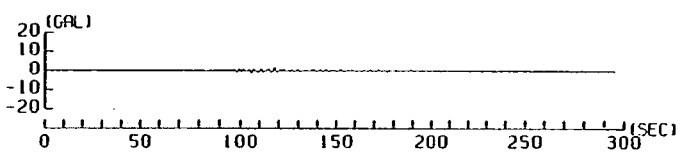
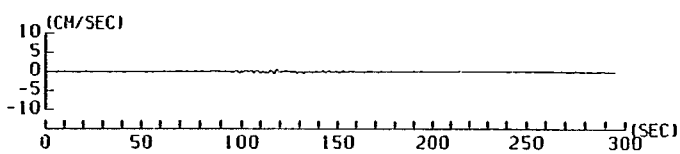
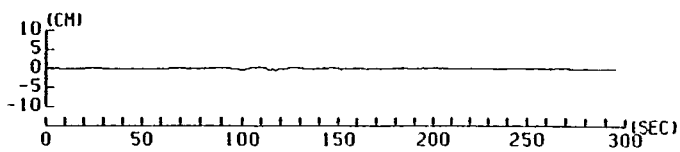


(c) E - W成分

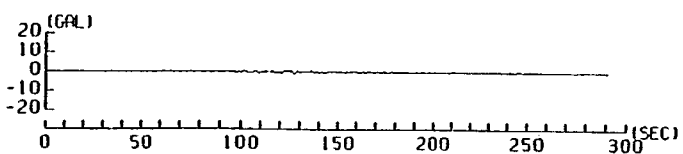
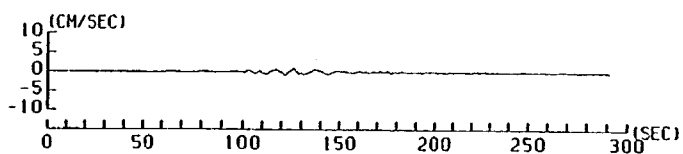
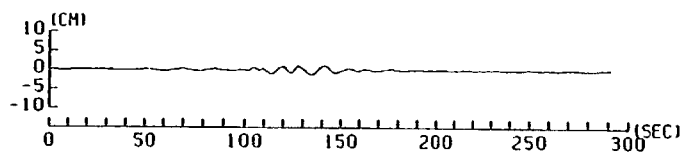
図 3.23 変位，速度および加速度波形（鹿児島）



(a) U-D成分

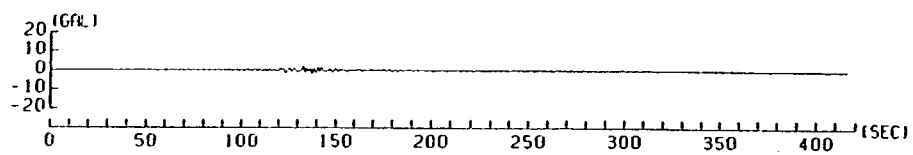
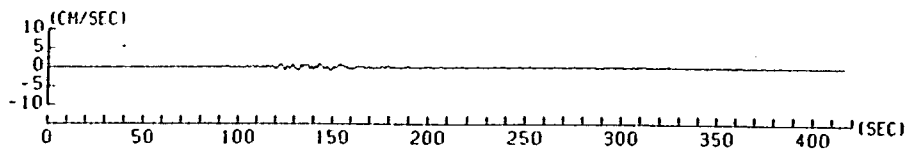
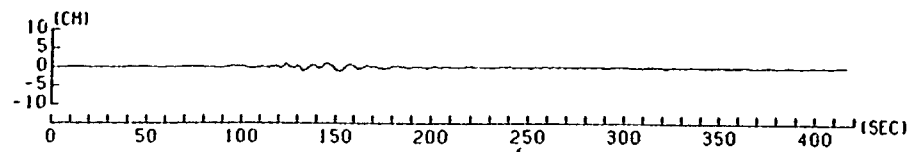


(b) N-S成分

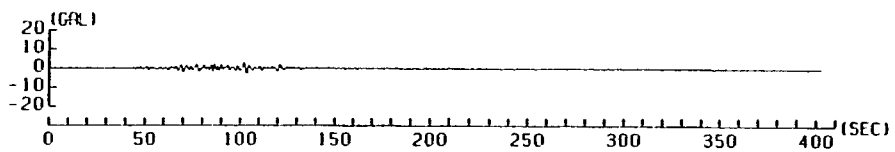
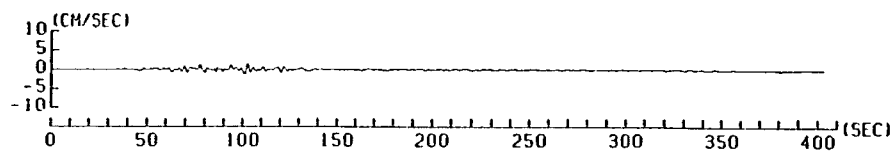
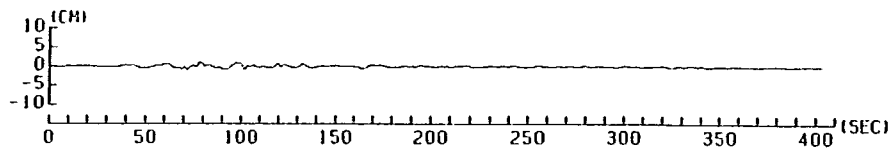


(c) E-W成分

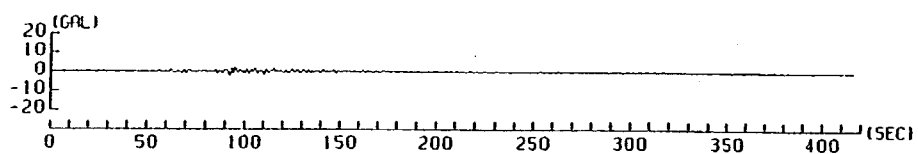
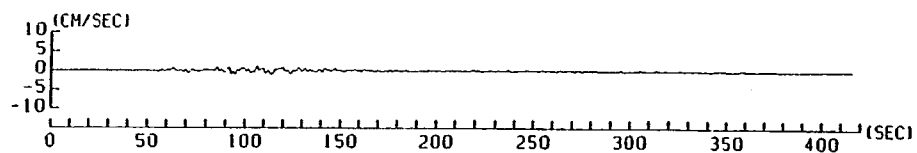
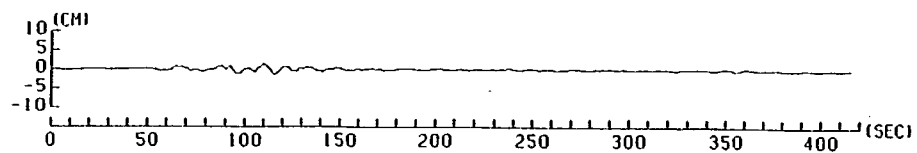
図3.24 変位、速度および加速度波形（福江）



(a) U - D成分

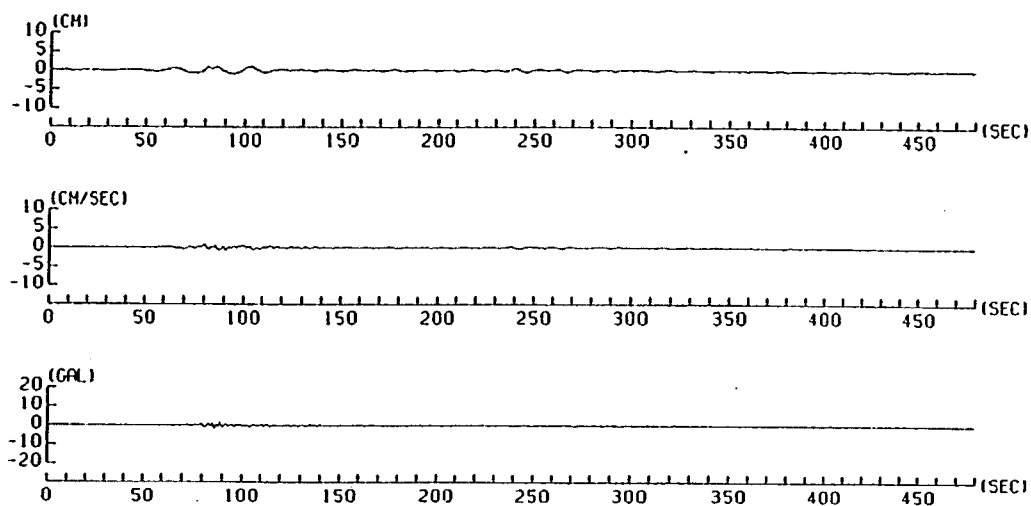


(b) N - S成分

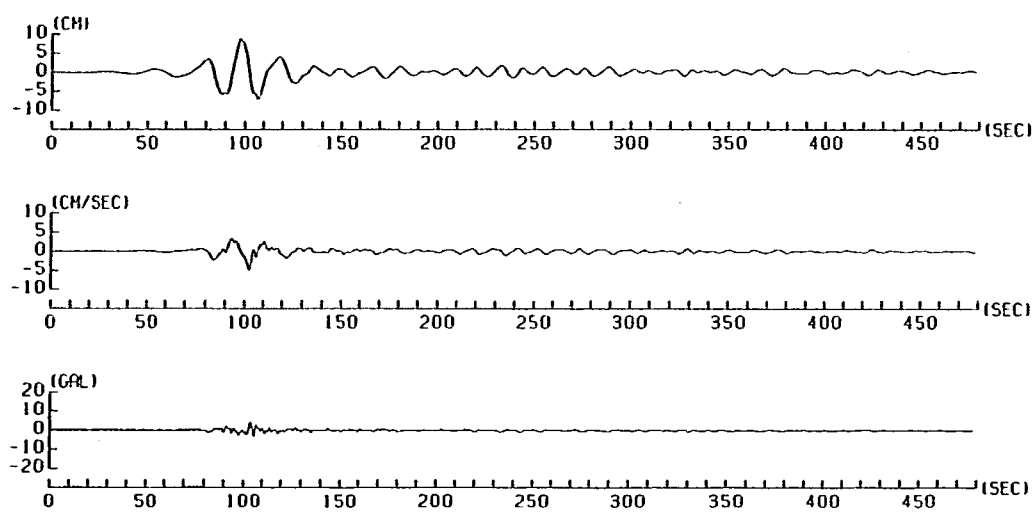


(c) E - W成分

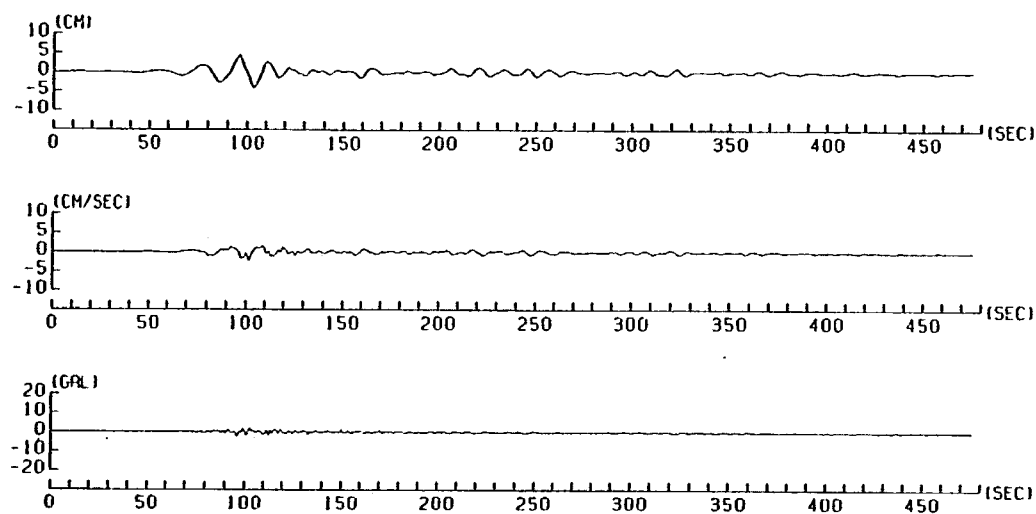
図 3.25 変位，速度および加速度波形（福岡）



(a) U-D成分

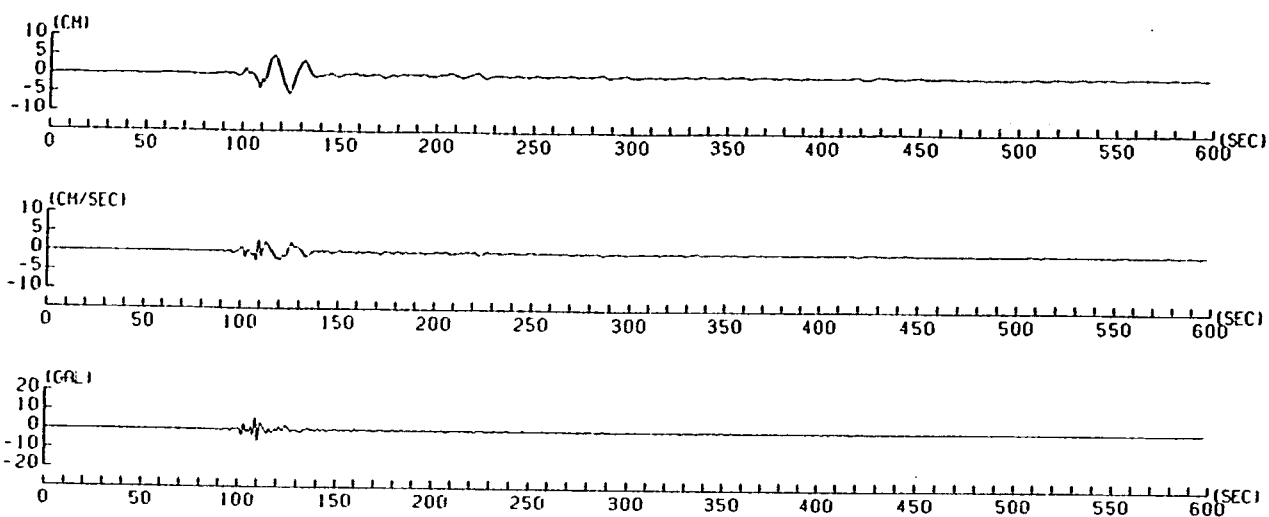


(b) N-S成分

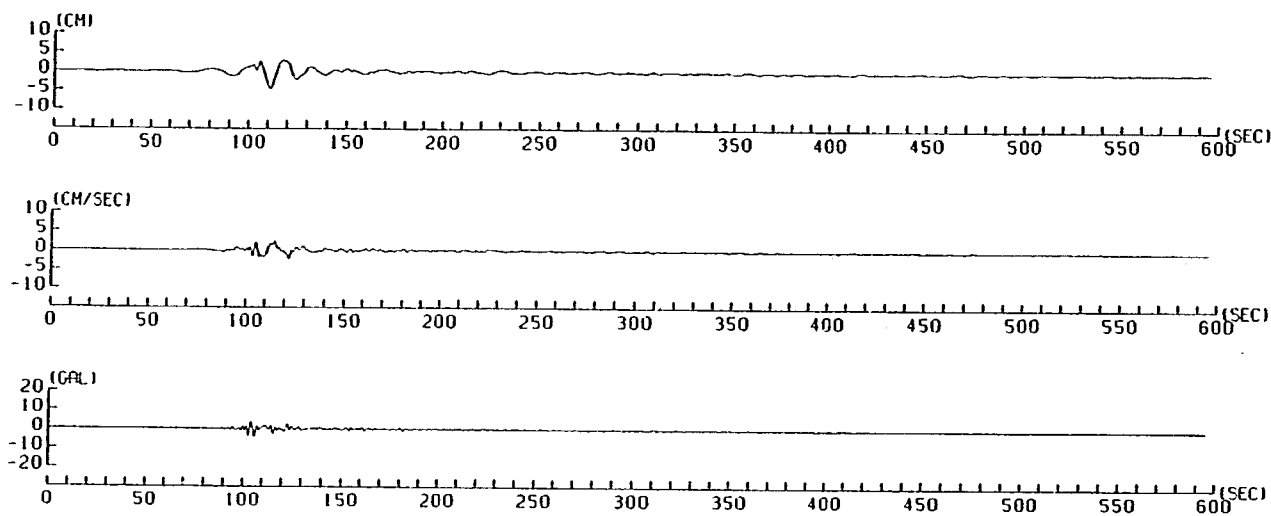


(c) E-W成分

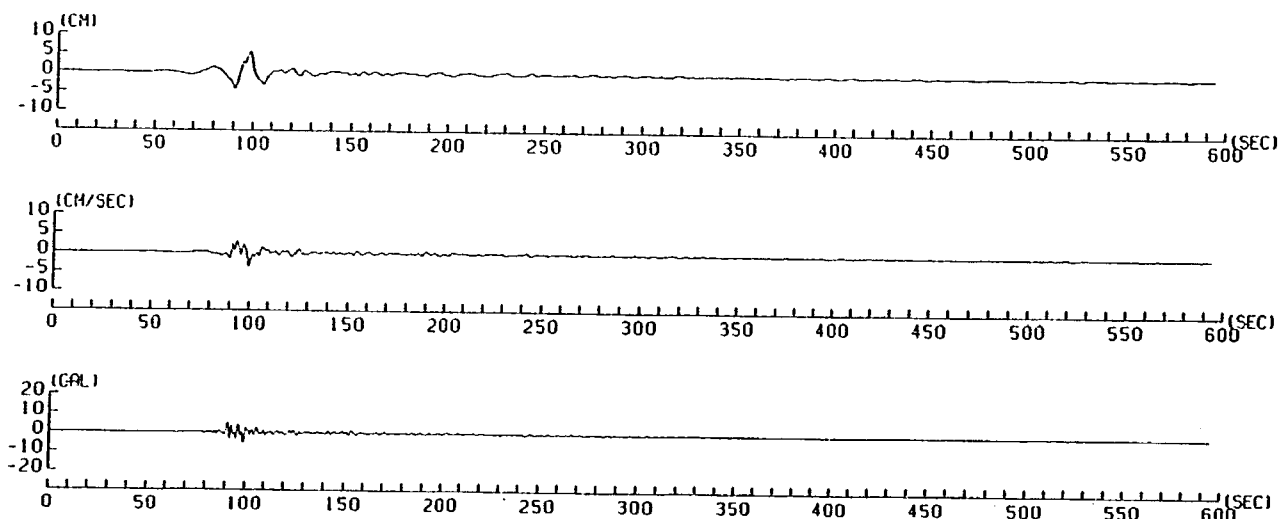
図3.26 変位、速度および加速度波形（室戸岬）



(a) U-D成分

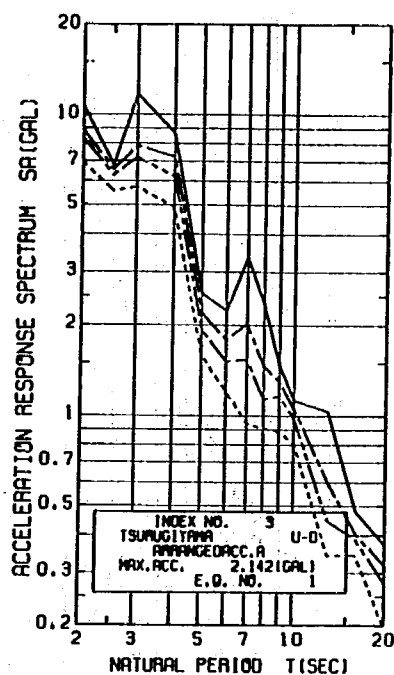


(b) N-S成分

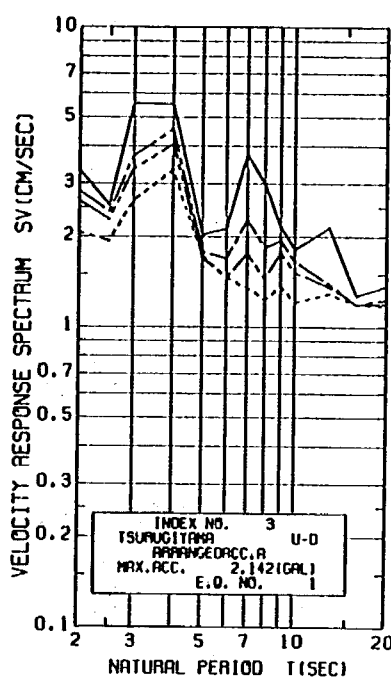


(c) E-W成分

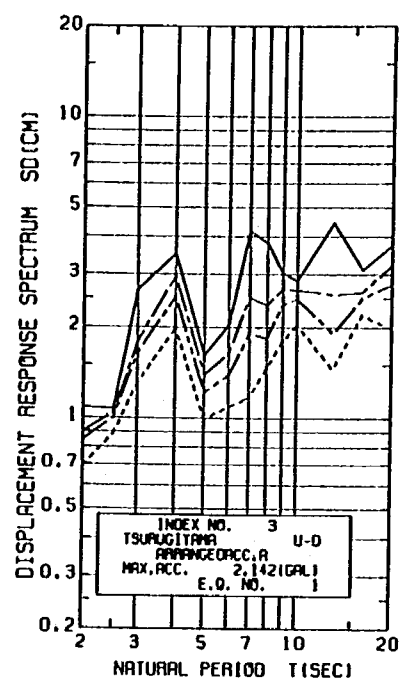
図 3.27 変位、速度および加速度波形（宇和島）



(a) 加速度応答スペクトル

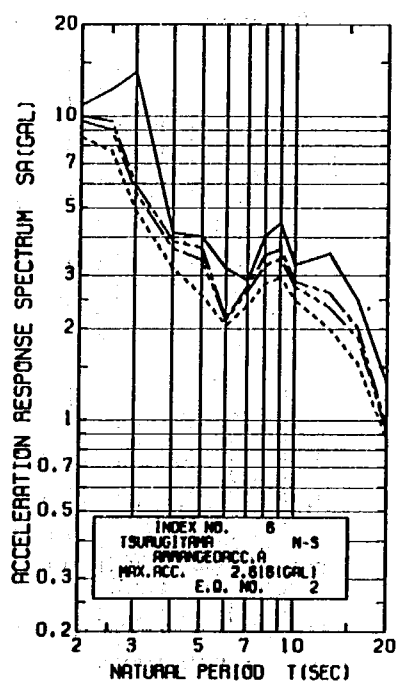


(b) 速度応答スペクトル

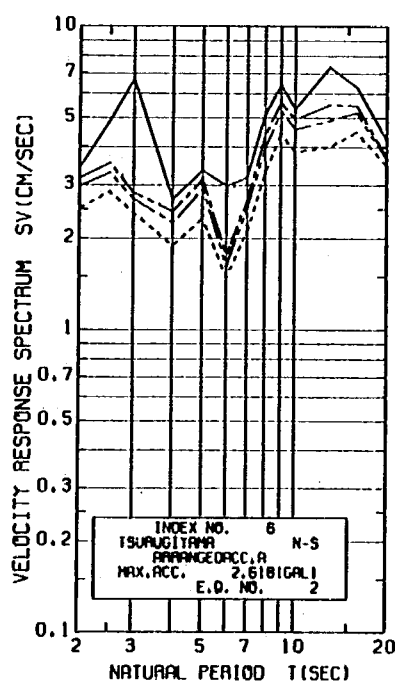


(c) 変位応答スペクトル

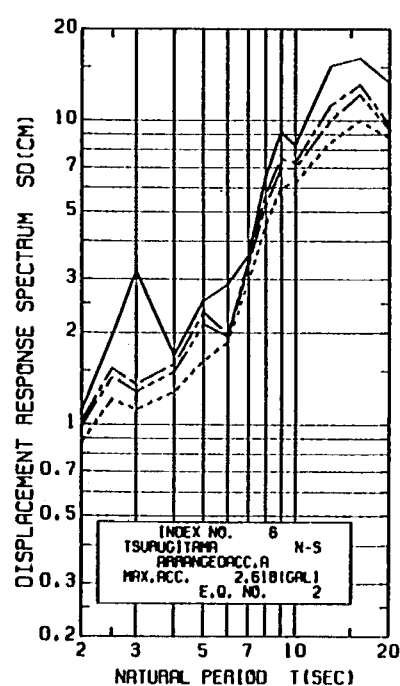
図3.28(1) 応答スペクトル(剣山, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

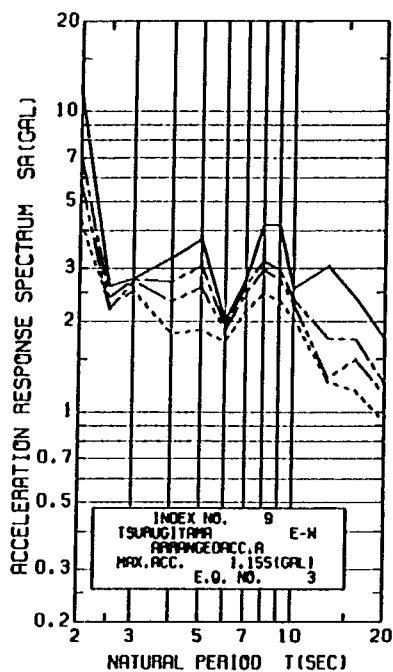


(b) 速度応答スペクトル

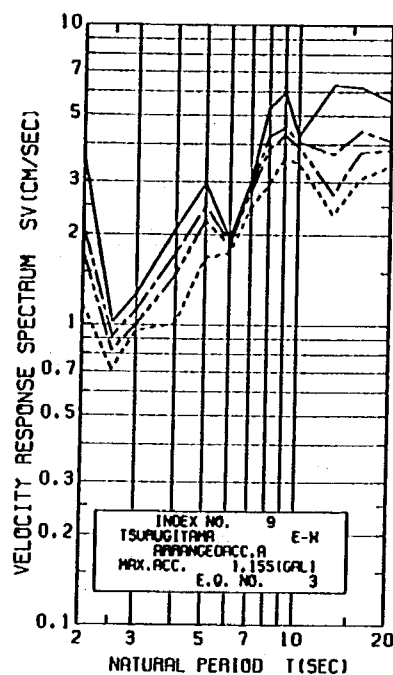


(c) 変位応答スペクトル

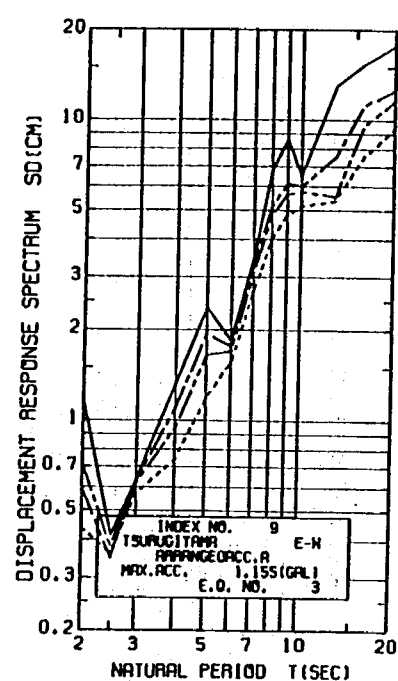
図3.28(2) 応答スペクトル(剣山, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

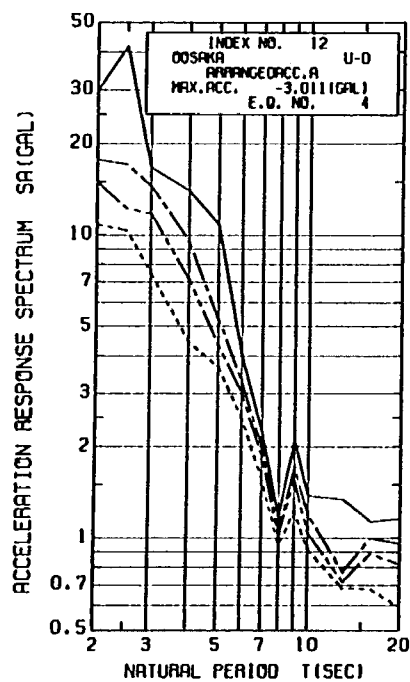


(b) 速度応答スペクトル

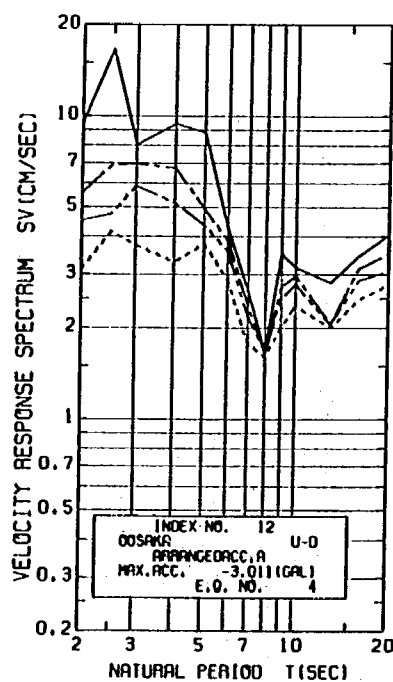


(c) 変位応答スペクトル

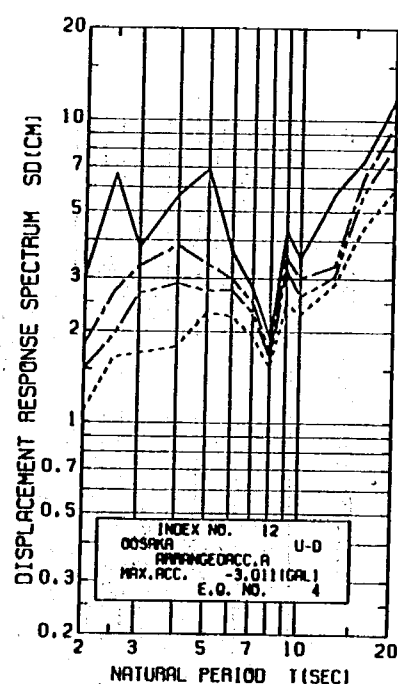
図3.28(3) 応答スペクトル(剣山, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

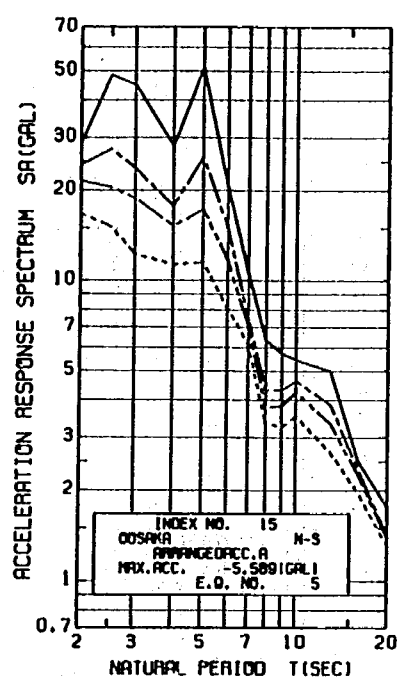


(b) 速度応答スペクトル

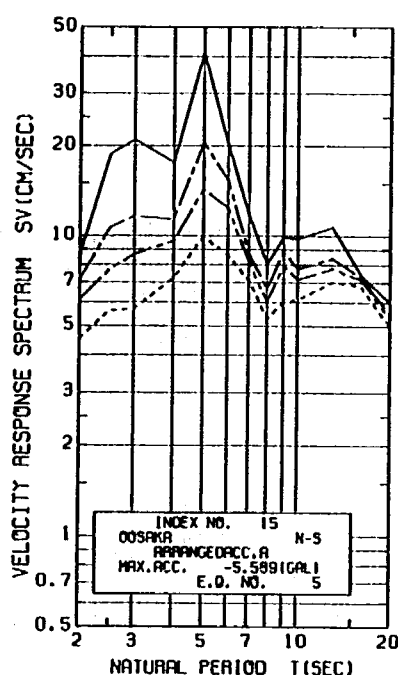


(c) 変位応答スペクトル

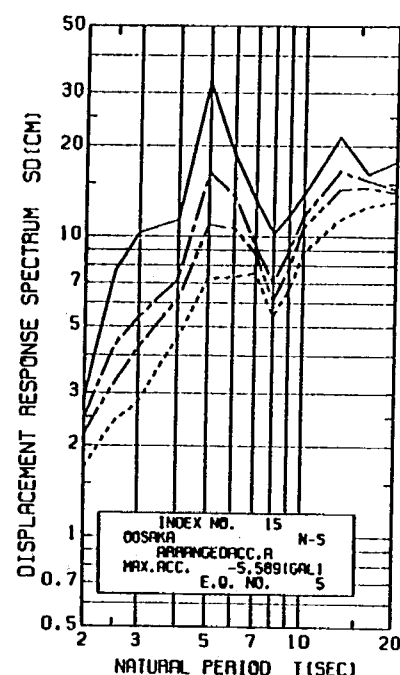
図3.29(1) 応答スペクトル(大阪, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

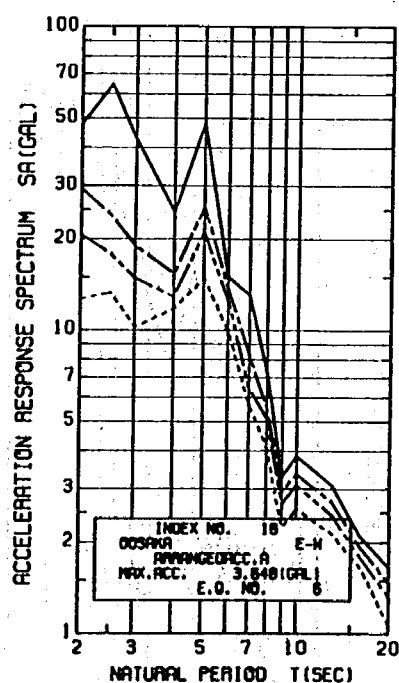


(b) 速度応答スペクトル

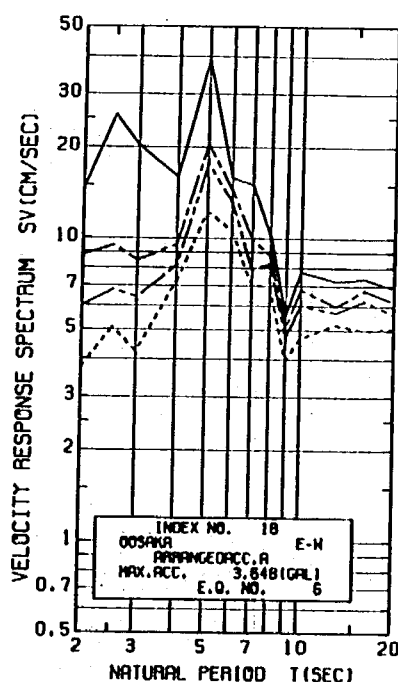


(c) 変位応答スペクトル

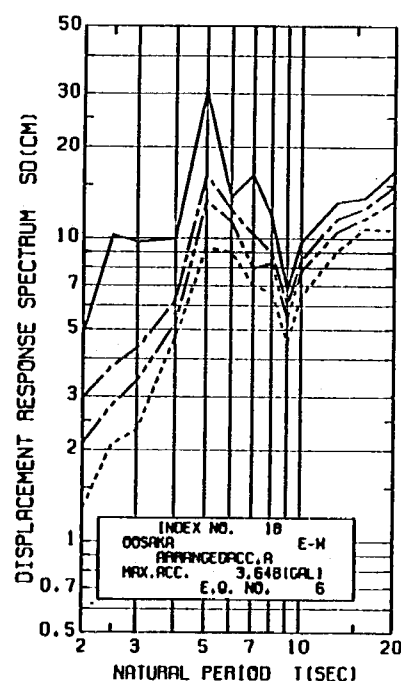
図3.29(2) 応答スペクトル (大阪, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

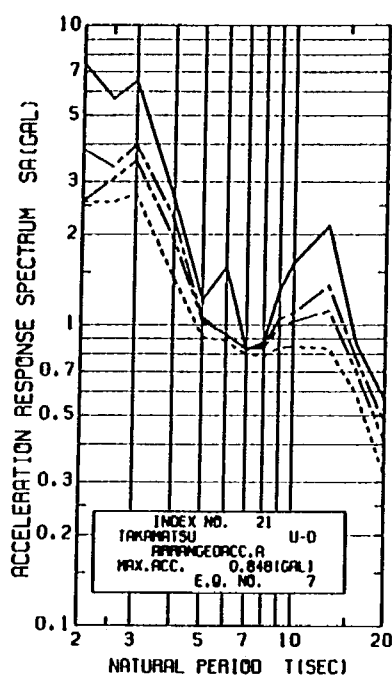


(b) 速度応答スペクトル

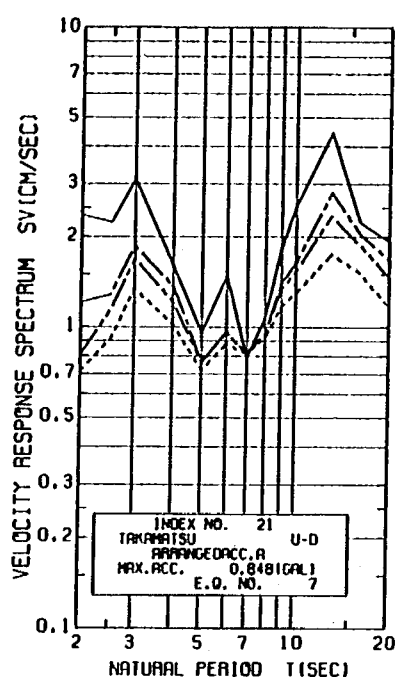


(c) 変位応答スペクトル

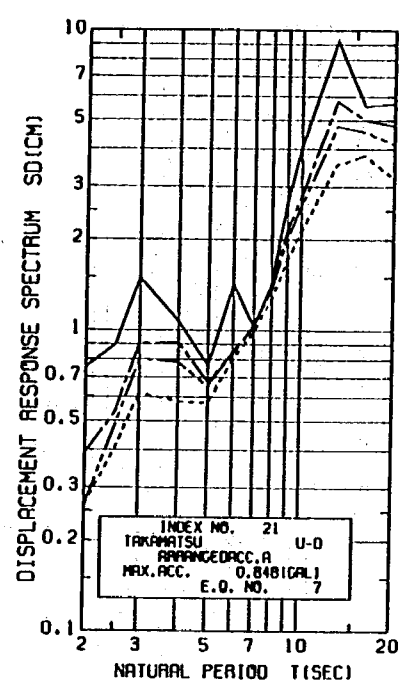
図3.29(3) 応答スペクトル (大阪, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

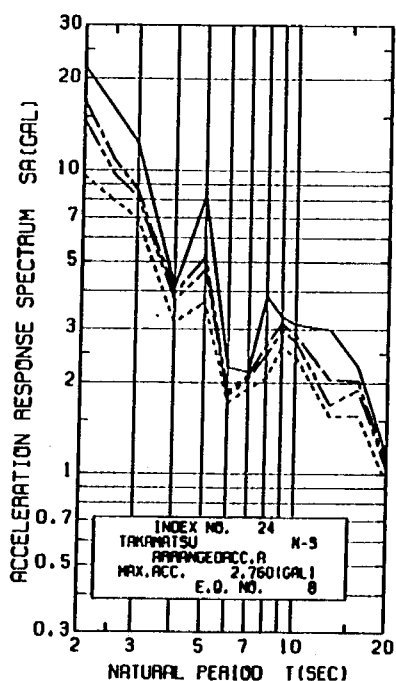


(b) 速度応答スペクトル

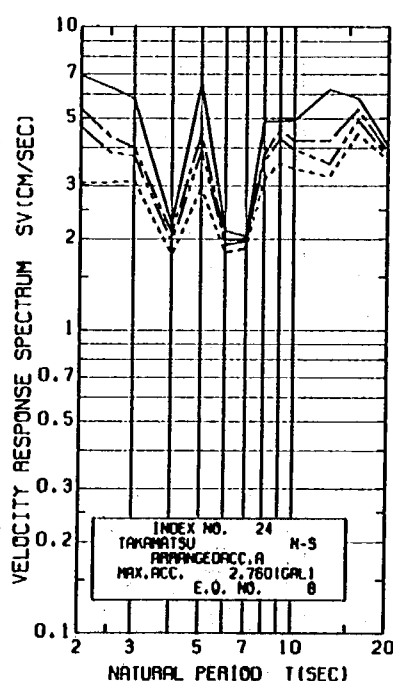


(c) 変位応答スペクトル

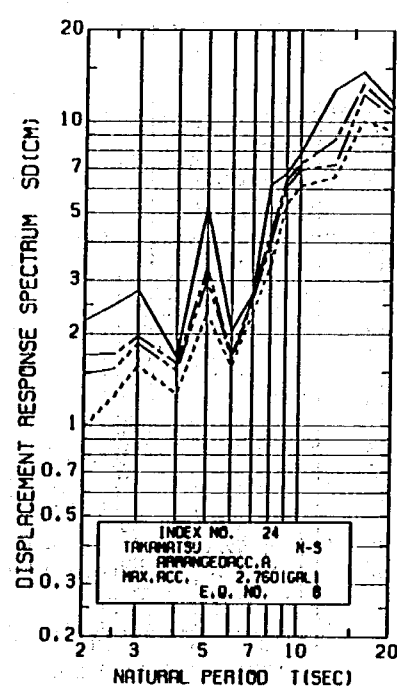
図3.30(1) 応答スペクトル (高松, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

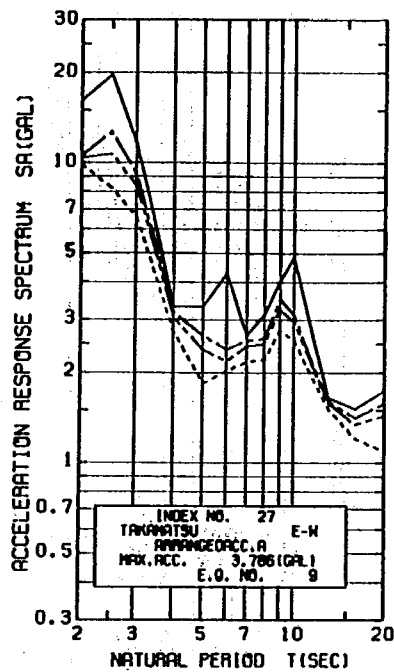


(b) 速度応答スペクトル

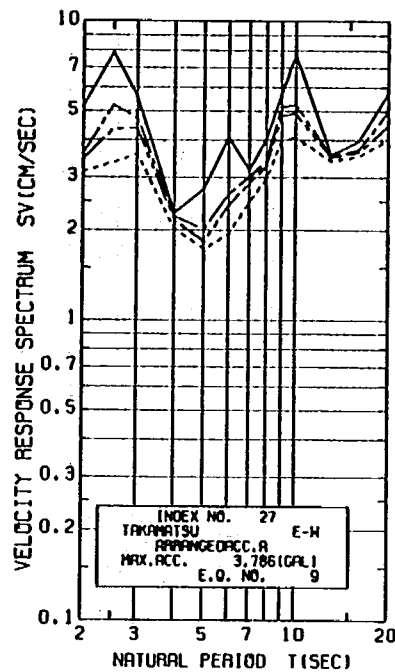


(c) 変位応答スペクトル

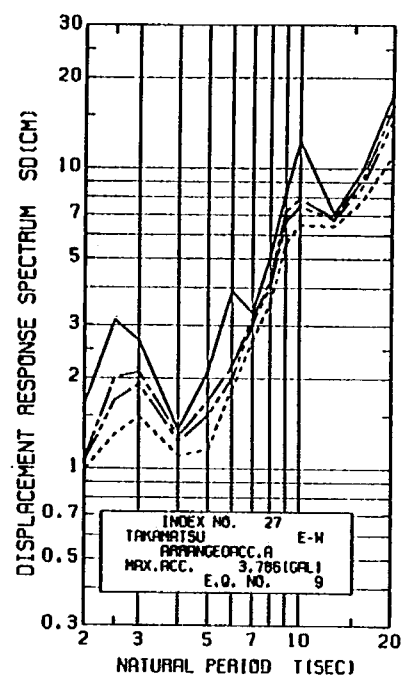
図3.30(2) 応答スペクトル (高松, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

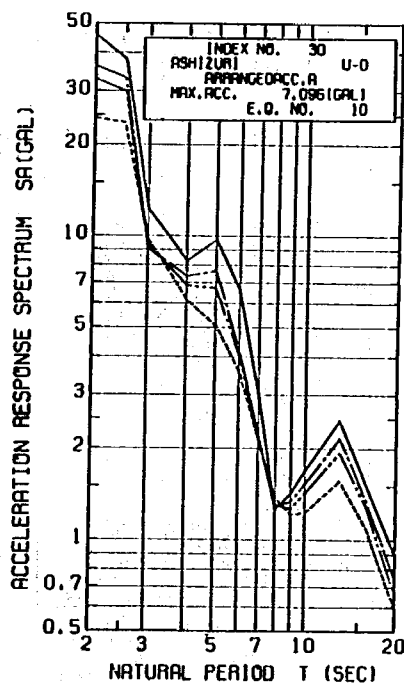


(b) 速度応答スペクトル

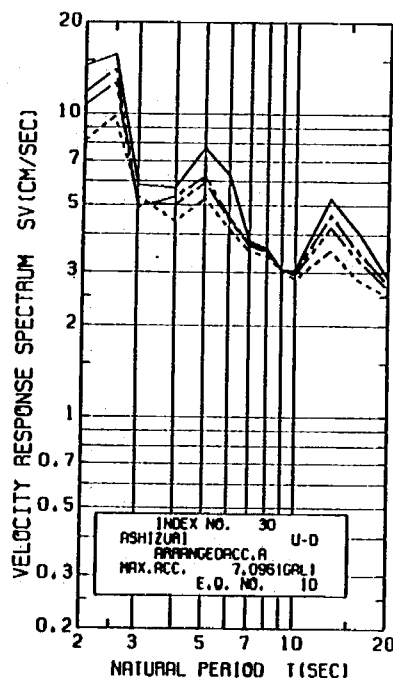


(c) 変位応答スペクトル

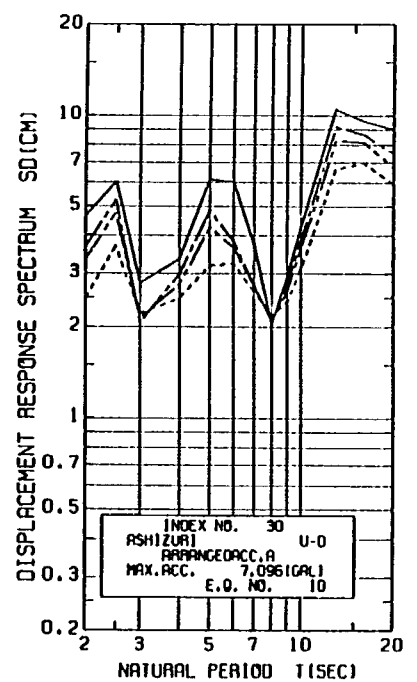
図3.30(3) 応答スペクトル (高松, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

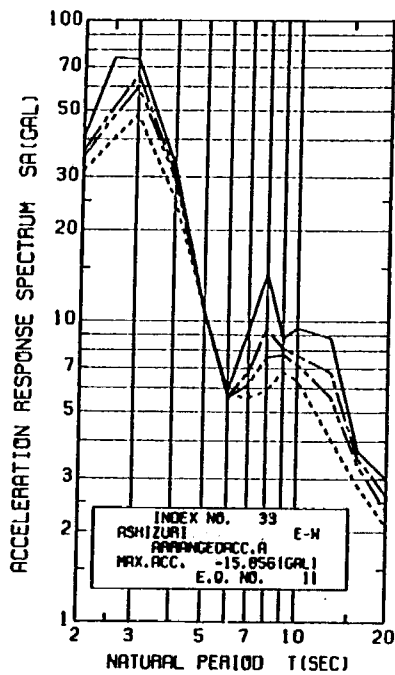


(b) 速度応答スペクトル

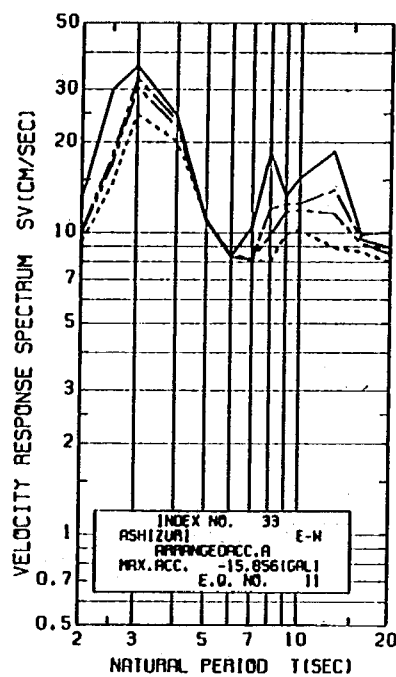


(c) 変位応答スペクトル

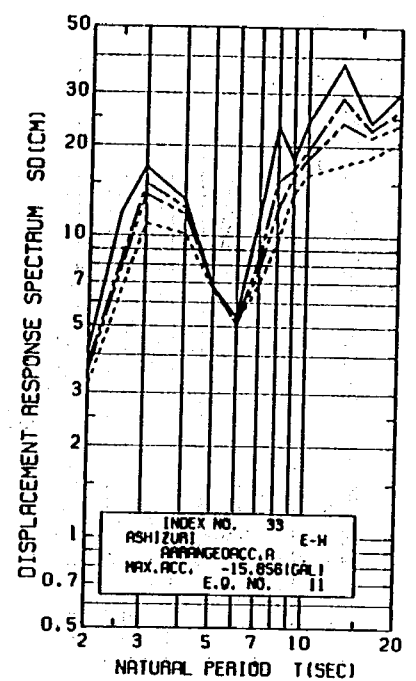
図3.31(1) 応答スペクトル (足摺, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

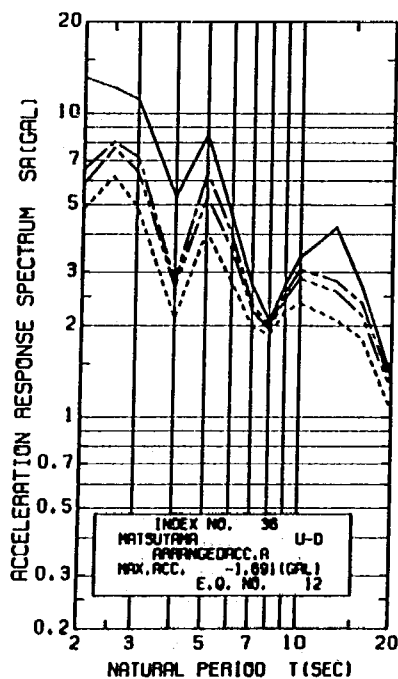


(b) 速度応答スペクトル

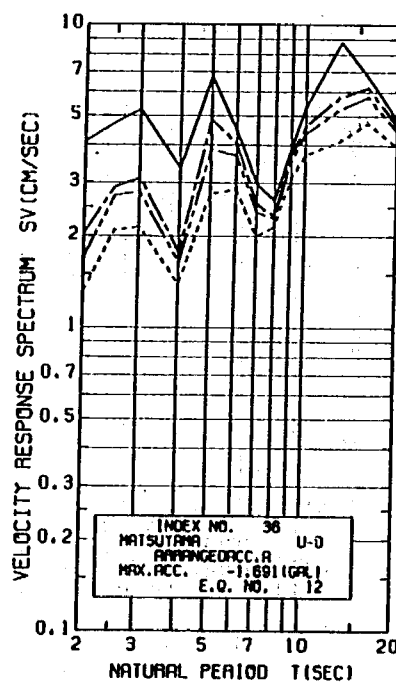


(c) 変位応答スペクトル

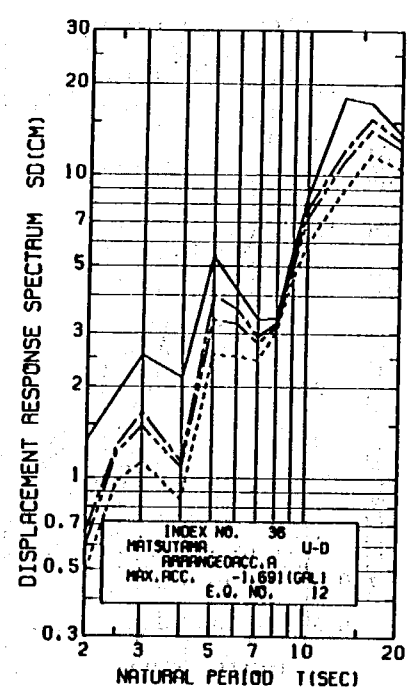
図3.31(2) 応答スペクトル (足摺, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

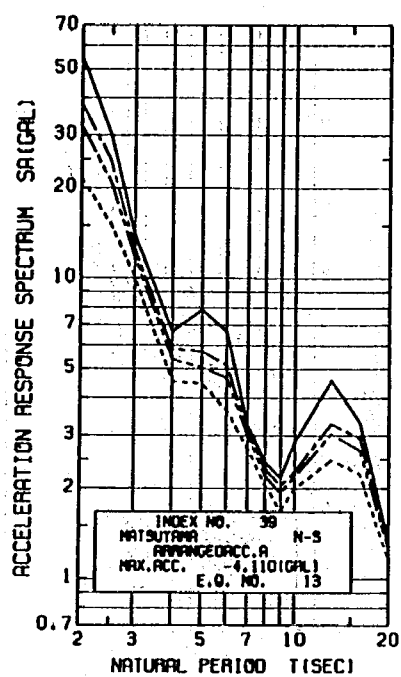


(b) 速度応答スペクトル

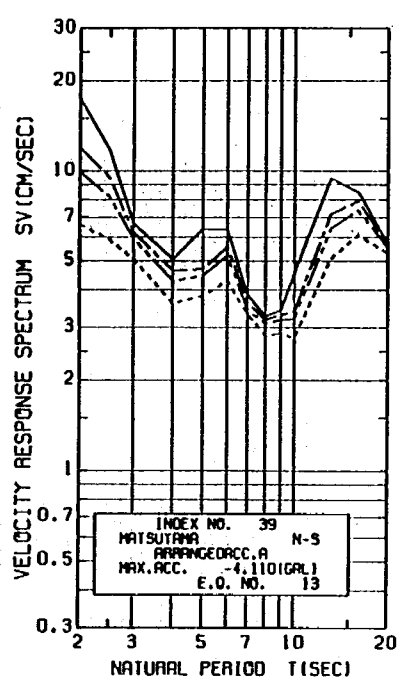


(c) 変位応答スペクトル

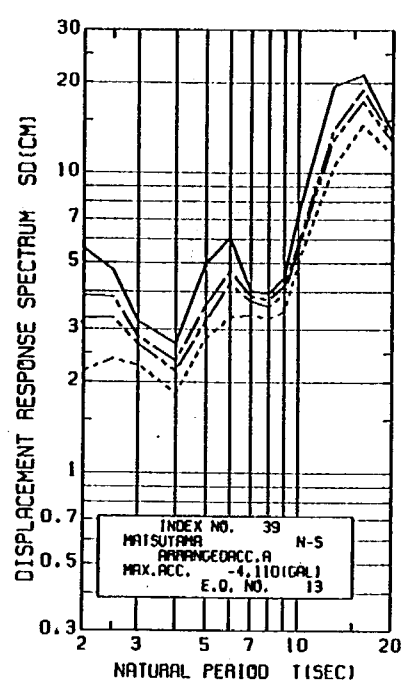
図3.32(1) 応答スペクトル (松山, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

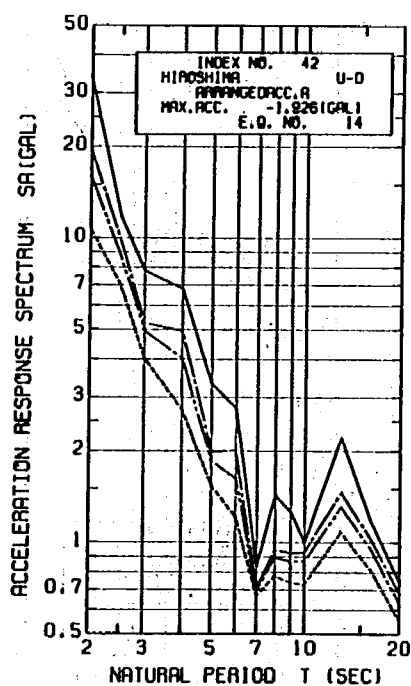


(b) 速度応答スペクトル

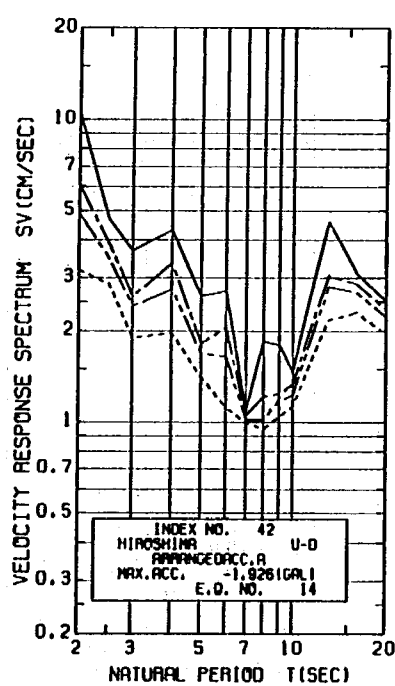


(c) 変位応答スペクトル

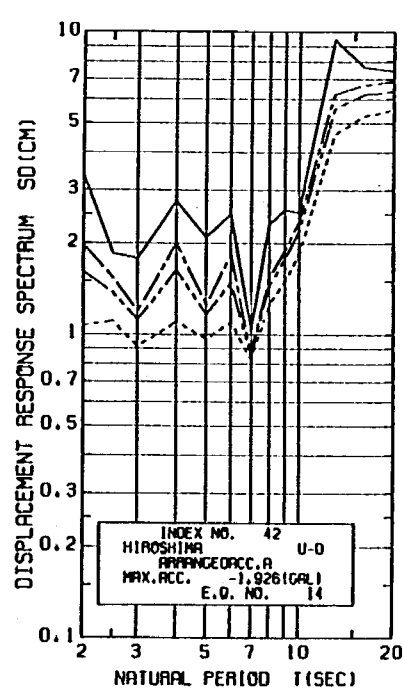
図3.32(2) 応答スペクトル (松山, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

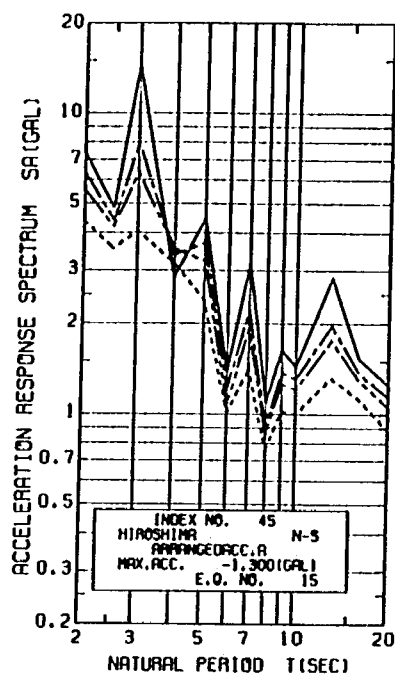


(b) 速度応答スペクトル

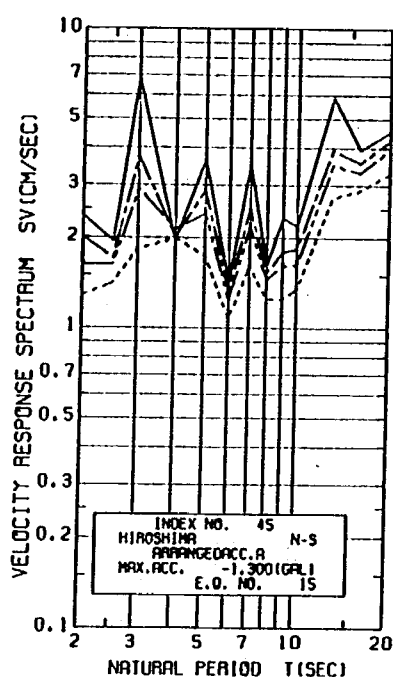


(c) 変位応答スペクトル

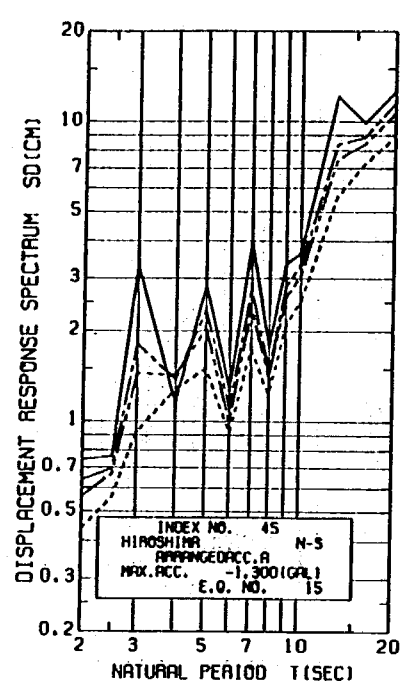
図3.33(1) 応答スペクトル (広島, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

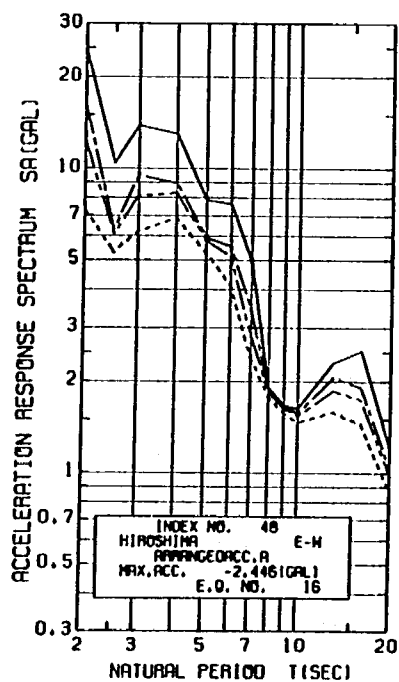


(b) 速度応答スペクトル

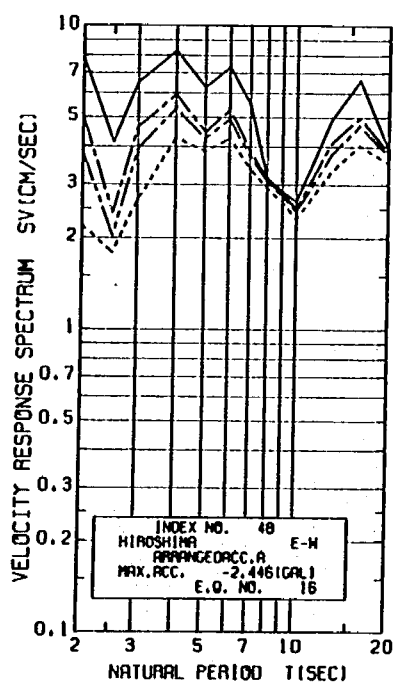


(c) 変位応答スペクトル

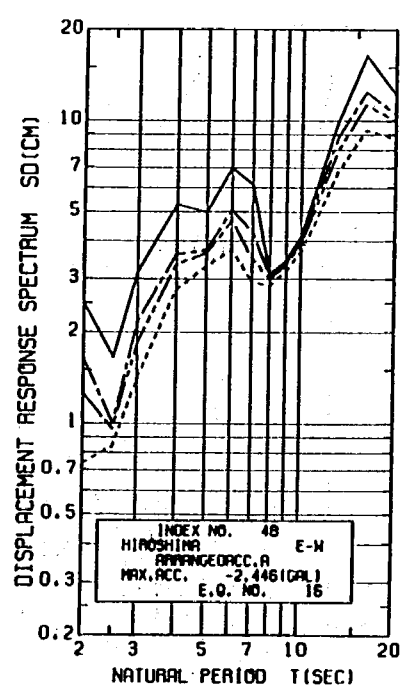
図3.33(2) 応答スペクトル (広島, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

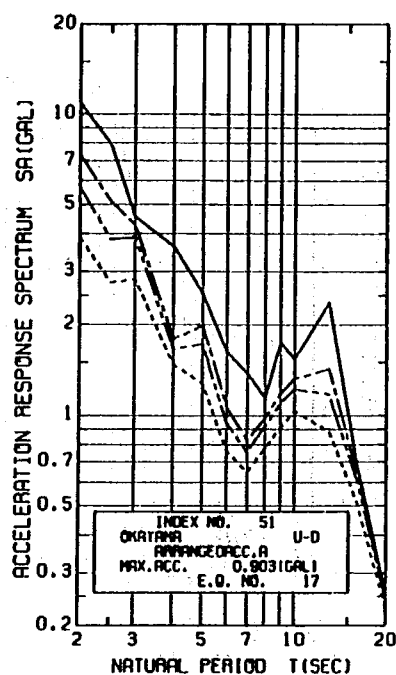


(b) 速度応答スペクトル

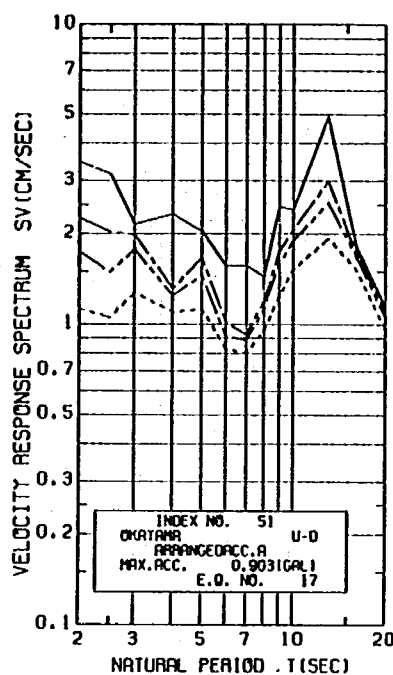


(c) 変位応答スペクトル

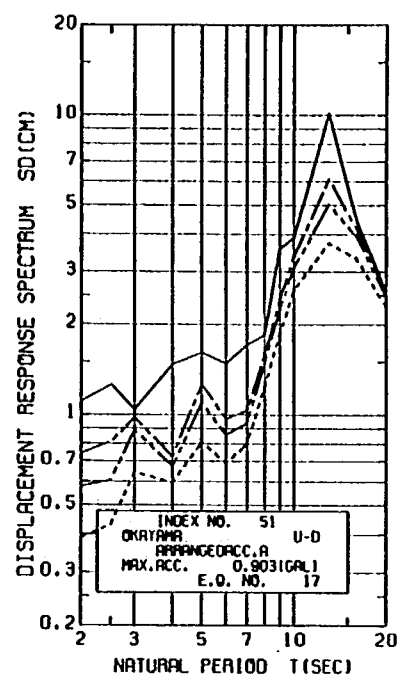
図3.33(3) 応答スペクトル (広島, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

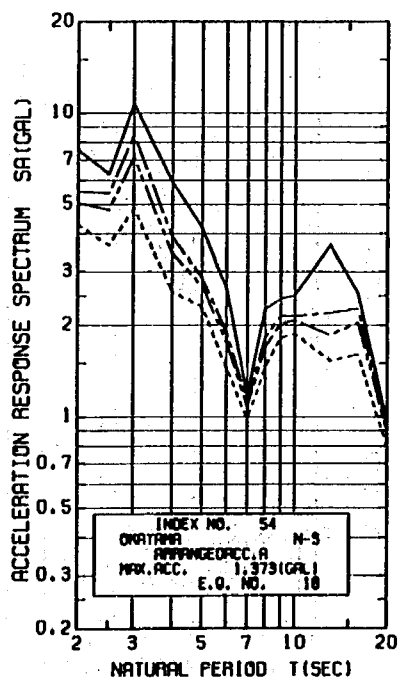


(b) 速度応答スペクトル

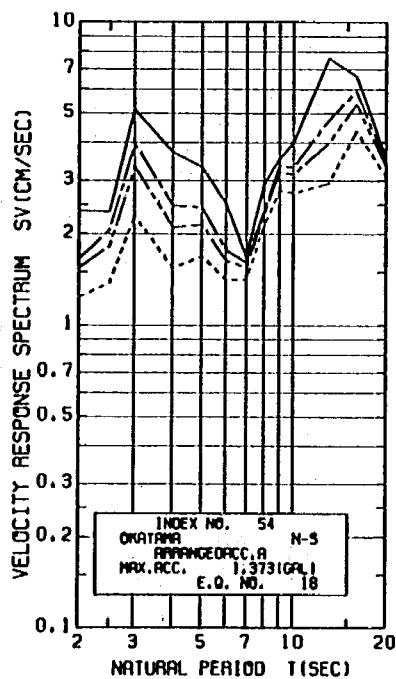


(c) 変位応答スペクトル

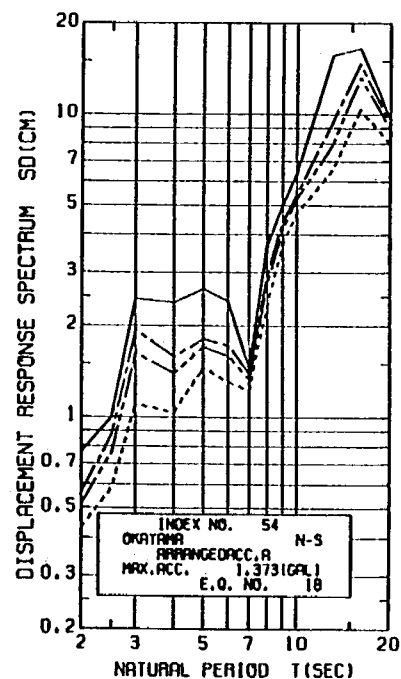
図3.34(1) 応答スペクトル (岡山, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

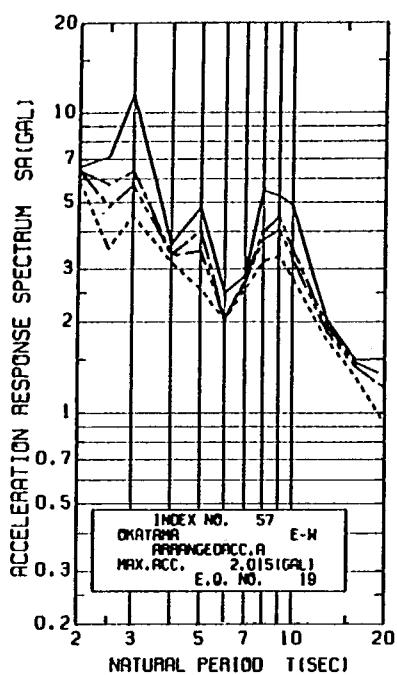


(b) 速度応答スペクトル

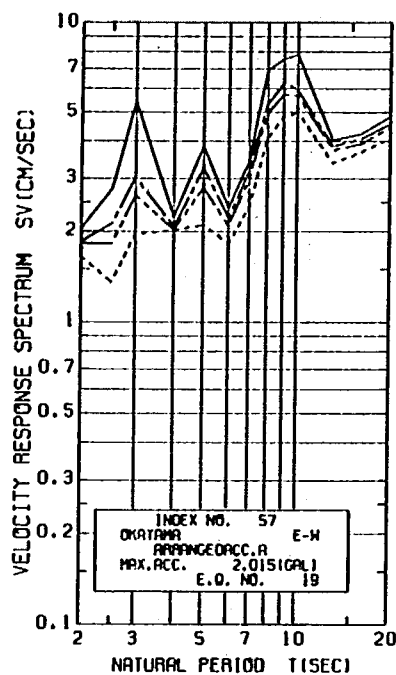


(c) 変位応答スペクトル

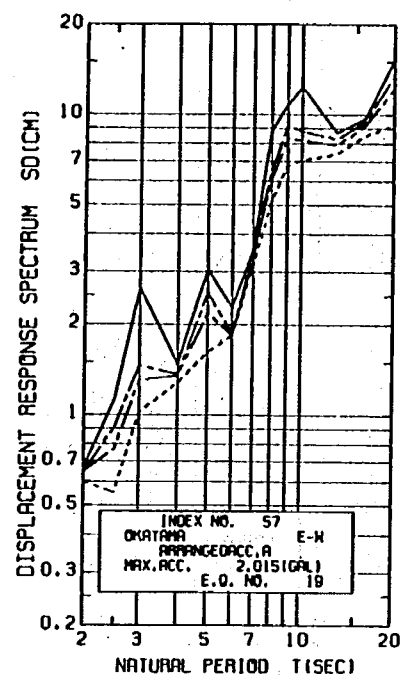
図3.34(2) 応答スペクトル (岡山, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

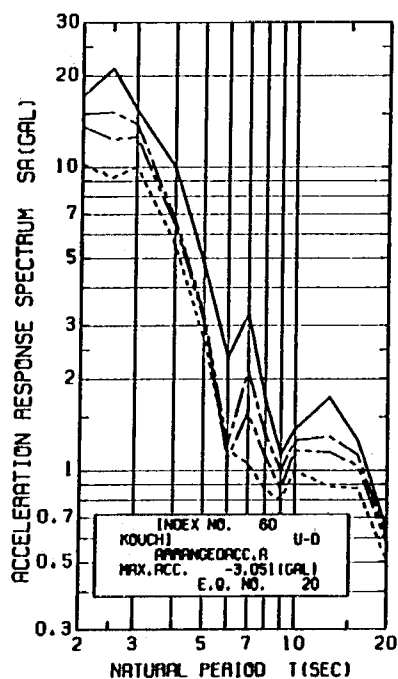


(b) 速度応答スペクトル

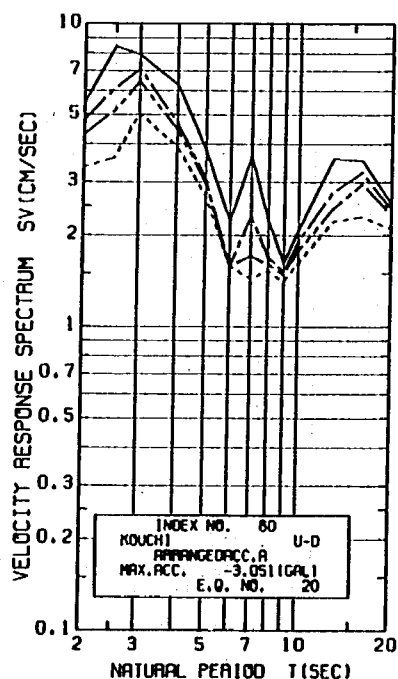


(c) 変位応答スペクトル

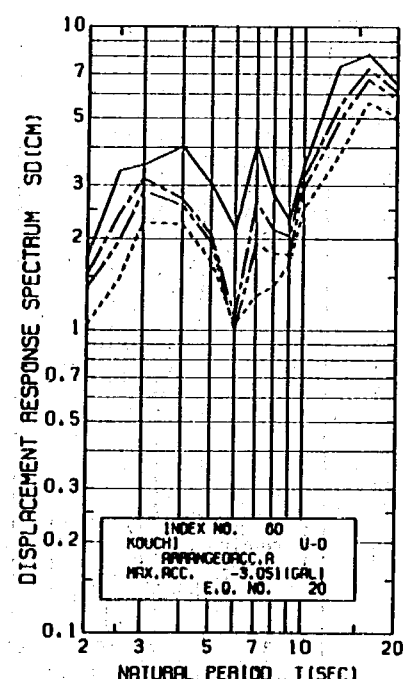
図3.34(3) 応答スペクトル(岡山, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

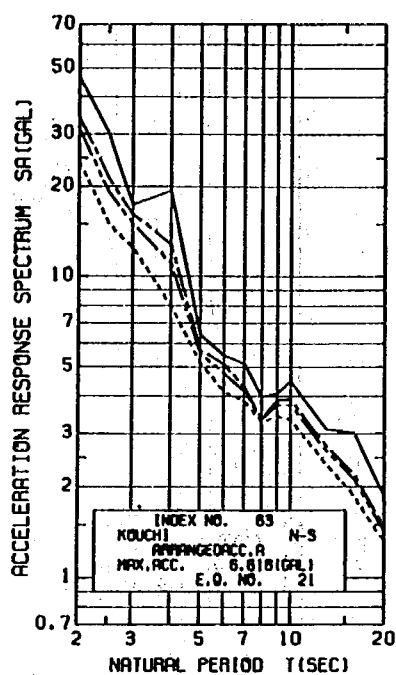


(b) 速度応答スペクトル

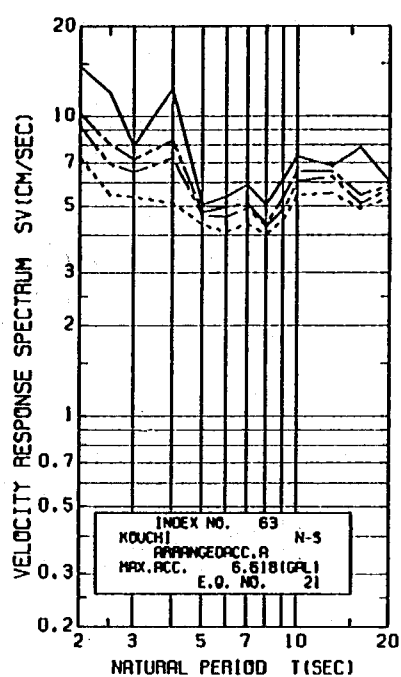


(c) 変位応答スペクトル

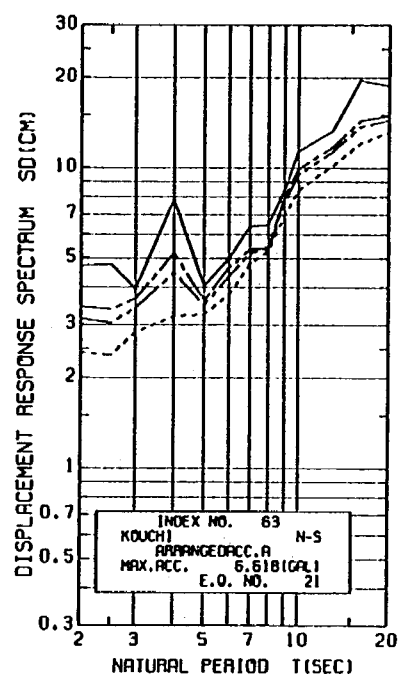
図3.35(1) 応答スペクトル(高知, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

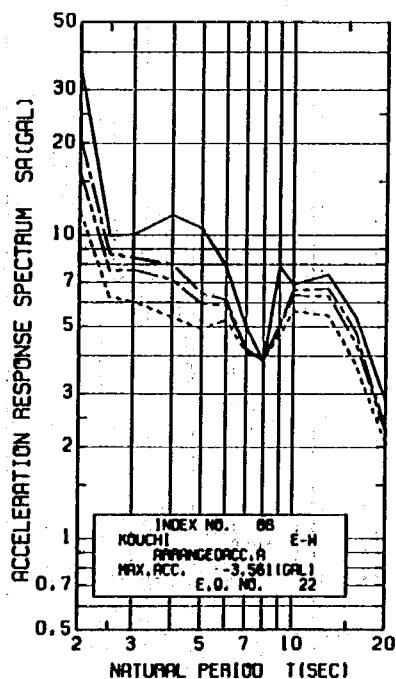


(b) 速度応答スペクトル

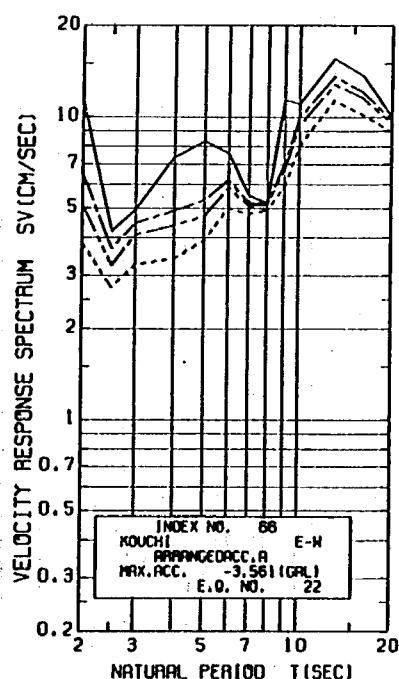


(c) 変位応答スペクトル

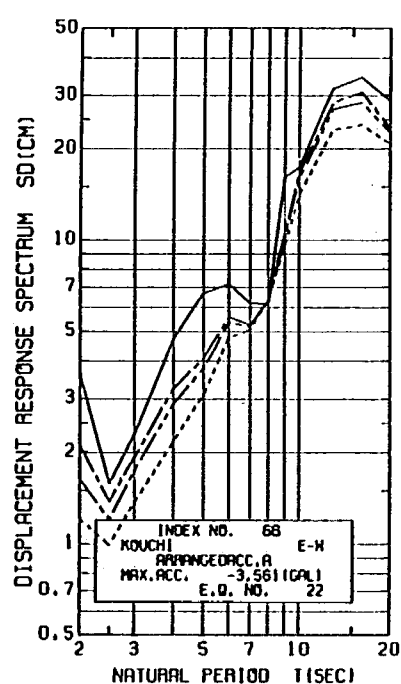
図3.35(2) 応答スペクトル (高知, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

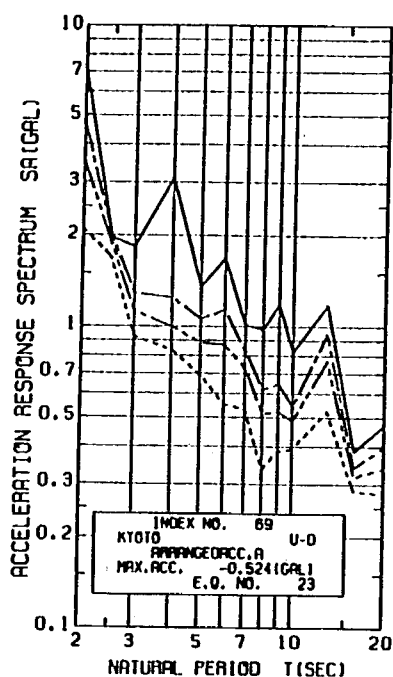


(b) 速度応答スペクトル

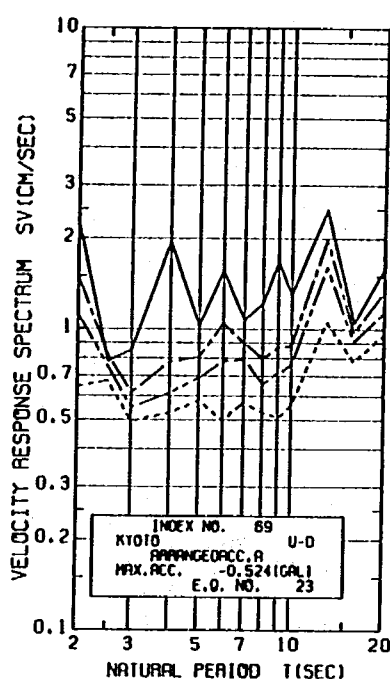


(c) 変位応答スペクトル

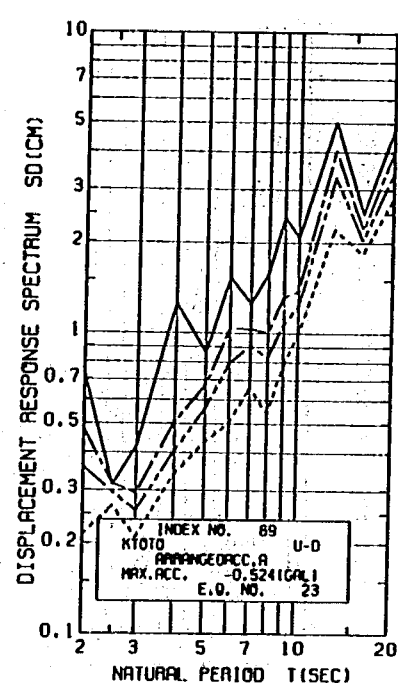
図3.35(3) 応答スペクトル (高知, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

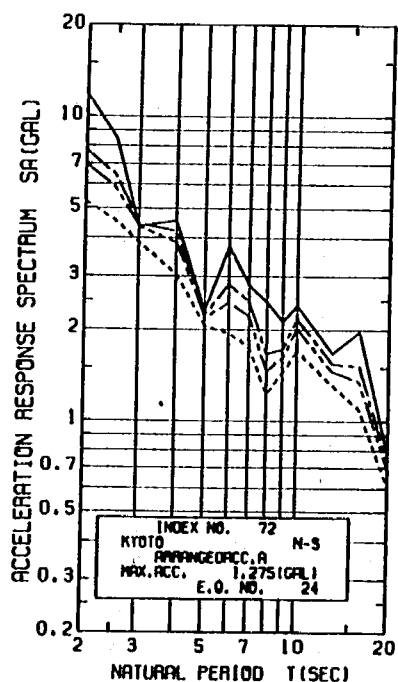


(b) 速度応答スペクトル

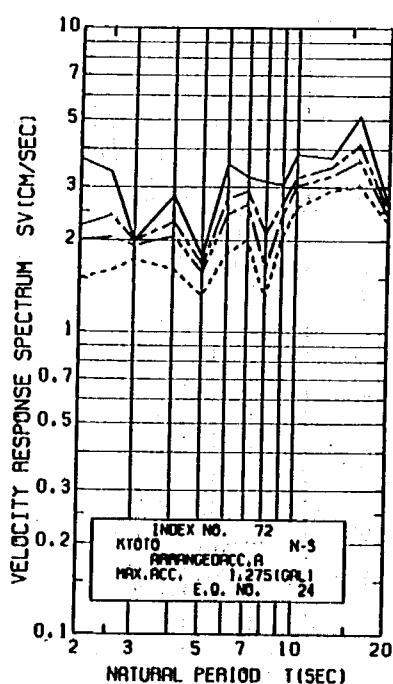


(c) 変位応答スペクトル

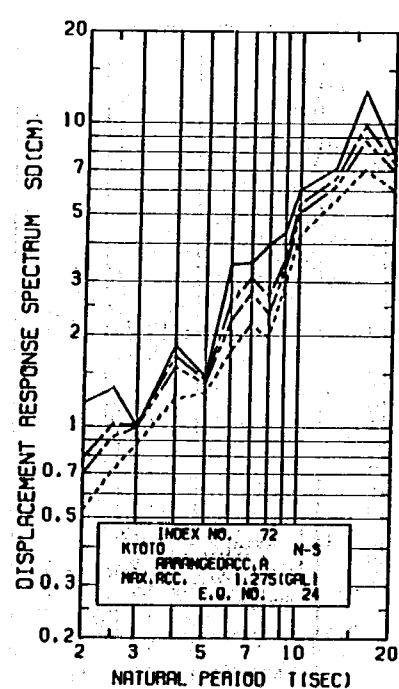
図3.36(1) 応答スペクトル (京都, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

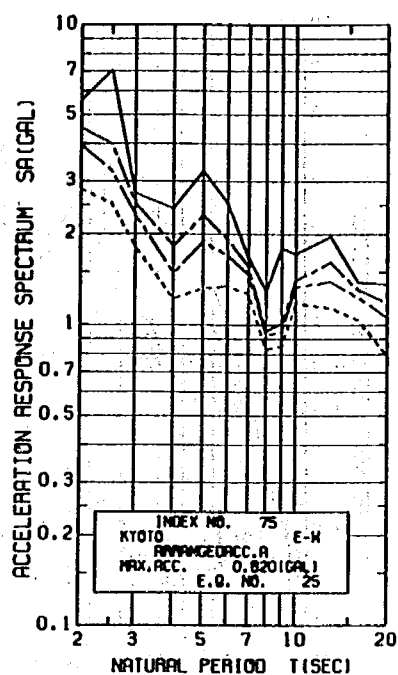


(b) 速度応答スペクトル

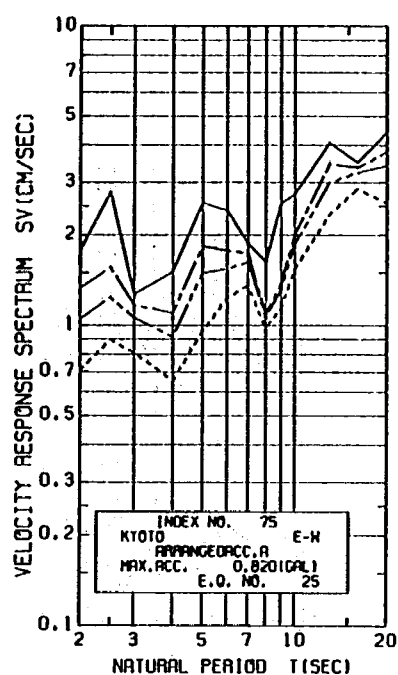


(c) 変位応答スペクトル

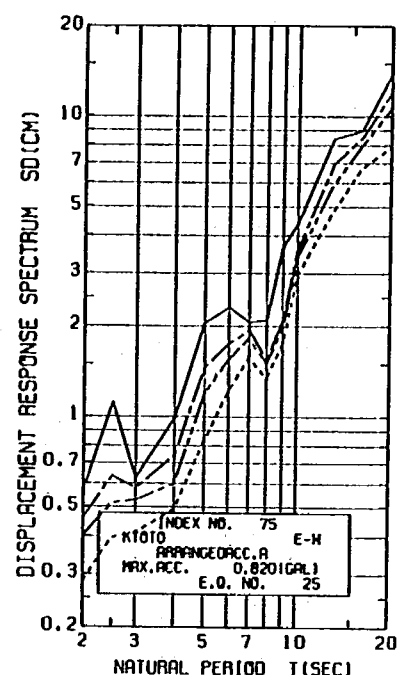
図3.36(2) 応答スペクトル (京都, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

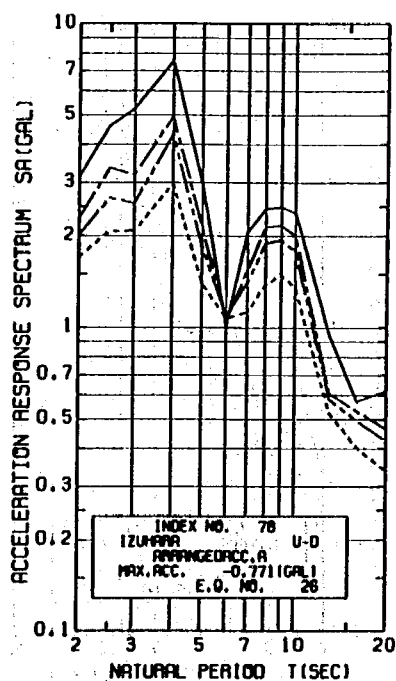


(b) 速度応答スペクトル

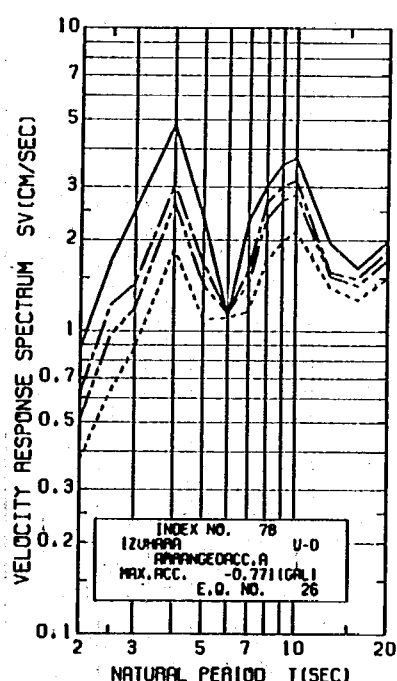


(c) 変位応答スペクトル

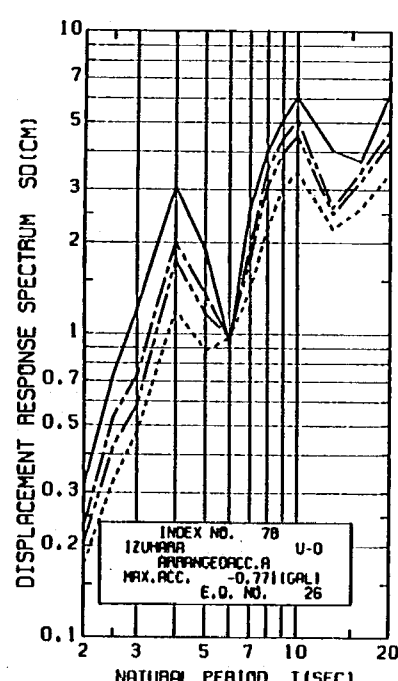
図3.36(3) 応答スペクトル (京都, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

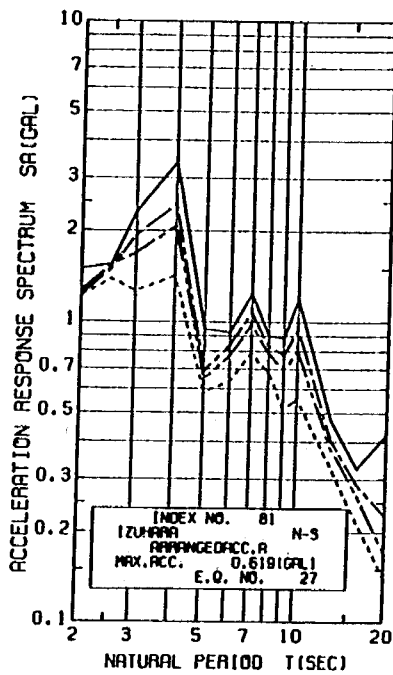


(b) 速度応答スペクトル

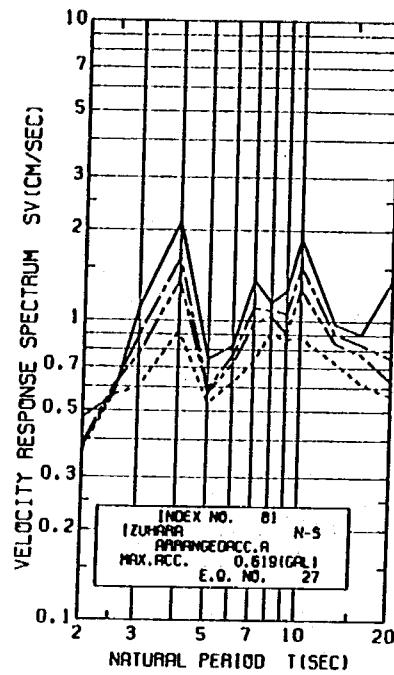


(c) 変位応答スペクトル

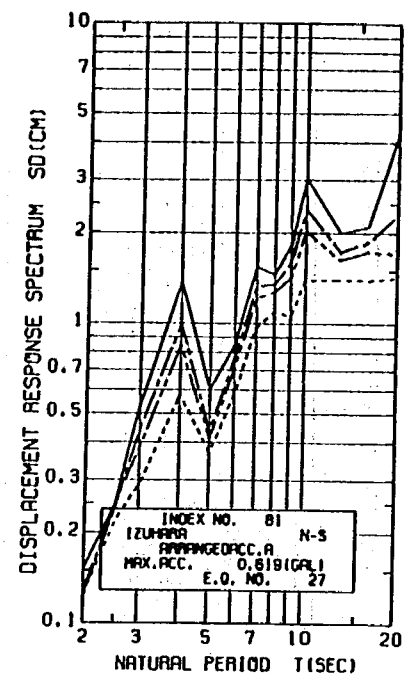
図3.37(1) 応答スペクトル (厳原, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

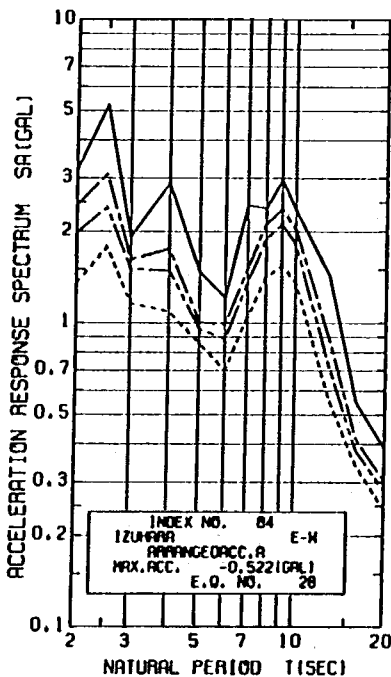


(b) 速度応答スペクトル

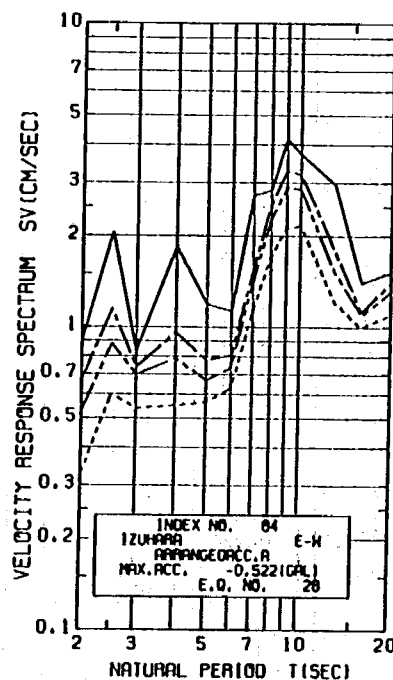


(c) 変位応答スペクトル

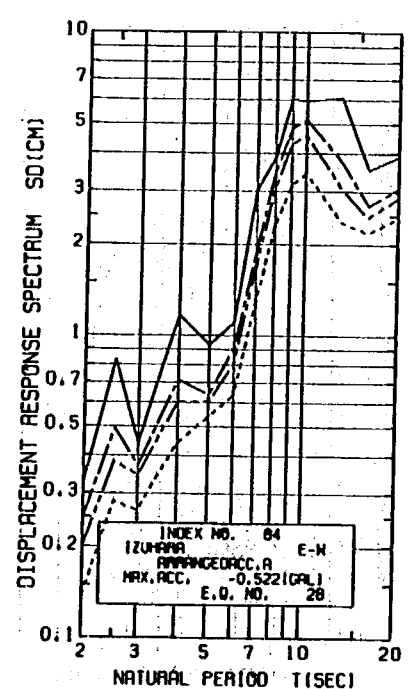
図 3.37(2) 応答スペクトル(厳原, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

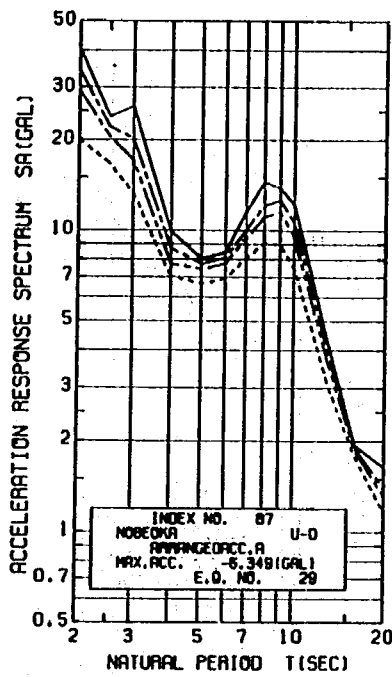


(b) 速度応答スペクトル

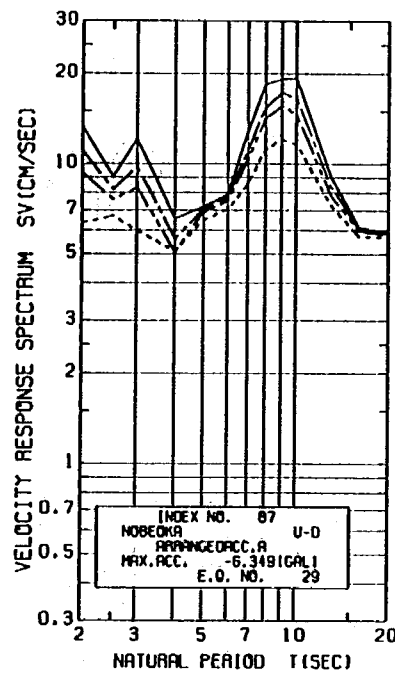


(c) 変位応答スペクトル

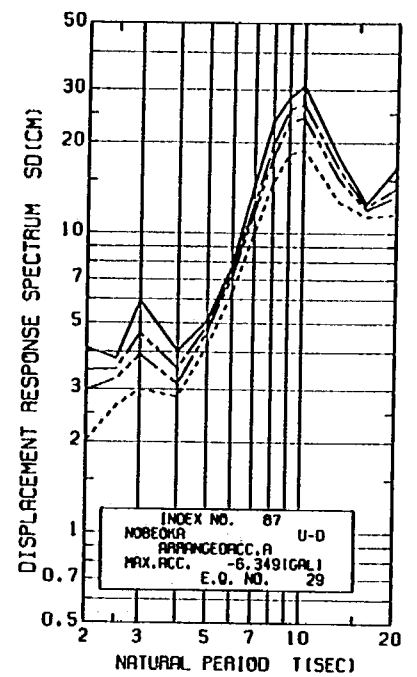
図 3.37(3) 応答スペクトル(厳原, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

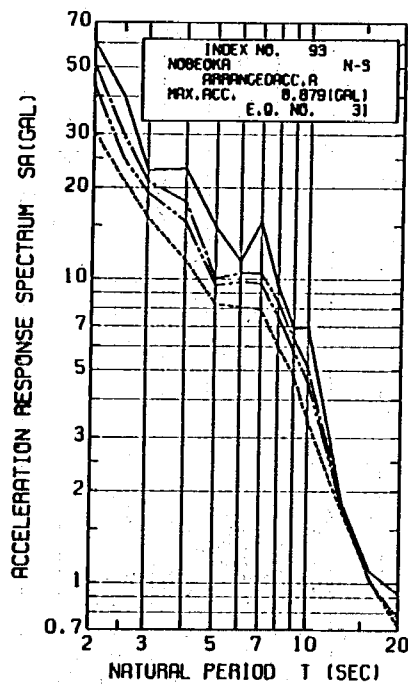


(b) 速度応答スペクトル

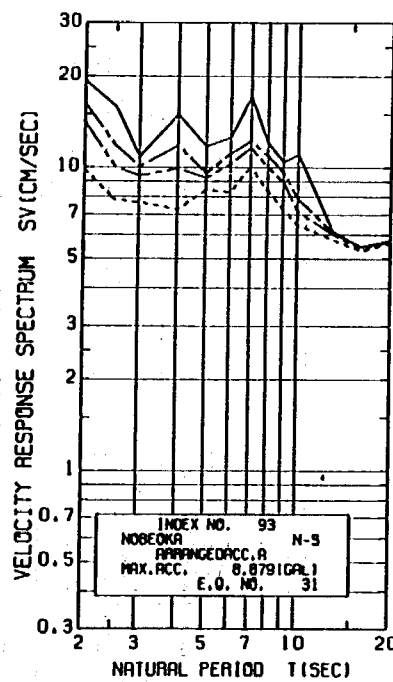


(c) 変位応答スペクトル

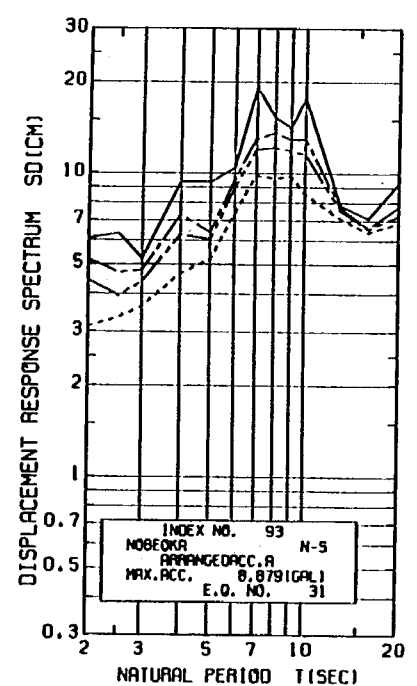
図3.38(1) 応答スペクトル(延岡, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

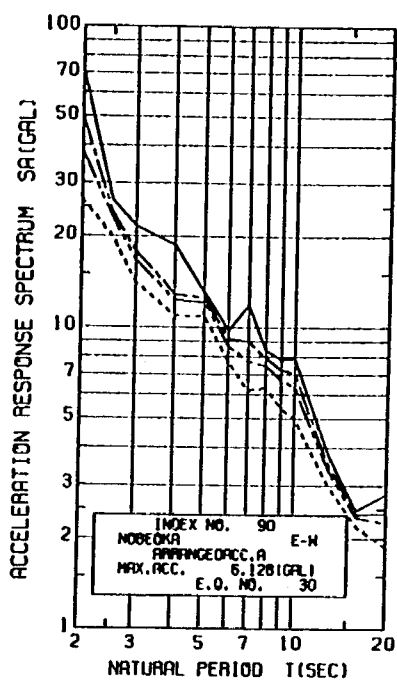


(b) 速度応答スペクトル

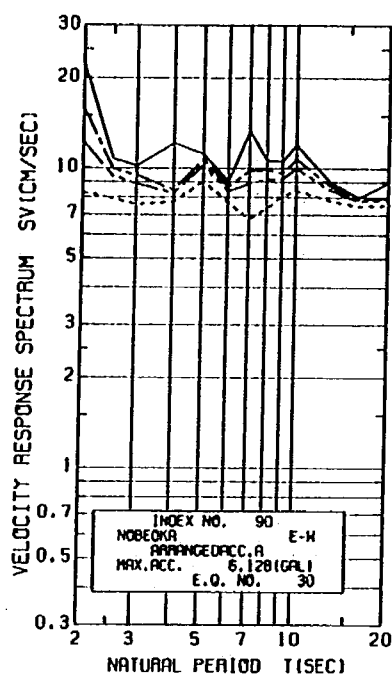


(c) 変位応答スペクトル

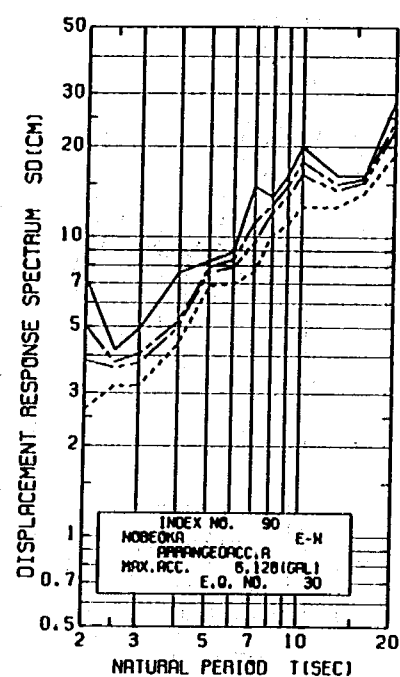
図3.38(2) 応答スペクトル(延岡, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

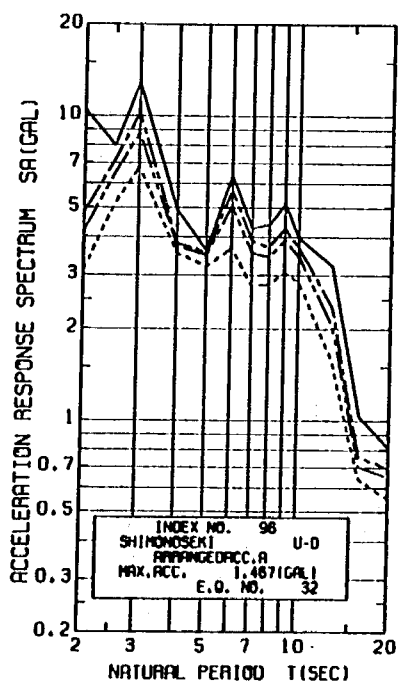


(b) 速度応答スペクトル

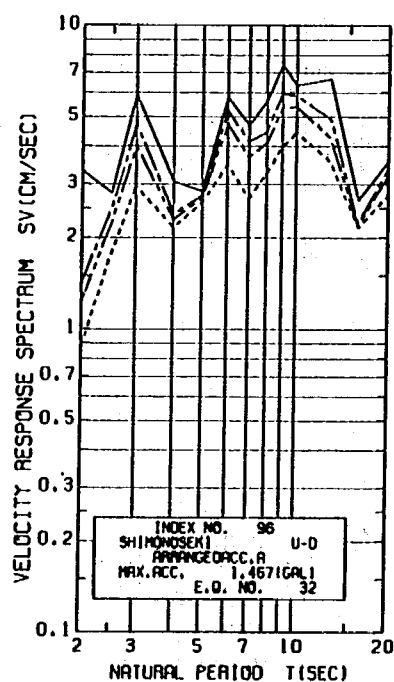


(c) 変位応答スペクトル

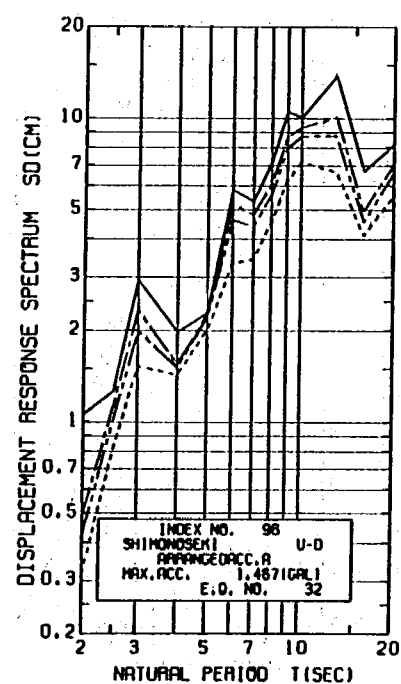
図 3.38(3) 応答スペクトル(延岡, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

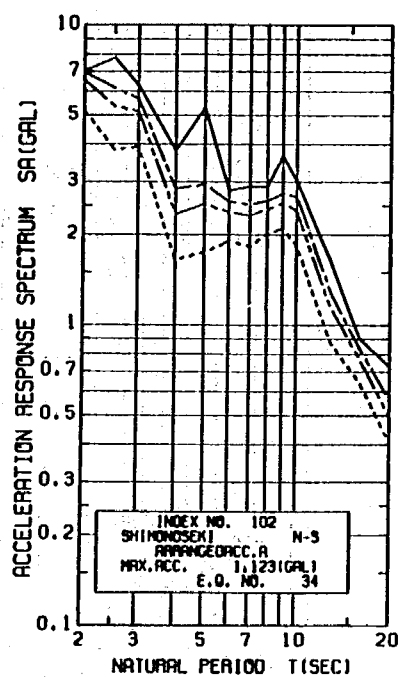


(b) 速度応答スペクトル

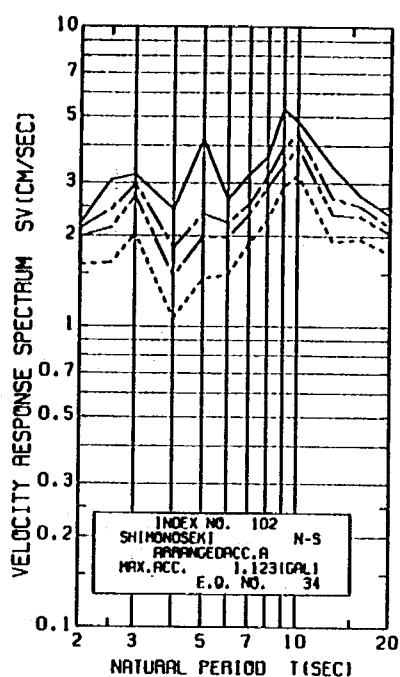


(c) 変位応答スペクトル

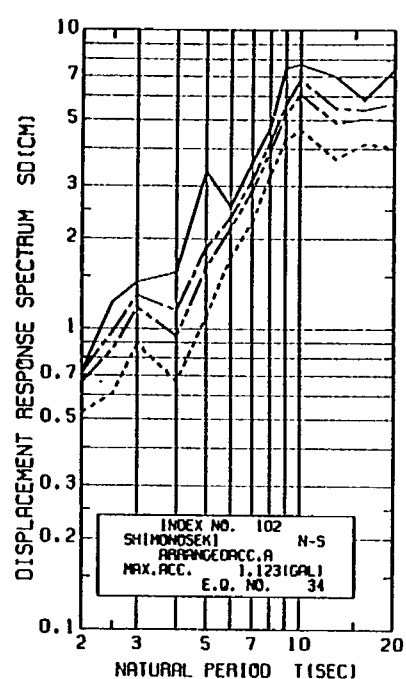
図 3.39(1) 応答スペクトル(下関, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

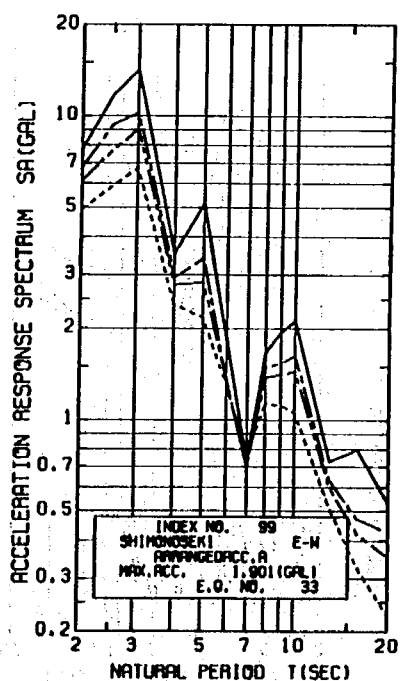


(b) 速度応答スペクトル

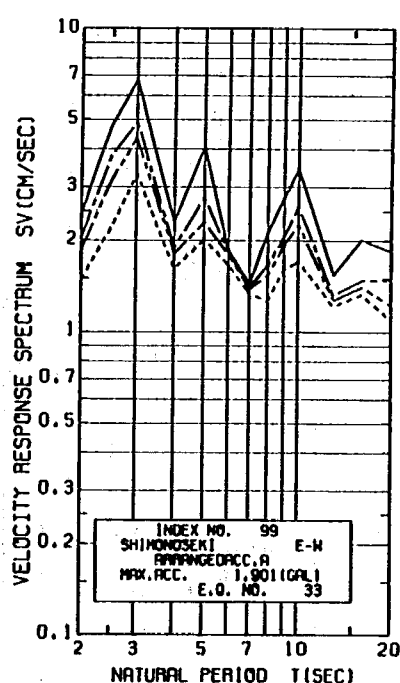


(c) 変位応答スペクトル

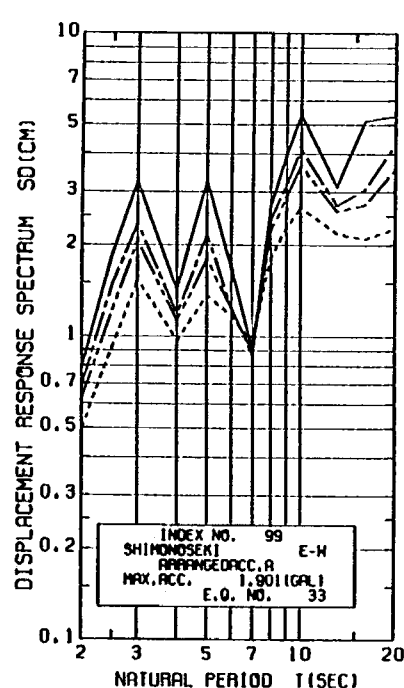
図3.39(2) 応答スペクトル(下関, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

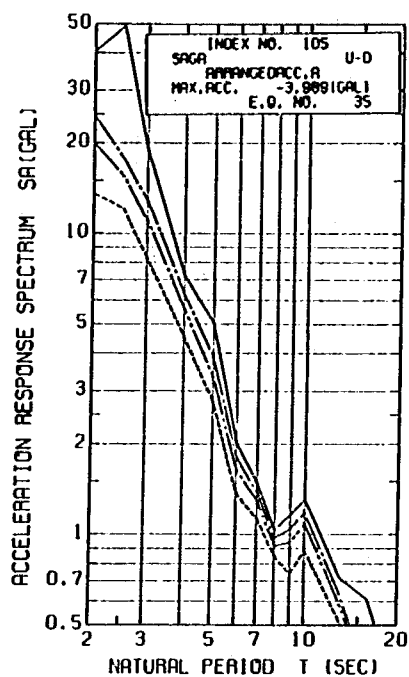


(b) 速度応答スペクトル

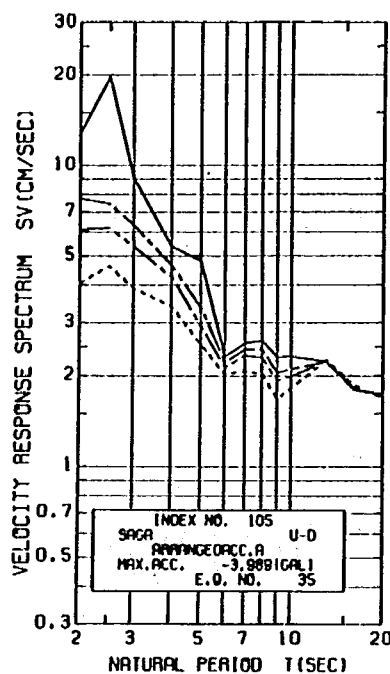


(c) 変位応答スペクトル

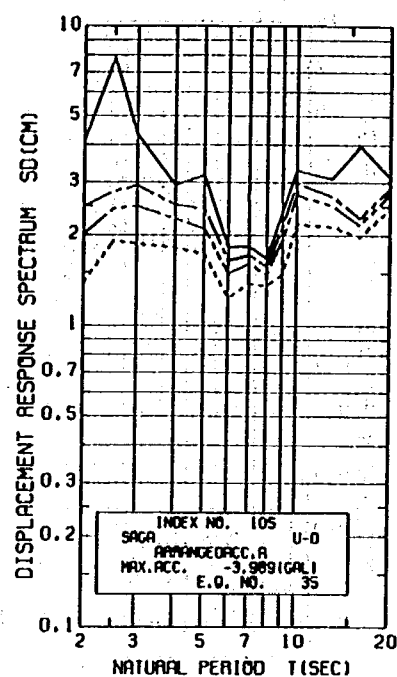
図3.39(3) 応答スペクトル(下関, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

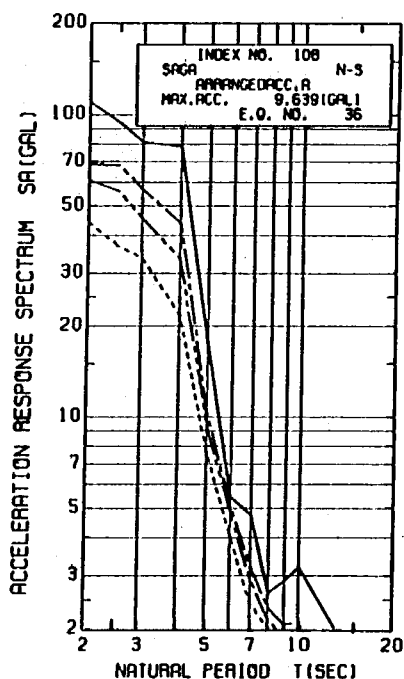


(b) 速度応答スペクトル

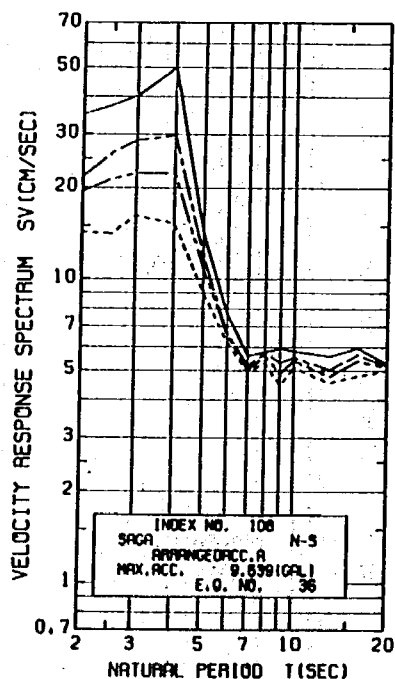


(c) 変位応答スペクトル

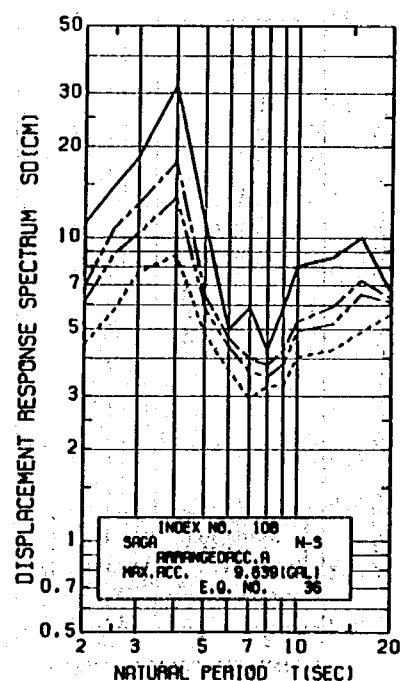
図3.40(1) 応答スペクトル(佐賀, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

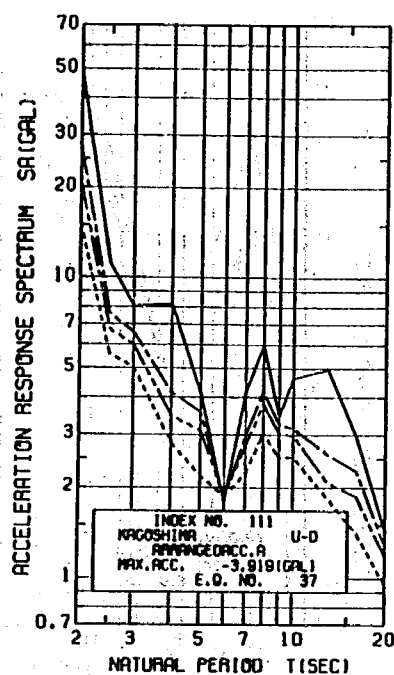


(b) 速度応答スペクトル

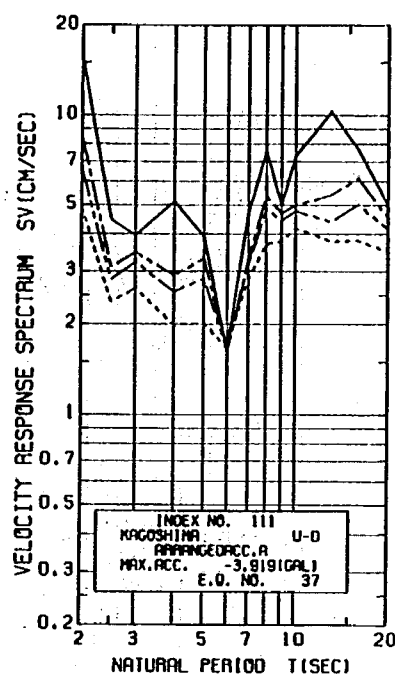


(c) 変位応答スペクトル

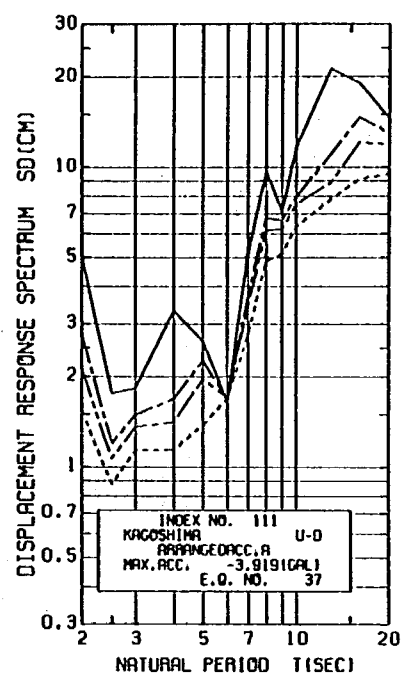
図3.40(2) 応答スペクトル(佐賀, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

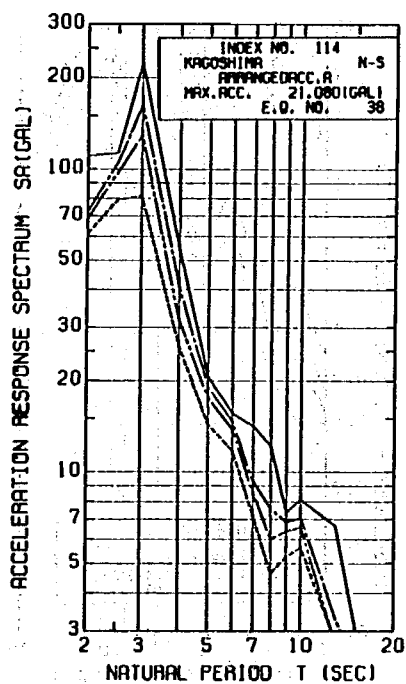


(b) 速度応答スペクトル

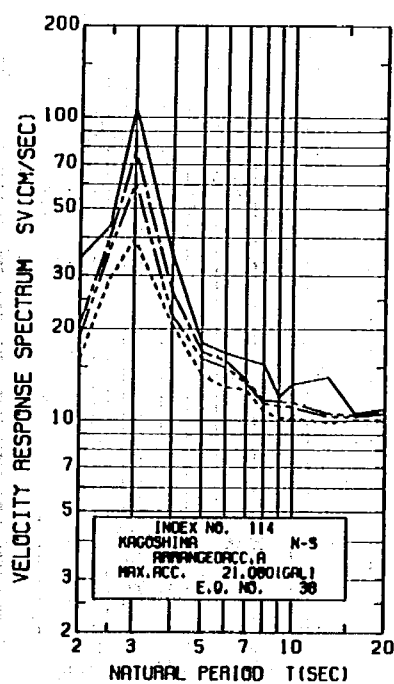


(c) 変位応答スペクトル

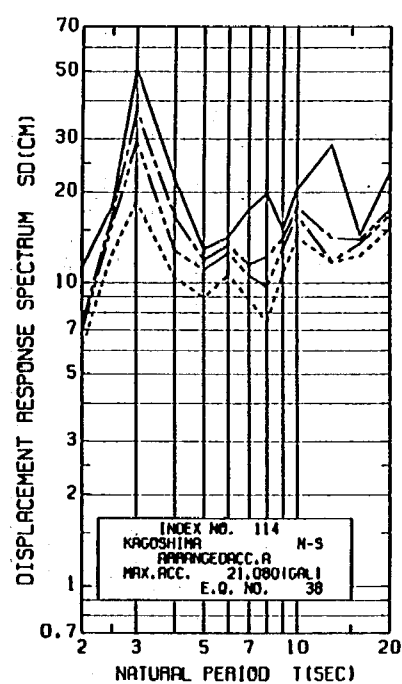
図3.41(1) 応答スペクトル(鹿児島, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

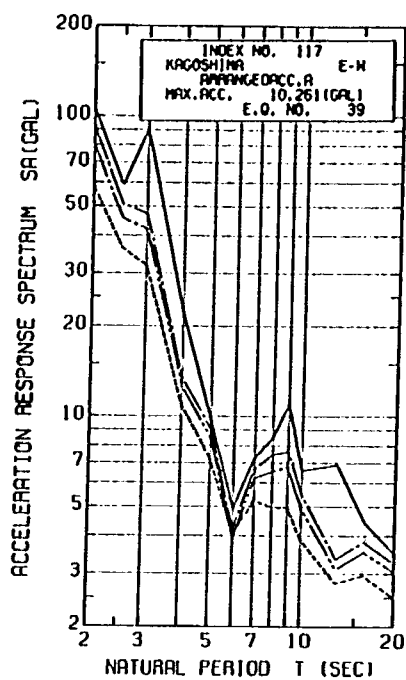


(b) 速度応答スペクトル

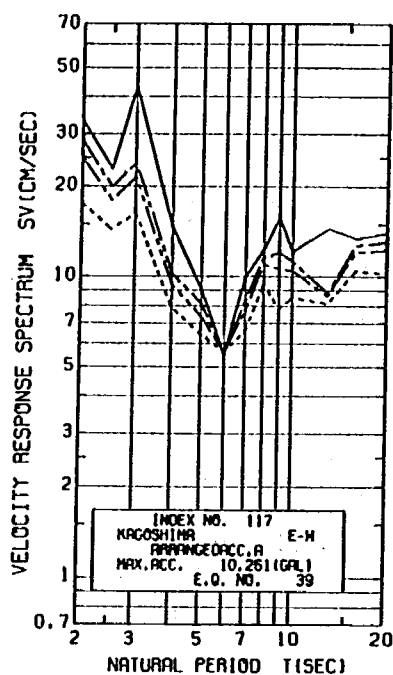


(c) 変位応答スペクトル

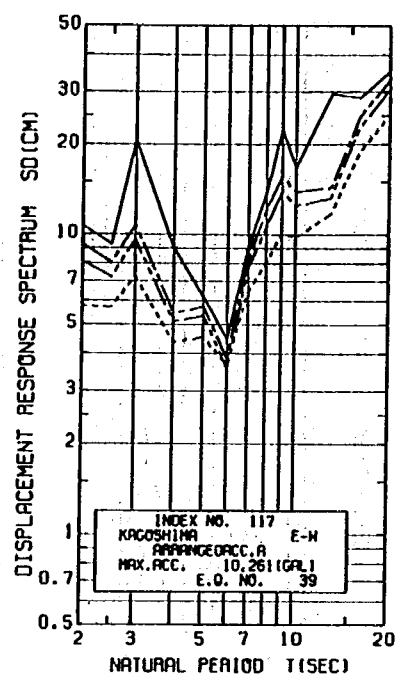
図3.41(2) 応答スペクトル(鹿児島, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

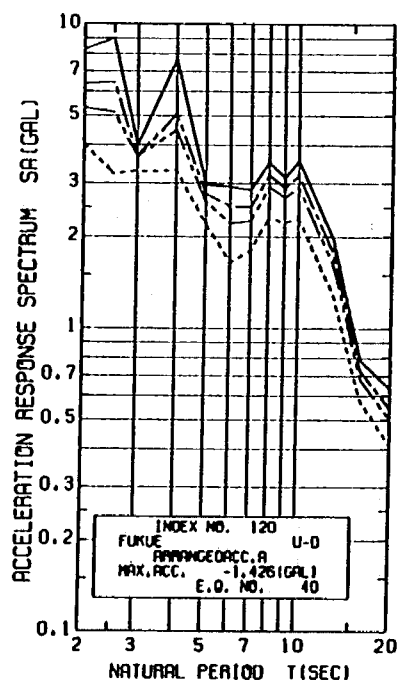


(b) 速度応答スペクトル

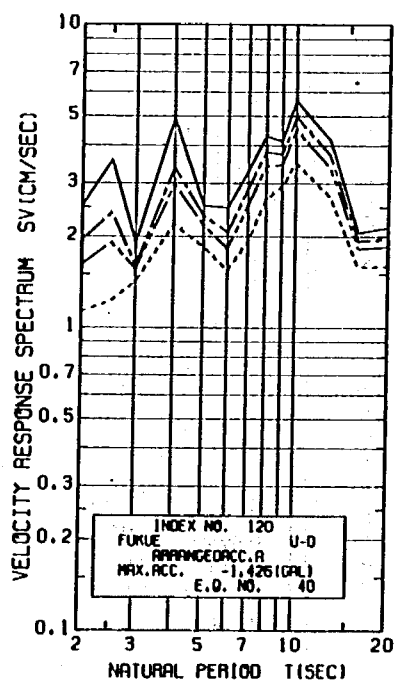


(c) 変位応答スペクトル

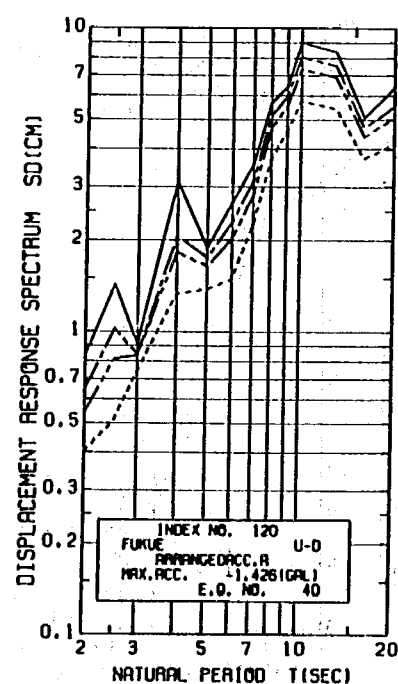
図 3.4 1(3) 応答スペクトル(鹿児島, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

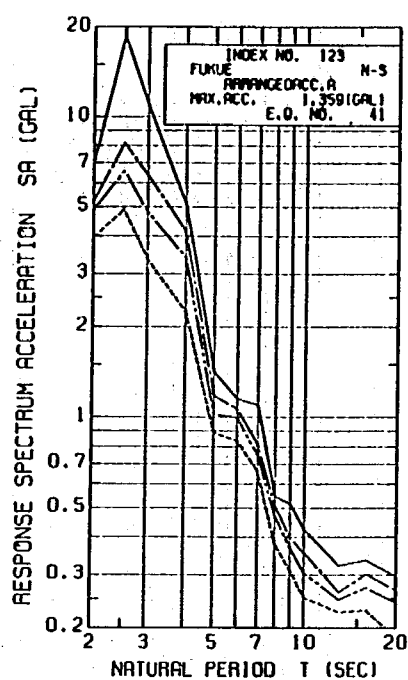


(b) 速度応答スペクトル

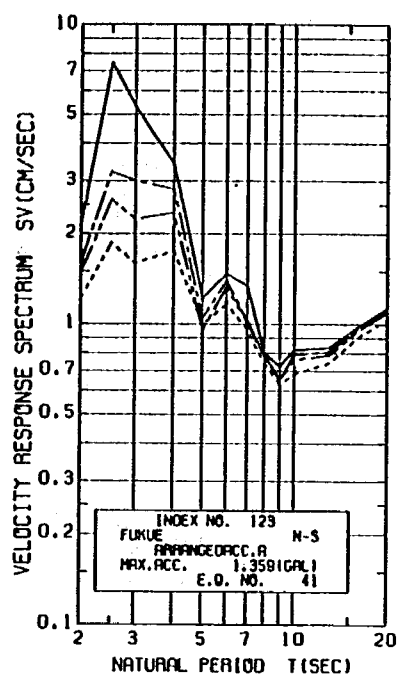


(c) 変位応答スペクトル

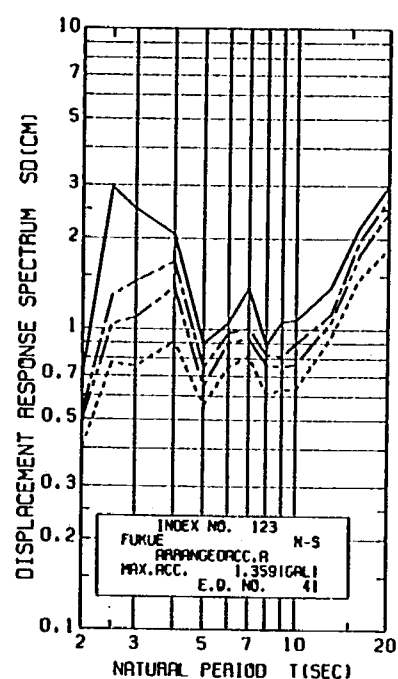
図 3.4 2(1) 応答スペクトル(福江, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

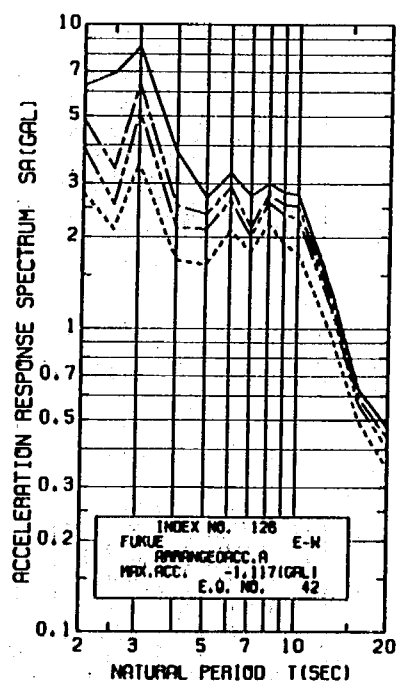


(b) 速度応答スペクトル

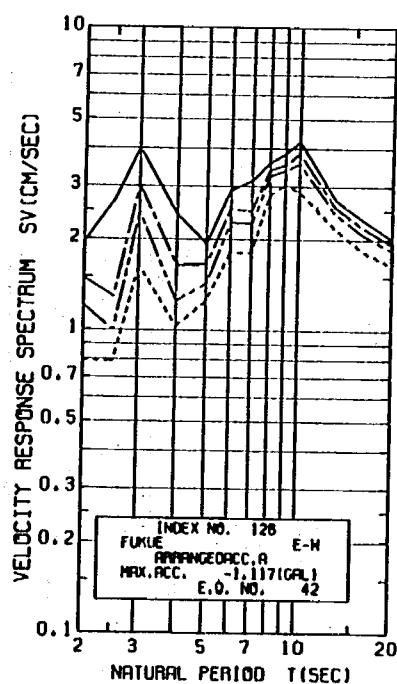


(c) 変位応答スペクトル

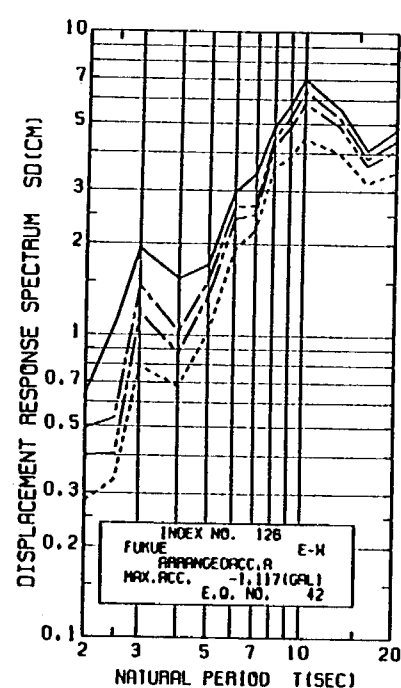
図3.42(2) 応答スペクトル(福江, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

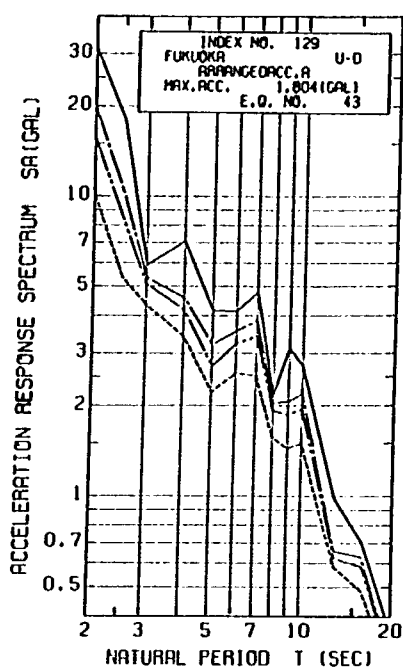


(b) 速度応答スペクトル

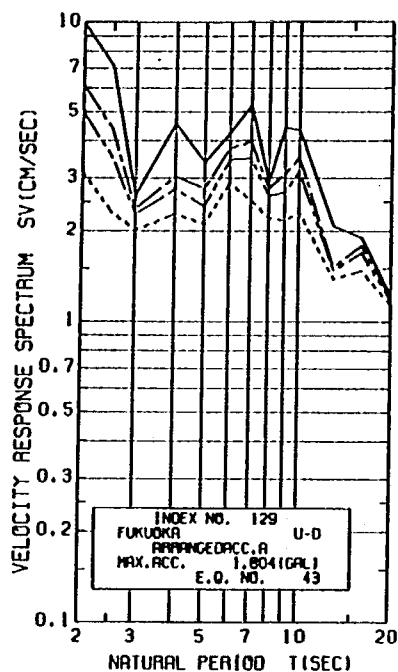


(c) 変位応答スペクトル

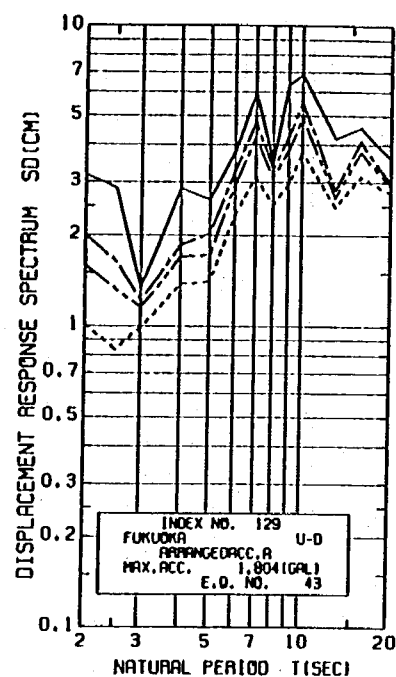
図3.42(3) 応答スペクトル(福江, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

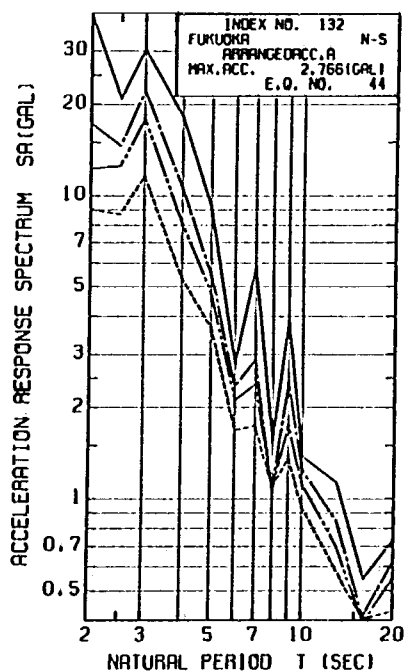


(b) 速度応答スペクトル

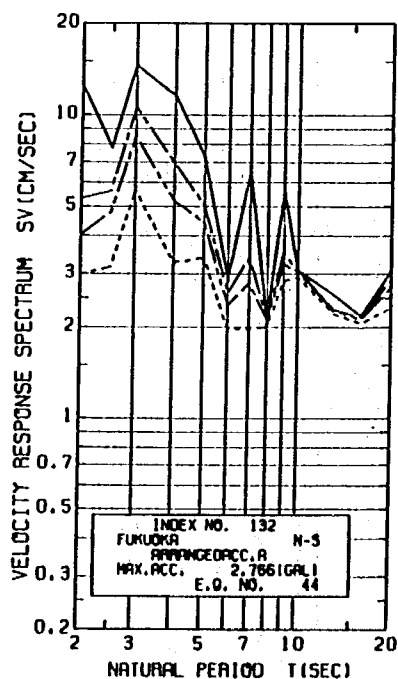


(c) 変位応答スペクトル

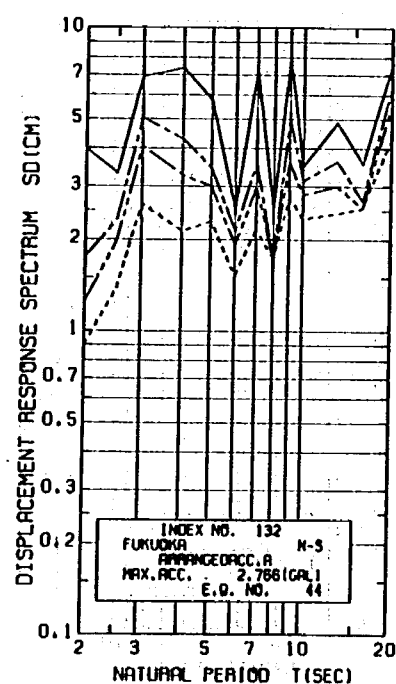
図3.43(1) 応答スペクトル(福岡, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

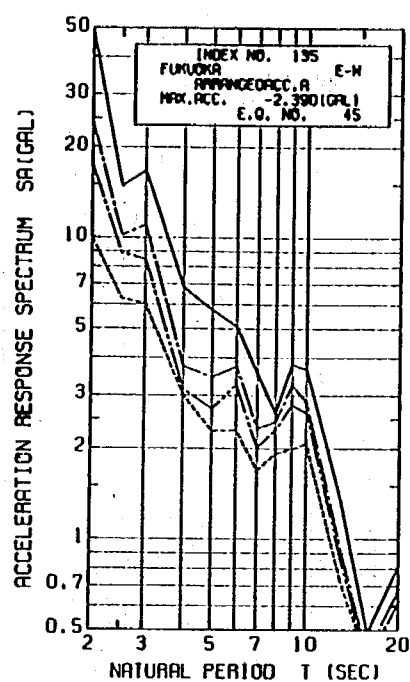


(b) 速度応答スペクトル

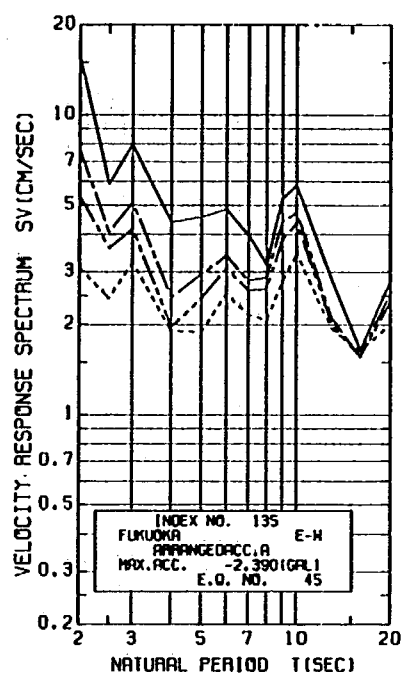


(c) 変位応答スペクトル

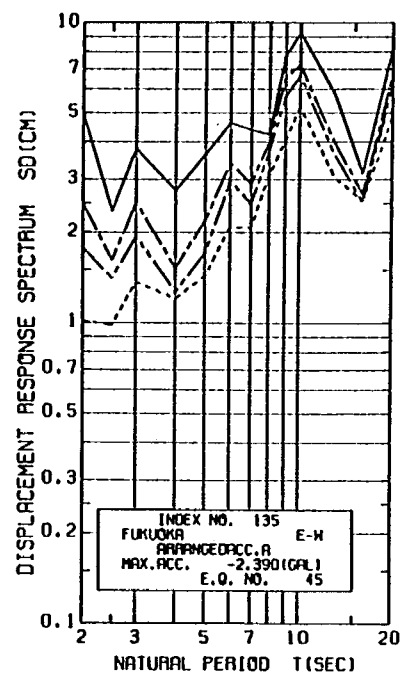
図3.43(2) 応答スペクトル(福岡, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

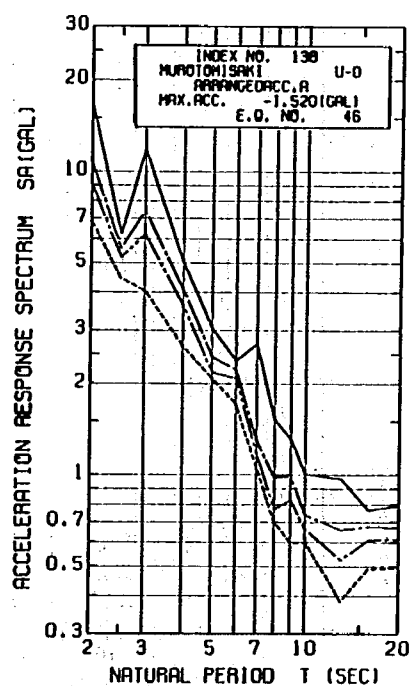


(b) 速度応答スペクトル

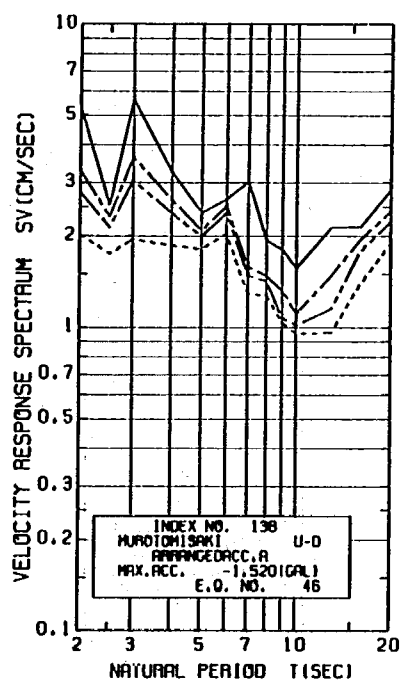


(c) 変位応答スペクトル

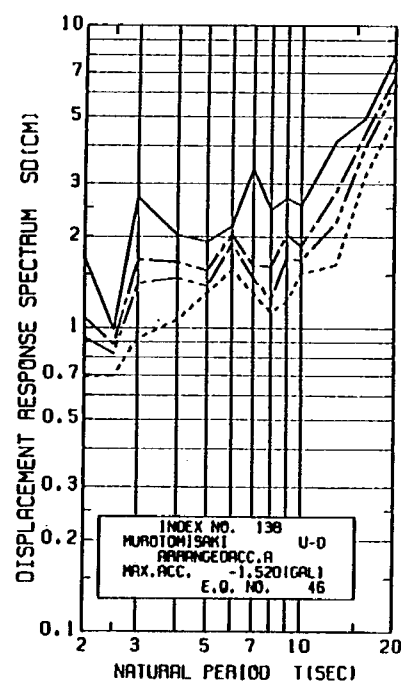
図3.43(3) 応答スペクトル(福岡, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

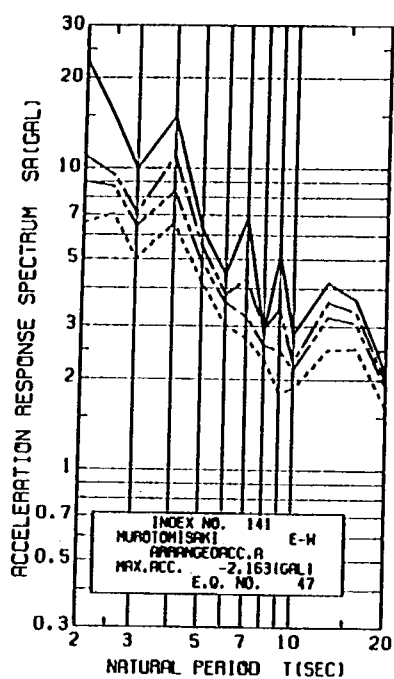


(b) 速度応答スペクトル

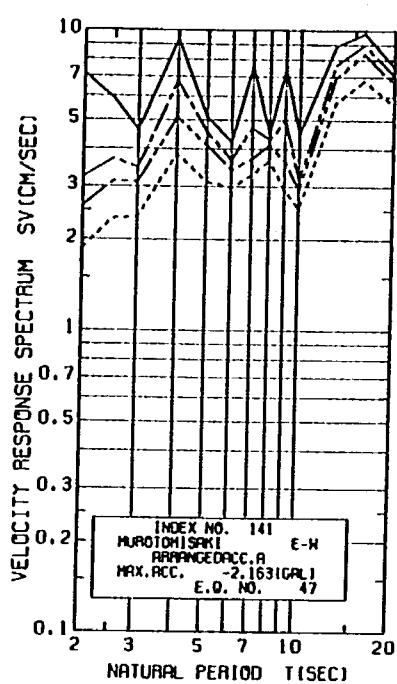


(c) 変位応答スペクトル

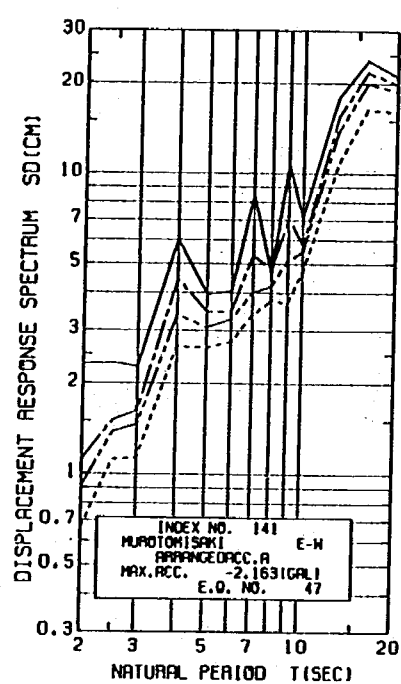
図3.44(1) 応答スペクトル(室戸岬, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

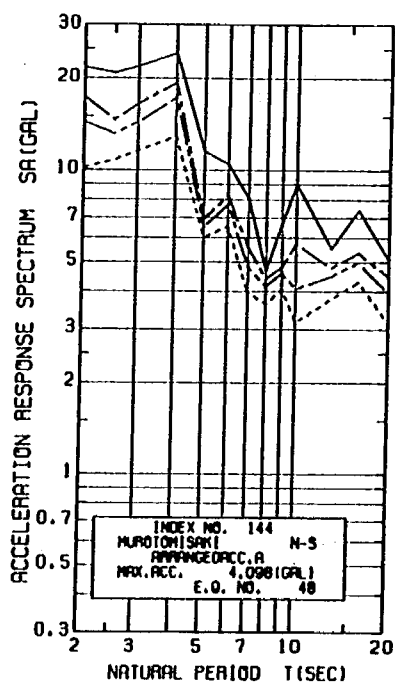


(b) 速度応答スペクトル

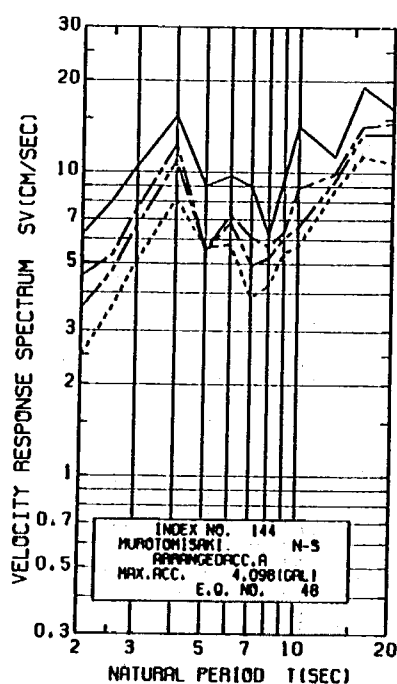


(c) 変位応答スペクトル

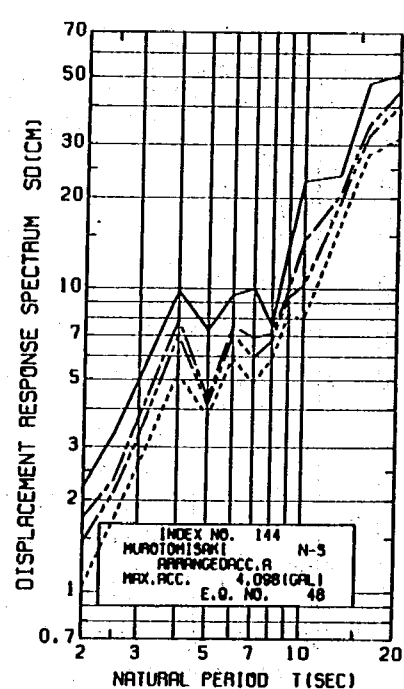
図3.44(2) 応答スペクトル(室戸岬, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル

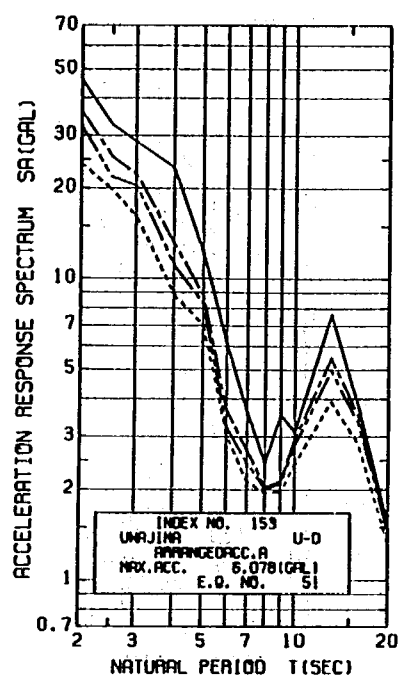


(b) 速度応答スペクトル

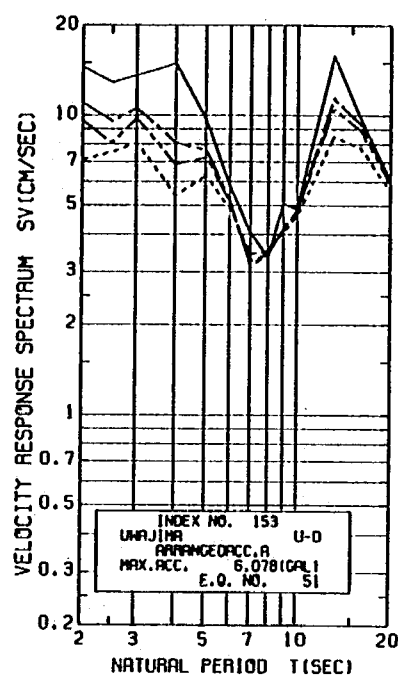


(c) 変位応答スペクトル

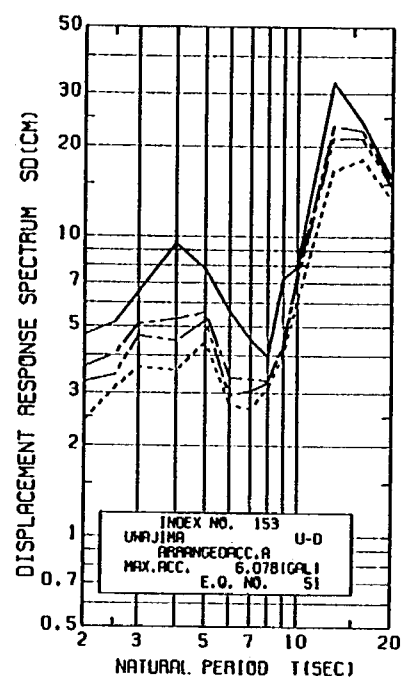
図3.44(3) 応答スペクトル(室戸岬, E-W成分)



(a) 加速度応答スペクトル

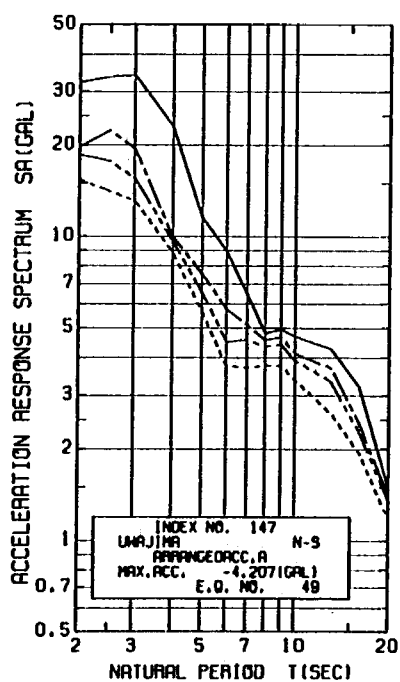


(b) 速度応答スペクトル

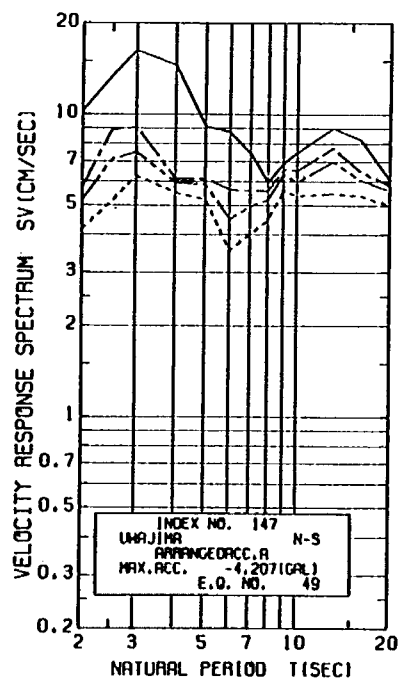


(c) 変位応答スペクトル

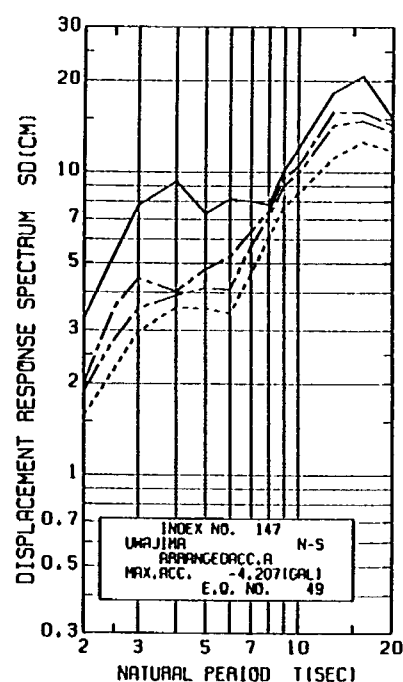
図3.45(1) 応答スペクトル(宇和島, U-D成分)



(a) 加速度応答スペクトル

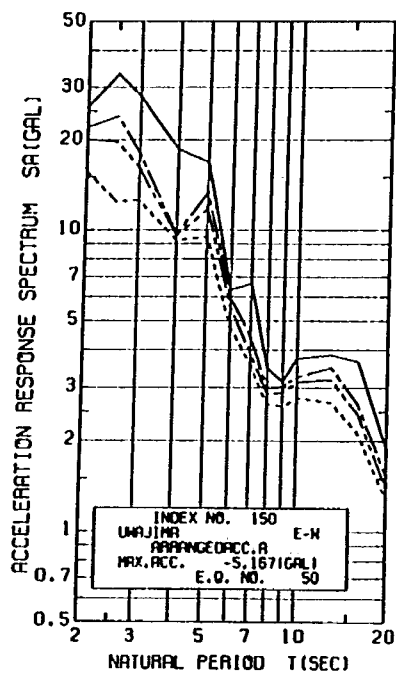


(b) 速度応答スペクトル

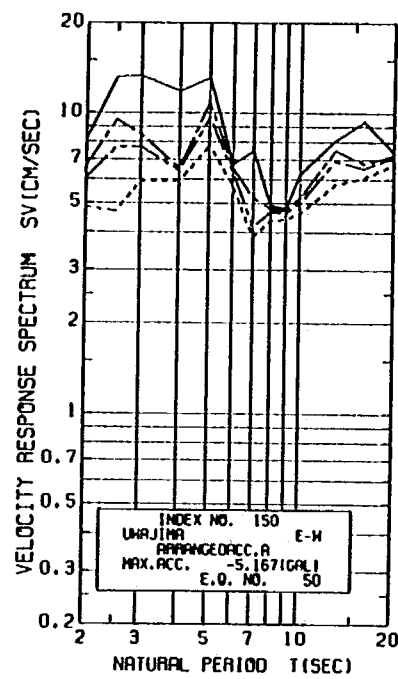


(c) 変位応答スペクトル

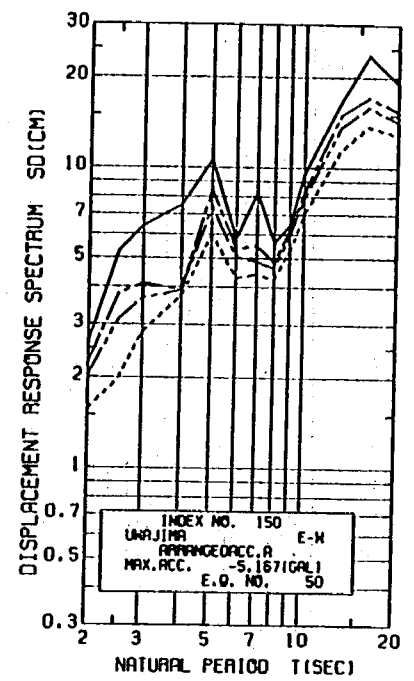
図3.45(2) 応答スペクトル(宇和島, N-S成分)



(a) 加速度応答スペクトル



(b) 速度応答スペクトル



(c) 変位応答スペクトル

図 3.4 5(3) 応答スペクトル(宇和島, E-W成分)

4. 長周期地震動の特性

4.1 気象庁一倍強震計記録の特徴

図 3.10 ～図 3.27 に示した気象庁一倍強震計記録およびこれから求めた速度、加速度波形を従来得られている工学式強震計記録と比較すると、全体として次のような特徴のあることが指摘される。

1) 継続時間が非常に長い

気象庁一倍強震計記録では大部分の記録の継続時間が450秒程度以上である。これに対し、一般に従来得られている工学式強震計記録の場合には長い記録でも数値化可能な継続時間（加速度が10～20 gal程度以上）は90～120秒程度にすぎない。加速度の記録を目的とした工学式強震計では、せん断波の主要部が終り加速度がある程度小さくなると自動的に記録を停止する。したがって記録の後半には加速度は小さいが周期の長い波のあることはわかっているにもかかわらず記録を得ることができない。これに対して、変位の記録を目的とする気象庁一倍強震計ではせん断波の後に続く表面波成分まで記録できるため継続時間が長くなると考えられる。

2) 長周期成分を卓越して含んでいる

変位記録には周期5～15秒の非常に長い周期の波が卓越しているのが認められる。このような長周期成分の波は数値化精度の関係で、工学式強震計記録の数値積分からは正しく求めにくいものである。なお、今回の解析では長周期側の遮断周期を20秒としているため、図 3.10 ～図 3.27 の波形には20秒以上の周期成分は含まれていない。

3) 変位振幅が大きい

気象庁一倍強震計では記録可能な最大変位は本来±3cmのはずであるが、3章に示した計器補正の効果で、最大変位はこれよりもかなり大きくなり、表 3.3 に示したように、室戸岬のN-S成分では8.8cmに達している。このような大きな変位は15秒程度の長周期成分に伴って生じたものであり、上述したように工学式強震計記録の解析からは求められないものである。

4) 加速度振幅が小さい

記録精度および数値化の精度を考慮し、短周期側の遮断周期を2秒としているため、短周期成分が欠落している。したがって、最大加速度は見かけ上小さくなっている。

4.2 最大変位、最大速度、最大加速度の距離減衰特性

図 4.1 ～4.3 は、それぞれ、気象庁一倍強震計記録から求めた最大変位、最大速度および最大加速度の距離減衰を示したものである。ここで、水平成分の場合には水平2成分のうちいずれか大きい方の値を示しており、また、距離の指標には、気象庁による震央距離を用いている。また、図 4.4 は工学式強震計記録による最大加速度の距離減衰を示したものである。整理の方法は気象庁一倍強震計記録の場合と同様である。これより、最大変位、最大速度および最大加速度の距離減衰に関し、以下の事項が指摘される。

1) 気象庁一倍強震計記録による最大変位（水平成分）は、データに若干のばらつきは見られるが、おお

むね震央距離の -0.7 乗程度に比例して減少していることが認められる。一方、既往の工学式強震計記録（2@197成分）の統計解析による最大変位の減少率は、後述の式（4.3）に示すように、震央距離の -1.25 乗程度とされている。したがって、日向灘地震による気象庁一倍強震計記録の距離減衰は、工学式強震計記録の統計解析に基づく距離減衰よりも小さかったことが指摘される。

2) 震央距離200kmおよび300kmにおける最大変位、最大速度および最大加速度の範囲を図4.1～図4.4から読み取ると、表4.1のようになる。また、表中には我が国で得られた既往の強震記録の統計解析から求められた次の予測式による値も参考のため示している。

$$a_{\max} = \begin{cases} 987 \times 10^{0.216M} \times (D+30)^{-1.218} & (1 \text{ 種地盤}) \\ 232 \times 10^{0.313M} \times (D+30)^{-1.218} & (2, 3 \text{ 種地盤}) \\ 404 \times 10^{0.265M} \times (D+30)^{-1.218} & (4 \text{ 種地盤}) \end{cases} \quad (4.1)$$

$$v_{\max} = \begin{cases} 20.8 \times 10^{0.263M} \times (D+30)^{-1.222} & (1 \text{ 種地盤}) \\ 2.80 \times 10^{0.430M} \times (D+30)^{-1.222} & (2, 3 \text{ 種地盤}) \\ 5.11 \times 10^{0.404M} \times (D+30)^{-1.222} & (4 \text{ 種地盤}) \end{cases} \quad (4.2)$$

$$d_{\max} = \begin{cases} 0.626 \times 10^{0.372M} \times (D+30)^{-1.254} & (1 \text{ 種地盤}) \\ 0.0617 \times 10^{0.567M} \times (D+30)^{-1.254} & (2, 3 \text{ 種地盤}) \\ 0.0704 \times 10^{0.584M} \times (D+30)^{-1.254} & (4 \text{ 種地盤}) \end{cases} \quad (4.3)$$

ここで、地盤種別は道路橋示方書耐震設計編の地盤種別を示している。また、上記推定式を求める際には、強震記録に1/12秒および3秒をそれぞれ周期の下限および上限とする計器補正を加えてある。

表4.1より以下の事項が指摘される。

- i) 最大変位については、気象庁一倍強震計記録から求められる値が3～9 cm（震央距離200km）、1～4 cm（震央距離300km）であるのに対し、式（4.3）による推定値は0.4～1.8 cm（震央距離200km）、0.3～1.2 cm（震央距離300km）と小さい。これは、上述したように式（4.3）が周期3秒までの変位を対象としているのに対して、気象庁一倍強震計記録では20秒までの周期成分を対象としているためと考えられる。
- ii) 最大加速度については、上記 i) と反対で、気象庁一倍強震計記録から求められる値は4～20 gal（震央距離200km）、2～6 gal（震央距離300km）と非常に小さい。これは、前述したように気象庁一倍強震計記録には周期2秒以下の短周期成分が含まれていないために、加速度値が小さく求められたものである。なお、工学式強震記録による最大加速度は90gal程度（震央距離200km）、60gal程度（震央距離300km）であり、式（4.1）による最大加速度の推定値より多少大きくなっている。
- iii) 最大速度については、気象庁一倍強震計記録から求められる値と式（4.2）により求められる推定値は比較的良く一致している。これは、速度は加速度と変位の中の中間の周期領域で卓越し、上記 i) と ii) の中間的な性格を有しているため、気象庁一倍強震計記録の周期帯域と工学式強震記録の周期

帯域がおおむね合致しているためと考えられる。

4.3 加速度応答スペクトル値の距離減衰特性

気象庁一倍強震計記録の加速度応答スペクトル（減衰定数5%）から固有周期2秒，5秒，10秒および20秒について距離減衰を求めると，図4.5のようになる。また，工学式強震計によって得られた記録から加速度応答スペクトル（減衰定数5%）を計算し，固有周期2秒，5秒および10秒のスペクトル値の減衰特性を求めると，図4.6のようになる。ここで，工学式強震計による記録には，強震計の短周期計器補正は加えていない。この理由は，ここで検討対象としているような長周期地震動に対しては計器特性の影響はないためである。図4.5より，震央距離200kmおよび300kmにおける気象庁一倍強震計記録による加速度応答スペクトル値の範囲を示すと，表4.2のようになる。なお，図4.6からわかるように，工学式強震計記録による加速度応答スペクトルの距離減衰特性はばらつきが大きいので，ここでは示していない。また，表中には，式（4.1）～（4.3）と同一の既往強震記録の統計解析から求められた次の予測式による加速度応答スペクトル値（減衰定数5%，固有周期2秒，水平成分）も合わせて示している。

$$S_A(2\text{秒}) = \begin{cases} 5.78 \times 10^{0.417M} \times (\Delta + 30)^{-1.178} & (1\text{種地盤}) \\ 0.347 \times 10^{0.644M} \times (\Delta + 30)^{-1.178} & (2,3\text{種地盤}) \\ 0.351 \times 10^{0.666M} \times (\Delta + 30)^{-1.178} & (4\text{種地盤}) \end{cases} \quad (4.4)$$

これらの結果より，加速度応答スペクトルの距離減衰に関し，以下の事項が指摘される。

- 1) 同一の震央距離に対する固有周期2秒，5秒および10秒のスペクトル値を，気象庁一倍強震記録および工学式強震計記録の両方で比較すると，どちらもばらつきが大きい，一般に後者の方が前者よりも約2倍程度以上大きい。
- 2) 式（4.4）による固有周期2秒の加速度応答スペクトルの推定値は，13～57 gal（震央距離200km），8～38 gal（震央距離300km）である。一方，気象庁一倍強震計記録による固有周期2秒の加速度応答スペクトル値は，10～60 gal（震央距離200km），4～20 gal（震央距離300km）である。したがって，震央距離200kmに対する両者の加速度応答スペクトル値はよく一致していることになるが，これは，気象庁一倍強震計記録による加速度応答スペクトル値のばらつきが大きく，震央距離200kmに対する値が大き目に評価されたためであると考えられる。また，震央距離300kmの場合には，上述した1)と同様の傾向が認められる。

4.4 気象庁一倍強震計記録と工学式強震計記録による加速度応答スペクトルの比較

日向灘地震では，高知において気象庁一倍強震計と工学式強震計の両方で記録が得られている。両者の記録より，減衰定数5%の加速度応答スペクトルを求めると，図4.7に示すようになる。図4.7より，固有周期2～20秒の範囲では，工学式強震計記録による加速度応答スペクトル値の方が気象庁一倍強震計記録による応答スペクトル値よりも，一般に，2倍程度以上大きくなっていることがわかる。

表 4.1 最大地震動（水平成分）の比較

	震央距離	気象庁一倍 強震計記録	工学式強震 計 記 録	既往の工学式強震計記録の 統計解析に基づく予測式			備 考
				1 種 地 盤	2,3 種地盤	4 種 地 盤	
最大変位 〔cm〕	200 km	3 ~ 9	—	0.42	1.21	1.84	既往の工学式強震計 記録の統計解析に基 づく予測式では3秒 以上の長周期成分は 遮断されている。
	300 km	1 ~ 4	—	0.27	0.77	1.17	
最大速度 〔cm/sec〕	200 km	3 ~ 9	—	2.5	6.1	7.1	
	300 km	1 ~ 3	—	1.6	3.9	4.6	
最大加速度 〔gal〕	200 km	4 ~ 20	90 程度	55	69	52	気象庁一倍強震計記 録には2秒以下の周 期成分が含まれてい ない（数値化時に数 値的に遮断している） ため、最大加速度は 小さくなっている。
	300 km	2 ~ 6	60 程度	35	44	34	

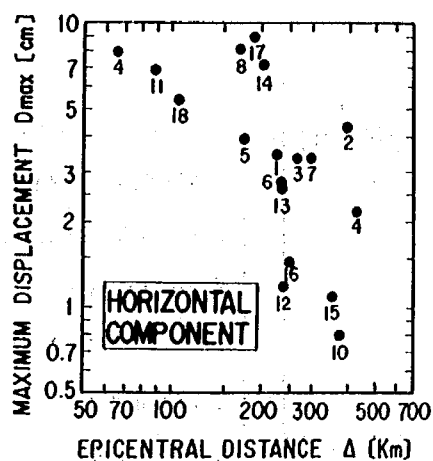
表 4.2 加速度応答スペクトル値（水平成分，減衰定数
 $h = 0.05$ ）の比較

(a) 気象庁一倍強震計記録

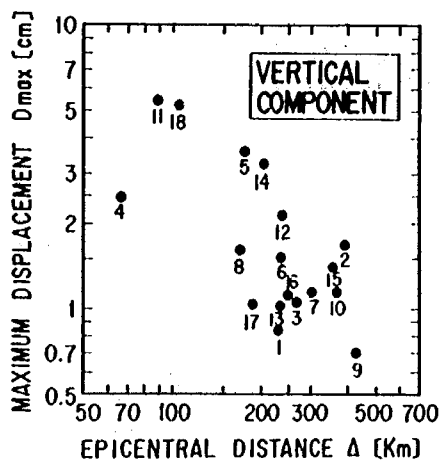
周有周期T〔秒〕	震 央 距 離	
	200 km	300 km
2	10 ~ 60	4 ~ 20
5	4 ~ 15	2 ~ 10
10	2 ~ 6	1 ~ 3
20	0.7 ~ 3	0.3 ~ 1

(b) 既往の工学式強震計記録の統計解析に基づく加速度
応答スペクトル値（固有周期2秒）

震央距離〔km〕	地 盤 種 別		
	1 種 地 盤	2,3 種地盤	4 種 地 盤
200	12.8	38.7	57.3
300	8.4	25.3	37.6



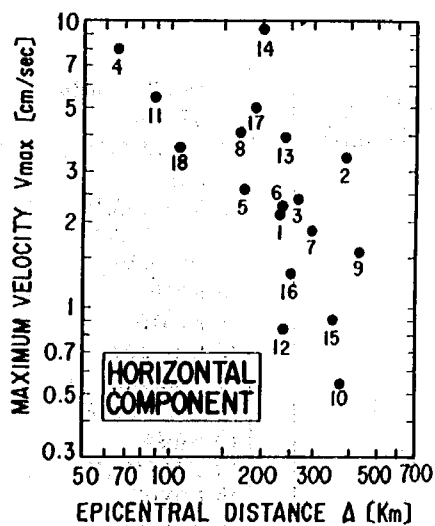
(a) 水平成分



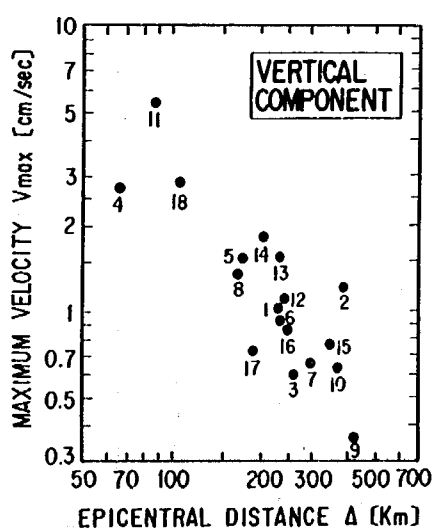
(b) 上下成分

- 1 TSURUGIYAMA
- 2 ŌSAKA
- 3 TAKAMATSU
- 4 ASHIZURI
- 5 MATSUYAMA
- 6 HIROSHIMA
- 7 OKAYAMA
- 8 KŌCHI
- 9 KYŌTO
- 10 IZUHARA
- 11 NOBEOKA
- 12 SHIMONOSEKI
- 13 SAGA
- 14 KAGOSHIMA
- 15 FUKUE
- 16 FUKUOKA
- 17 MUROTOMISAKI
- 18 UWAJIMA

図 4.1 最大変位の距離減衰（気象庁一倍強震計記録）



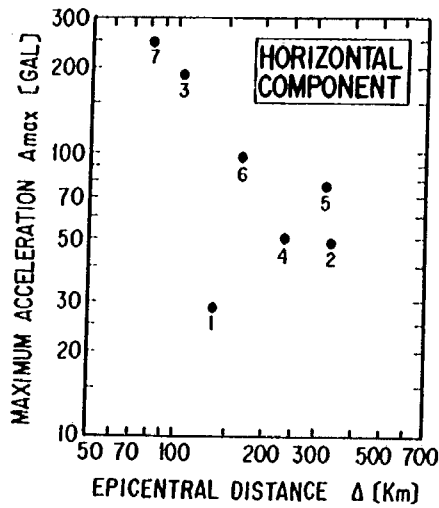
(a) 水平成分



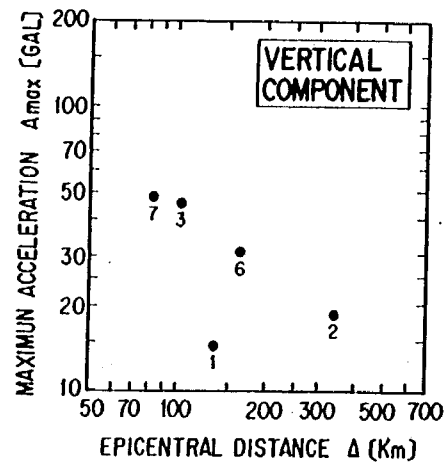
(b) 上下成分

- 1 TSURUGIYAMA
- 2 ŌSAKA
- 3 TAKAMATSU
- 4 ASHIZURI
- 5 MATSUYAMA
- 6 HIROSHIMA
- 7 OKAYAMA
- 8 KŌCHI
- 9 KYŌTO
- 10 IZUHARA
- 11 NOBEOKA
- 12 SHIMONOSEKI
- 13 SAGA
- 14 KAGOSHIMA
- 15 FUKUE
- 16 FUKUOKA
- 17 MUROTOMISAKI
- 18 UWAJIMA

図 4.2 最大速度の距離減衰（気象庁一倍強震計記録）

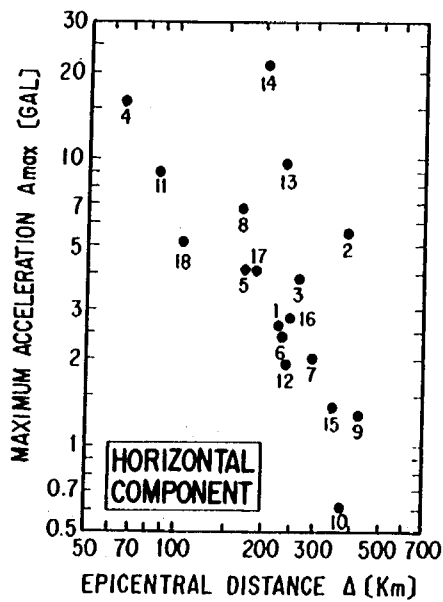


(a) 水平成分

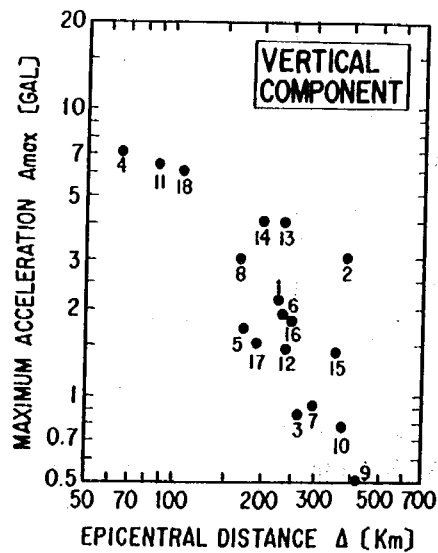


(b) 上下成分

図 4.3 最大加速度の距離減衰（気象庁一倍強震計記録）

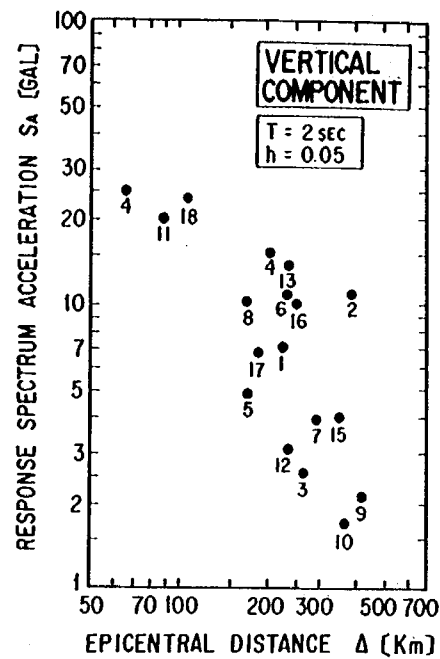
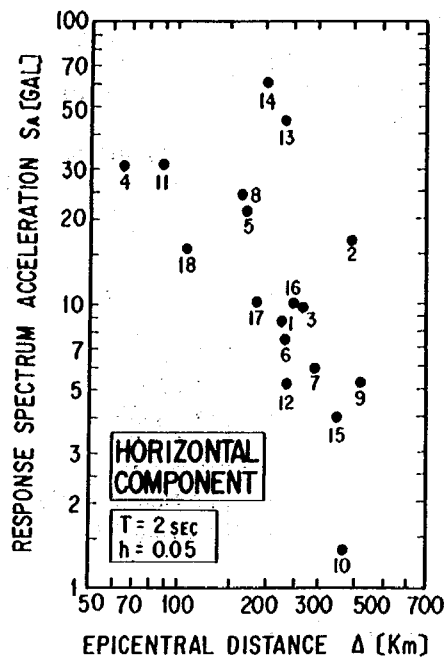


(a) 水平成分



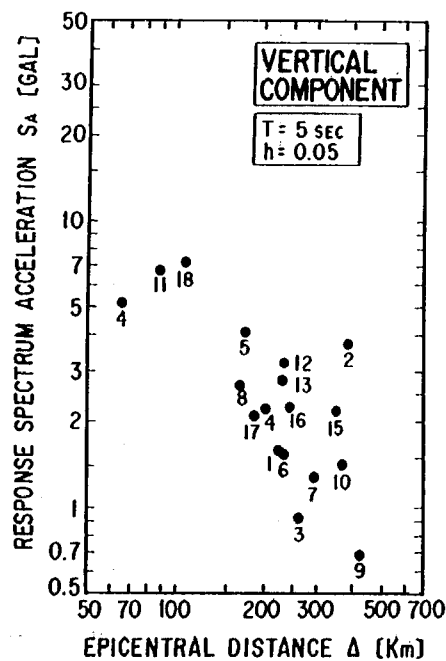
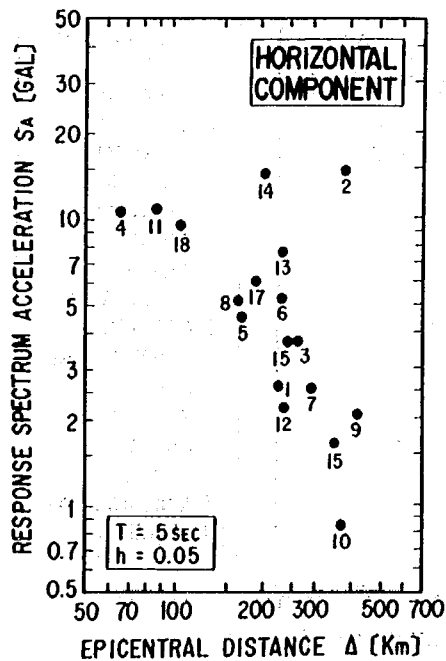
(b) 上下成分

図 4.4 最大加速度の距離減衰（工学式（SMAC型）強震計記録）



- 1 TSURUGIYAMA
- 2 ŌSAKA
- 3 TAKAMATSU
- 4 ASHIZURI
- 5 MATSUYAMA
- 6 HIROSHIMA
- 7 OKAYAMA
- 8 KŌCHI
- 9 KYŌTO
- 10 IZUHARA
- 11 NOBEOKA
- 12 SHIMONOSEKI
- 13 SAGA
- 14 KAGOSHIMA
- 15 FUKUE
- 16 FUKUOKA
- 17 MUROTOMISAKI
- 18 UWAJIMA

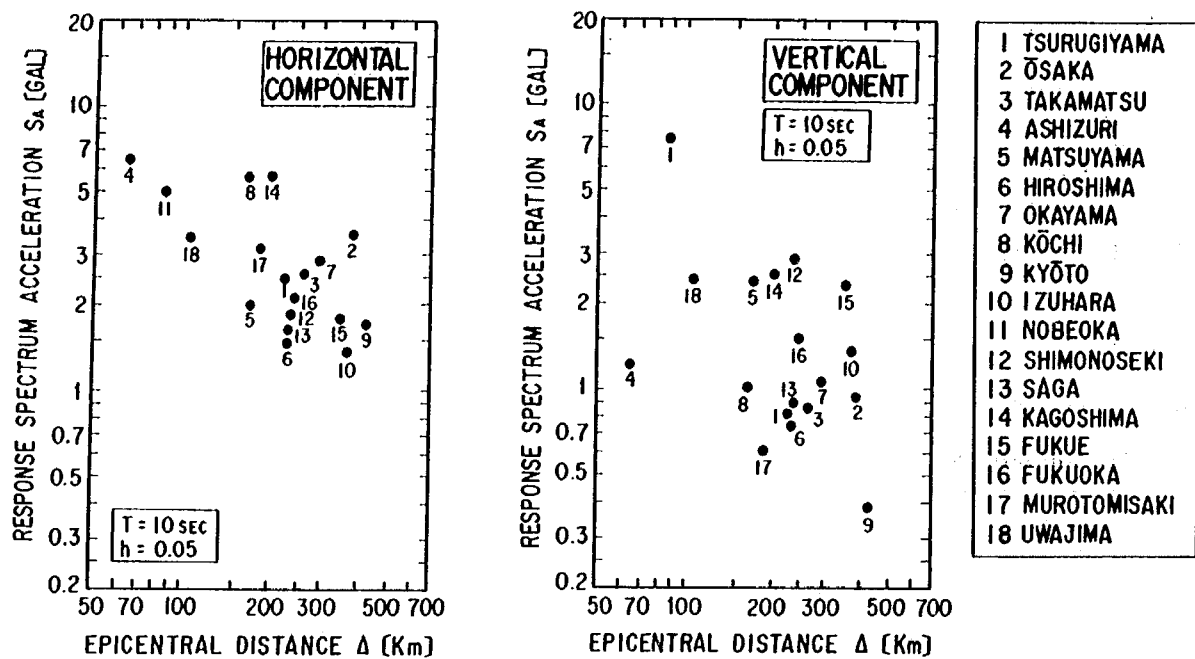
(a) $T = 2$ [秒]



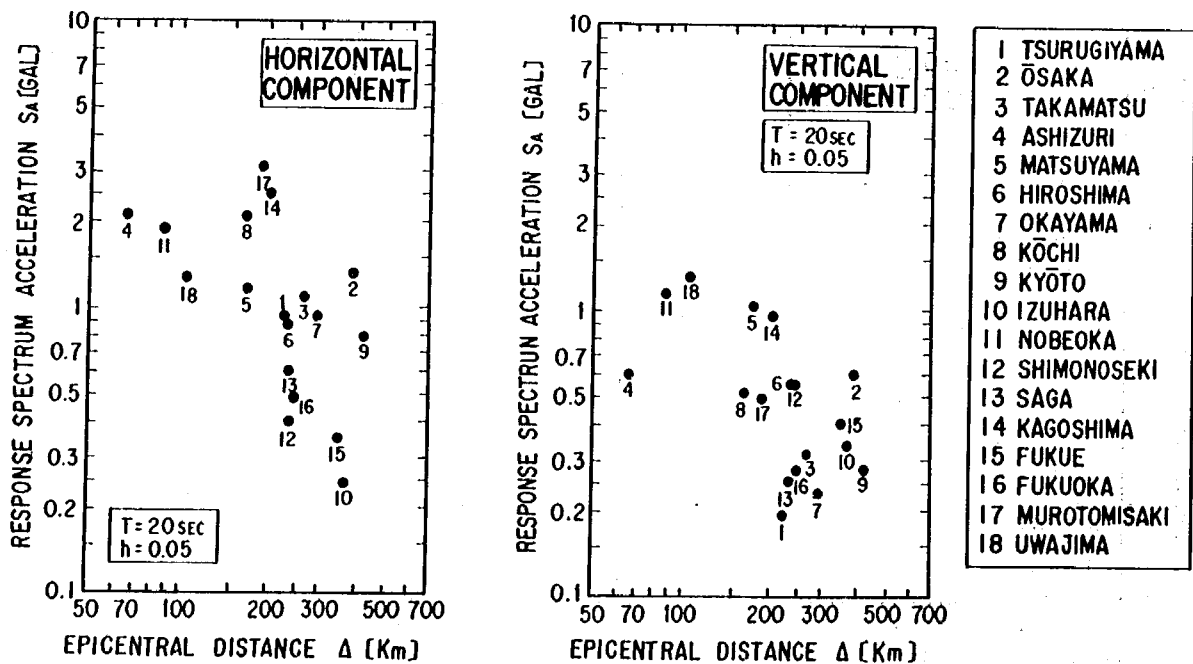
- 1 TSURUGIYAMA
- 2 ŌSAKA
- 3 TAKAMATSU
- 4 ASHIZURI
- 5 MATSUYAMA
- 6 HIROSHIMA
- 7 OKAYAMA
- 8 KŌCHI
- 9 KYŌTO
- 10 IZUHARA
- 11 NOBEOKA
- 12 SHIMONOSEKI
- 13 SAGA
- 14 KAGOSHIMA
- 15 FUKUE
- 16 FUKUOKA
- 17 MUROTOMISAKI
- 18 UWAJIMA

(b) $T = 5$ [秒]

図 4.5(1) 加速度応答スペクトル(減衰定数 $h = 0.05$) の距離減衰(気象庁一倍強震計記録)

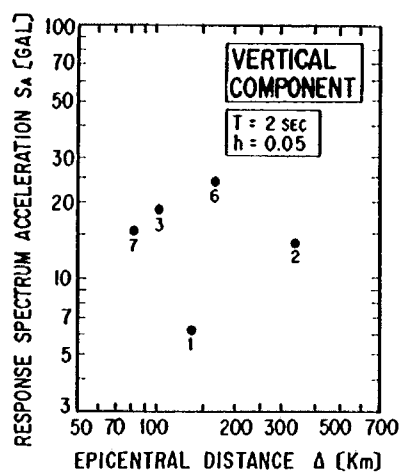
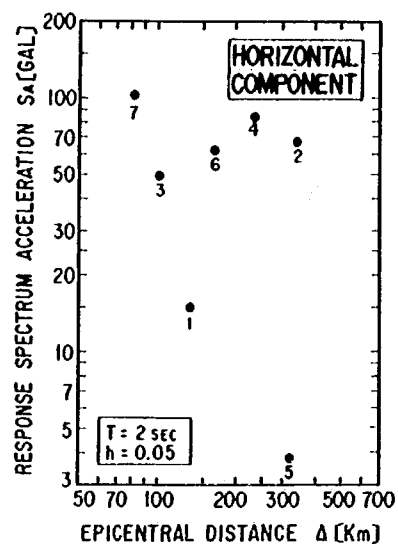


(c) $T = 10$ [秒]



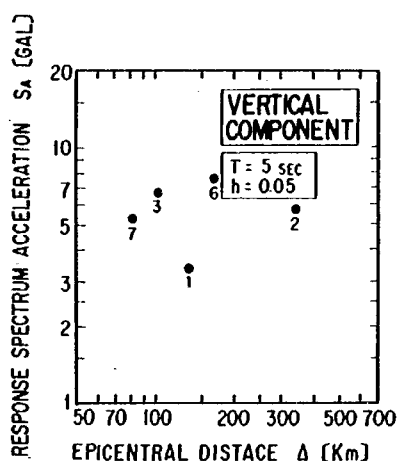
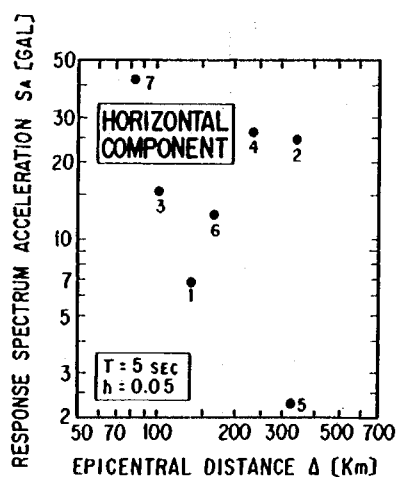
(d) $T = 20$ [秒]

図 4.5(2) 加速度応答スペクトル(減衰定数 $h=0.05$)の距離減衰(気象庁一倍強震計記録)



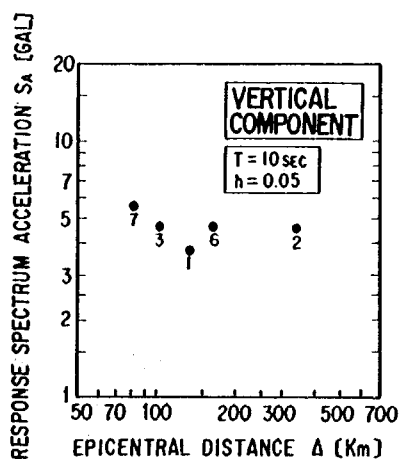
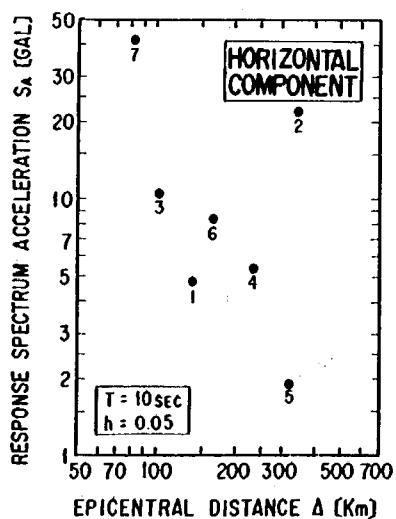
- 1 ISHISETO BRIDGE SITE
- 2 MYŌKEN BRIDGE SITE
- 3 ITAJIMA BRIDGE SITE
- 4 ARIAKE SEA
- 5 WAKAYAMA PORT
- 6 KŌCHI PORT
- 7 HOSOSHIMA PORT

(a) $T = 2$ [秒]



- 1 ISHISETO BRIDGE SITE
- 2 MYŌKEN BRIDGE SITE
- 3 ITAJIMA BRIDGE SITE
- 4 ARIAKE SEA
- 5 WAKAYAMA PORT
- 6 KŌCHI PORT
- 7 HOSOSHIMA PORT

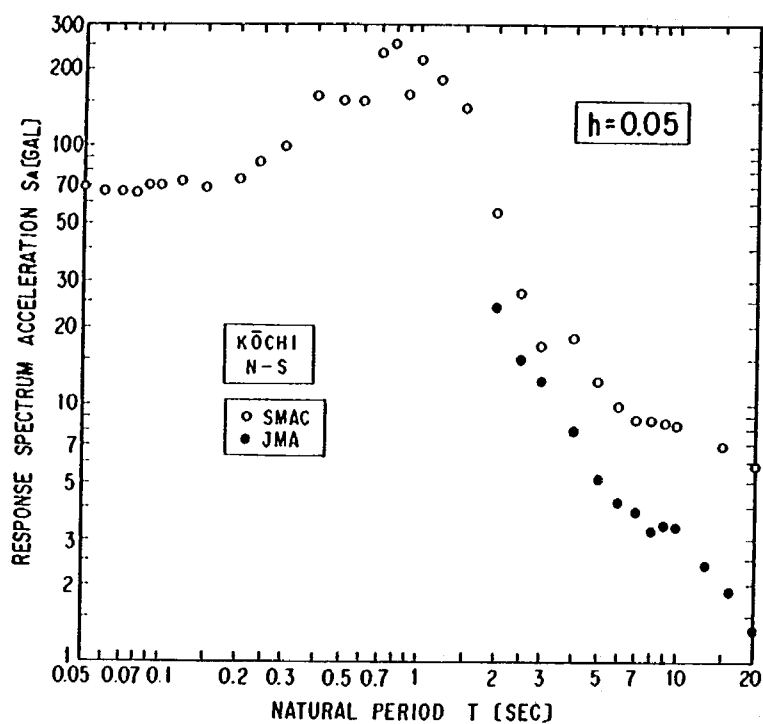
(b) $T = 5$ [秒]



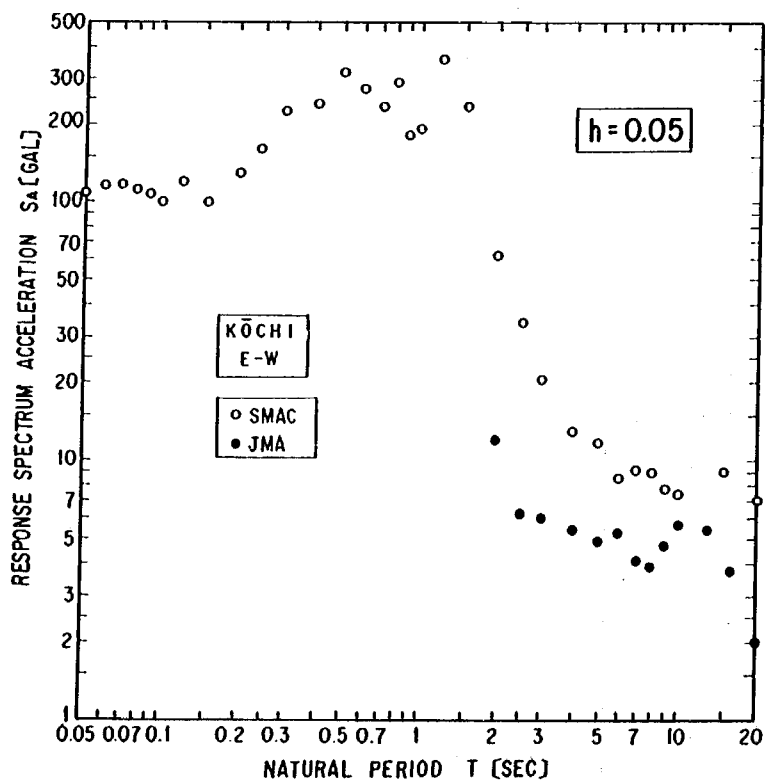
- 1 ISHISETO BRIDGE SITE
- 2 MYŌKEN BRIDGE SITE
- 3 ITAJIMA BRIDGE SITE
- 4 ARIAKE SEA
- 5 WAKAYAMA PORT
- 6 KŌCHI PORT
- 7 HOSOSHIMA PORT

(c) $T = 10$ [秒]

図 4.6 加速度応答スペクトル(減衰定数 $h = 0.05$) の距離減衰(工学式(SMAC型)強震計記録)



(a) N-S成分



(b) E-W成分

図 4.7 気象庁一倍強震計記録と工学式強震計記録による加速
度応答スペクトル(減衰定数 $h=0.05$)の比較(高知)

5. 結 論

大規模地震による長周期震動の特性を検討することを目的として、1968年日向灘地震による51成分の気象庁一倍強震計記録を数値化し、これらの特性について検討するとともに、同地震により得られた工学式強震計記録および既往の工学式強震計記録の統計解析から求めた最大地震動および加速度応答スペクトルの予測値と比較した。本解析から得られた主な結論は、以下のとおりである。

- 1) 今回解析した気象庁一倍強震計記録には周期2～20秒の長周期地震動が含まれており、i) 継続時間が非常に長く、ii) 全体として15秒付近で卓越した長周期成分を含み、また、iii) 変位振幅が非常に大きい点において、従来工学の分野で検討されてきたSMAC型強震計記録とは大きく異なっている。これらの特性は数値化を含めた総合精度の面からSMAC型強震計記録では検討できない点であり、今後、長周期地震動の特性を慎重に検討していくことが必要とされる。
- 2) 既往の工学式強震計記録の統計解析に基づき求められた式(4.1)～(4.3)の距離減衰式から日向灘地震による最大加速度、最大速度、最大変位(いずれも水平成分)の距離減衰を推定し、これを気象庁一倍強震計記録から求めた最大加速度、最大速度、最大変位と比較すると最大速度については、両者は比較的よく一致する。ただし、気象庁一倍強震計と工学式強震計がカバーする周期帯域の違いから最大加速度および最大変位については両者の比較はできない。
- 3) 既往の強震記録の統計解析に基づく加速度応答スペクトル(減衰定数5%)の推定式(式(4.4))から、固有周期2秒(水平成分)の加速度応答スペクトルを求め、これと気象庁一倍強震記録より求めた同じ条件の加速度応答スペクトルとを比較すると、一般に、前者の方が後者よりも2倍程度大きい。
- 4) 同一地点で得られた気象庁一倍強震計記録および工学式強震計記録から求めた加速度応答スペクトルを、固有周期2～20秒の範囲で比較すると、上記3)と同様の傾向が認められる。

謝

辞

本解析に当り、気象庁地震津波監視課勝又課長には気象庁1倍強震計の特性および長周期地震動の特性に関し種々御教示いただいた。また、運輸省港湾技術研究所により得られたSMAC型強震計記録を使用させていただいた。末尾ながらともに厚くお礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：屋外貯蔵タンクの耐震安全性検討のための入力地震波の変位特性に関する調査報告書，昭和57年12月。
- 2) 気象庁：被害地震の表と震度分布図，昭和58年3月。
- 3) 宇佐美龍夫：日本被害地震総覧，東京大学出版会，昭和50年3月。
- 4) Skoko, D. and Sato Y. : Strong Motion Seismogramme of Off-Boso Earthquake on November 26, 1953, Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Vol. 11, pp. 43 - 66, 1973.
- 5) 表俊一郎：1975年大分県中部地震による九州各地の一倍強震計記録の解析，自然災害科学総合研究班，長大構造物の地震動災害とその防止に関する研究（研究代表者 小林啓美），昭和53年5月。
- 6) 岩崎敏男，川島一彦，若林進，高木義和：地震応答スペクトルに及ぼすSMA C型強震計特性に関する実験的研究，土木学会論文報告集，第309号，昭和56年5月。
- 7) 川島一彦，高木義和，相沢興：ディジタルによるSMA C型強震計記録の数値化精度，土木学会論文報告集，第323号，昭和57年7月。
- 8) 川島一彦，高木義和，相沢興：数値化精度を考慮したSMA C-B 2型強震計記録の計器補正法および変位計算法，土木学会論文報告集，第325号，昭和57年9月。
- 9) 田中貞二，吉沢静代，大沢胖：やや長周期帯域における強震動の特性 — 長周期低倍率地震計記録の解析 — ，地震研究所彙報，Vol. 54, pp. 629 - 655, 昭和54年。
- 10) 萩原尊礼：振動測定，宝文館，昭和26年。
- 11) 浜松音蔵：気象官署における地震計観測の履歴表，地震，第2輯，第19巻，pp. 286 - 305, 昭和41年。
- 12) 井上涼介，藤野陽三，松原勝己，伯野元彦：断層震源モデルを適用した周期10秒前後の地震動評価の試み，土木学会論文報告集，第317号，昭和57年1月。
- 13) 伯野元彦，松井芳彦，藤野陽三：強震記録による長周期構造物応答計算の精度，土木学会論文報告集，第275号，昭和53年7月。
- 14) 工藤一嘉：やや長周期の地震波形予測と周辺問題，第10回地盤震動シンポジウム。
- 15) Morioka, T. : The Ground Motion of the Great Kwanto Earthquake of 1923, 日本建築学会論文報告集，第289号，昭和55年。
- 16) 建設省土木研究所：土木構造物における加速度強震記録，土木研究所彙報，No 1 ~ No 10, 第32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43号。
- 17) 運輸省港湾技術研究所：港湾地域強震観測年報，1963年以後。
- 18) 片山恒雄，岩崎敏男，佐伯光昭：地震動加速度応答スペクトルの統計解析，土木学会論文報告集，第275号，昭和53年7月。
- 19) 建設省土木研究所：最大地震動および地震応答スペクトルの推定法 — （その3）最大加速度，速度

変位および加速度応答スペクトルの距離減衰式の開発 — , 土木研究所資料, 第 1864 号, 昭和 57 年 11 月.

20) 川島一彦, 相沢興, 高橋和之: 最大地震動および地震応答スペクトルの統計解析, 第 6 回日本地震工学シンポジウム, 昭和 57 年 12 月.

21) 篠 泉, 片山恒雄: A Comparative Study of Japanese and U. S. Strong Motion Properties by Response Spectra, 第 6 回日本地震工学シンポジウム, 昭和 57 年 12 月.

22) 川島一彦, 相沢興, 高橋和之: 最大地震動および応答スペクトルの推定式に及ぼす強震記録の水平 2 成分合成の影響, 土木学会論文報告集, 第 329 号, 昭和 58 年 1 月.

23) 建設省土木研究所: 最大地震動および地震応答スペクトルの推定法 — (その 4) 最大加速度, 速度, 変位および加速度応答スペクトルの距離減衰式の再検討 — , 土木研究所資料, 第 1993 号, 昭和 58 年 3 月.

24) 建設省土木研究所: 気象庁一倍強震計記録に基づく長周期地震動特性の解析 — 1968 年十勝沖地震記録の解析 — , 土木研究所資料, 第 1869 号, 昭和 58 年 3 月.

付 属 資 料 1

S M A C型強震計記録による 加速度応答スペクトル

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF THE HISTORY OF ARTS

AND ARCHITECTURE

付表1 工学式強震計記録による最大加速度および
加速度応答スペクトル値の一覧

(a) 最大加速度 a_{max} [gal]

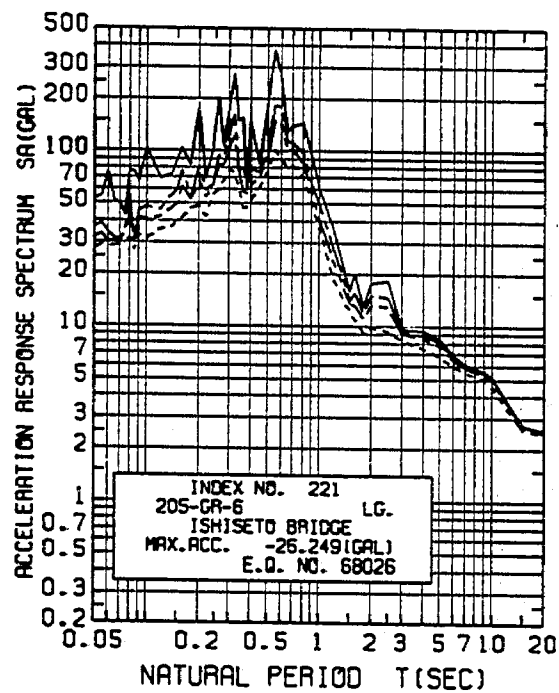
No	観測所名	橋軸方向	上下方向	橋軸直角方向	震央距離(km)
1	石瀬戸橋	26.249	14.376	28.380	136
2	妙見橋	48.249	18.309	33.379	341
3	板島橋	169.880	45.899	186.250	103
4	有明海*	49.347	—	35.696	234
5	和歌山港*	46.215	—	76.128	325
6	高知港*	64.396	31.370	96.736	1167
7	細島港*	182.176	47.552	242.258	82

注) *の観測所では、橋軸方向および橋軸直角方向の覧の数値は、それぞれN—S方向およびE—W方向の最大加速度を示す。

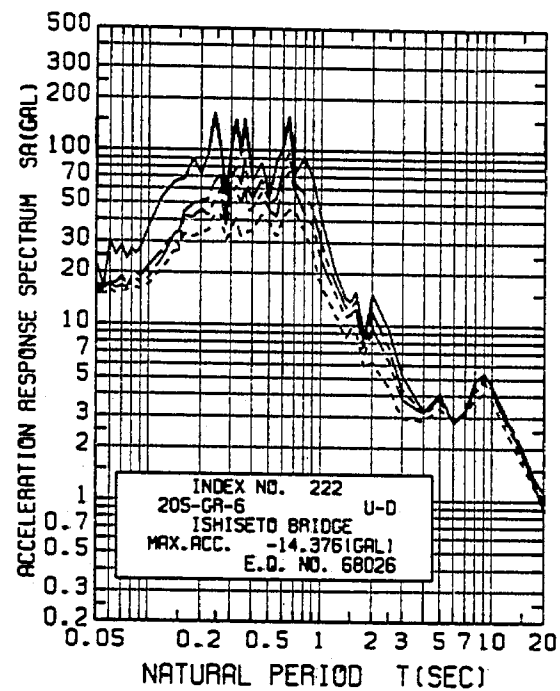
(b) 加速度応答スペクトル値 S_A [gal] (減衰定数 $h = 0.05$)

No	成分 固有周期 観測所名	橋軸方向			上下方向			橋軸直角方向			震央距離 (km)
		2秒	5秒	10秒	2秒	5秒	10秒	2秒	5秒	10秒	
1	石瀬戸橋	9.730	6.713	4.568	6.183	3.366	3.774	15.045	6.655	4.777	136
2	妙見橋	67.353	10.189	3.417	13.913	5.667	4.470	54.538	24.361	21.730	341
3	板島橋	28.751	15.201	10.227	18.689	6.569	4.520	49.063	12.405	10.354	103
4	有明海*	83.238	17.915	4.222	—	—	—	56.301	29.051	5.368	234
5	和歌山港*	2.563	2.324	1.857	—	—	—	3.805	2.155	1.278	325
6	高知港*	55.702	12.525	8.265	23.792	7.501	4.575	61.903	11.685	7.480	167
7	細島港*	60.822	41.665	40.421	15.220	5.267	5.471	101.230	17.285	17.348	82

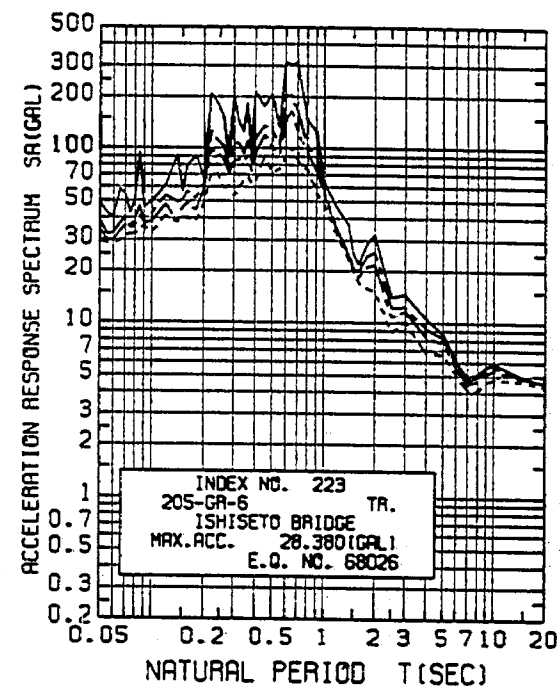
注) *の観測所では、橋軸方向および橋軸直角方向の覧の数値は、それぞれ、N—S方向およびE—W方向のスペクトル値を示す。



(a) LG成分

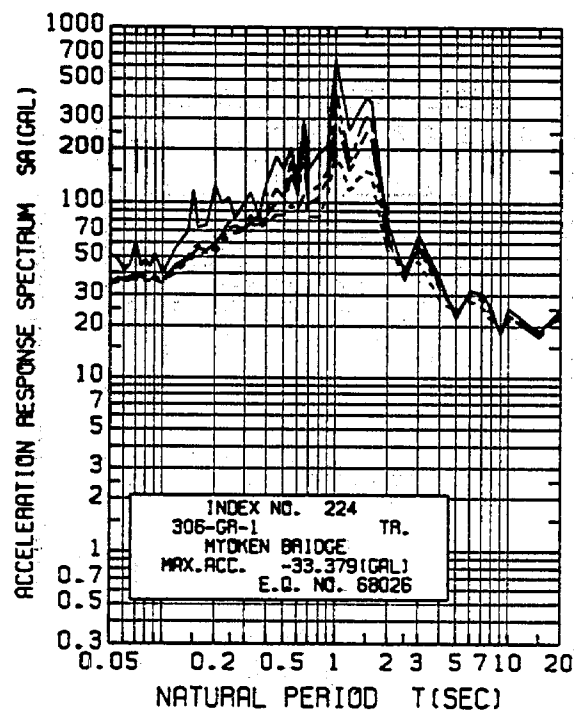


(b) U-D成分

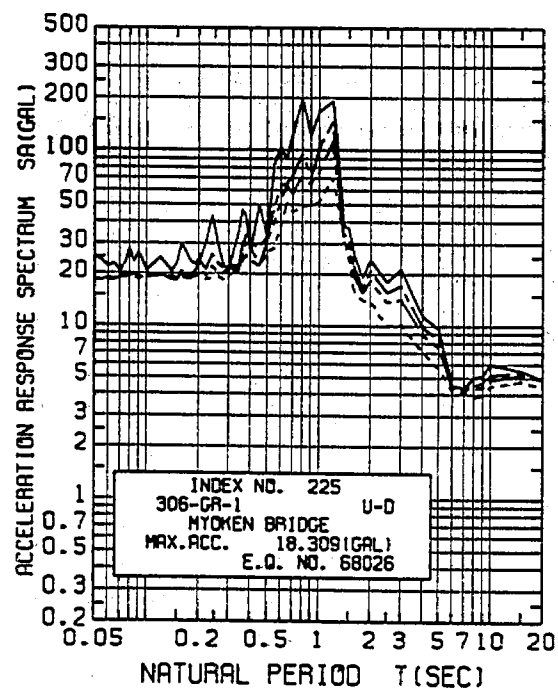


(c) TR成分

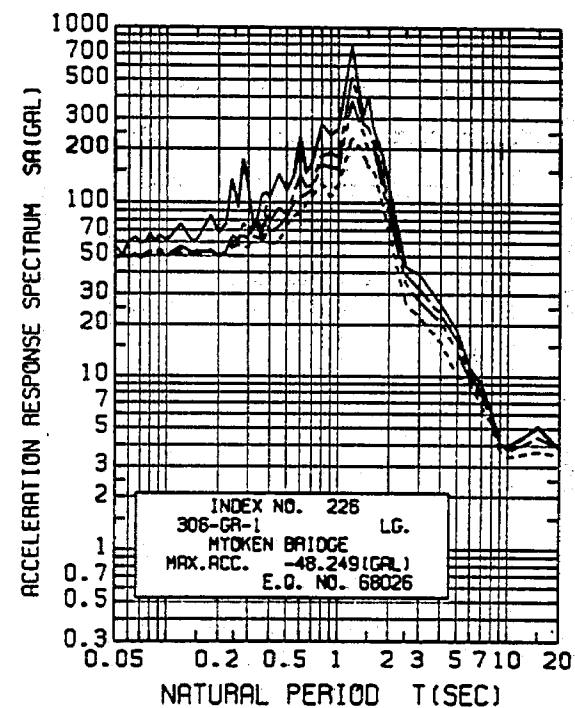
付図 1.1 加速度応答スペクトル (石瀬戸橋)



(a) TR成分

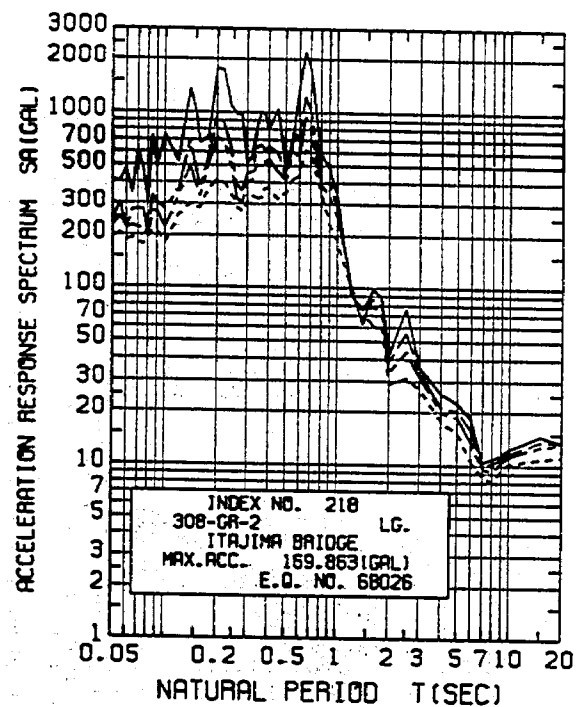


(b) U-D成分

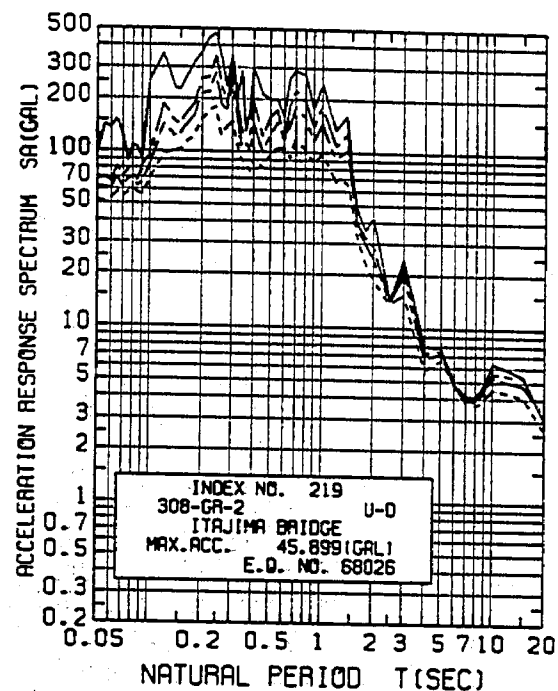


(c) LG成分

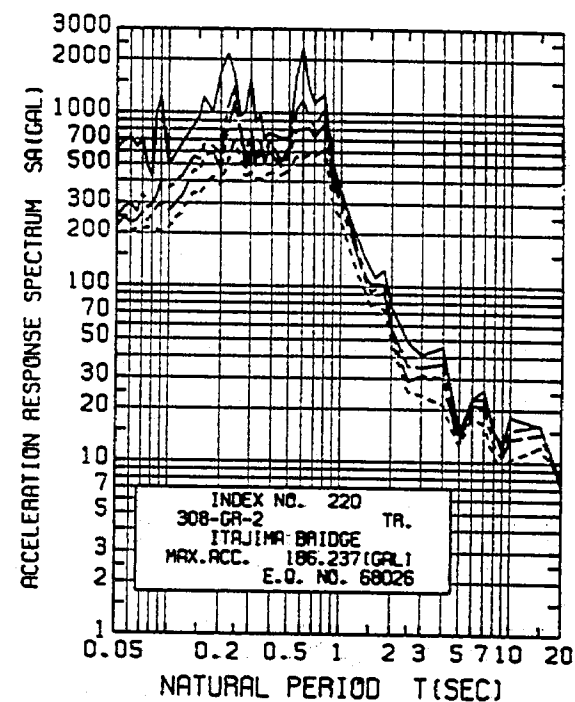
付図 1.2 加速度応答スペクトル (妙見橋)



(a) LG成分

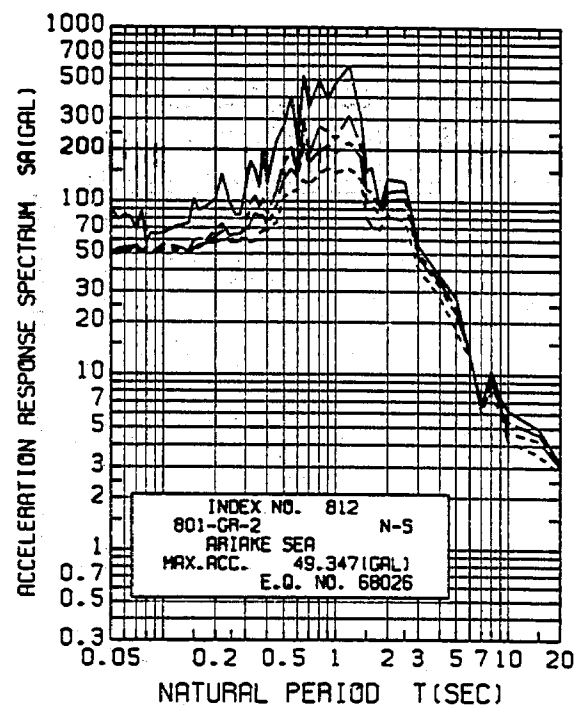


(b) U-D成分

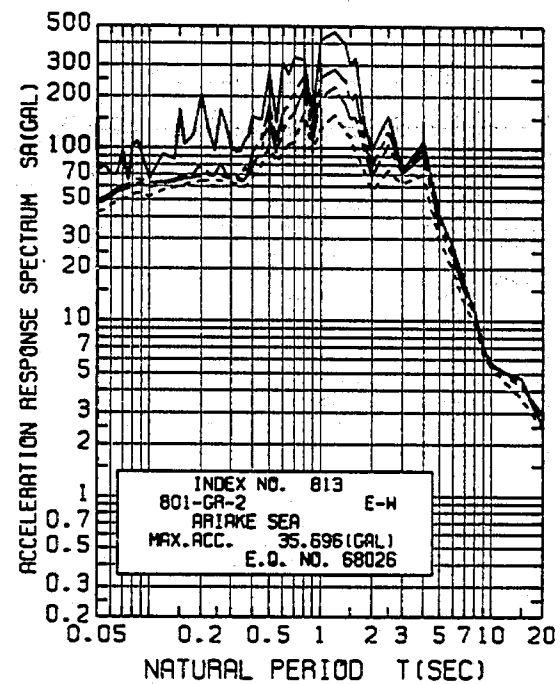


(c) TR成分

付図 1.3 加速度応答スペクトル (板島橋)

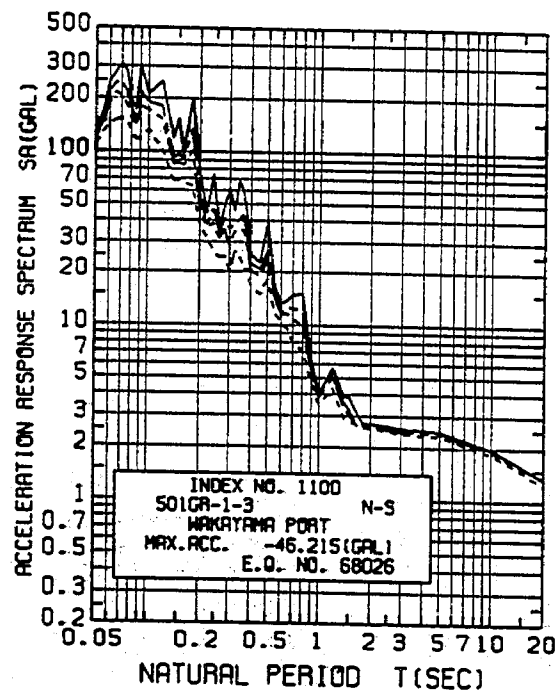


(a) N-S成分

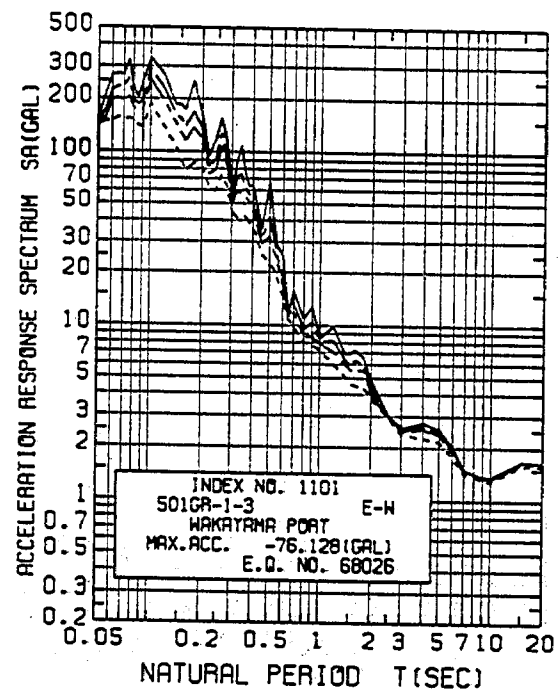


(b) E-W成分

付図 1.4 加速度応答スペクトル(有明海)

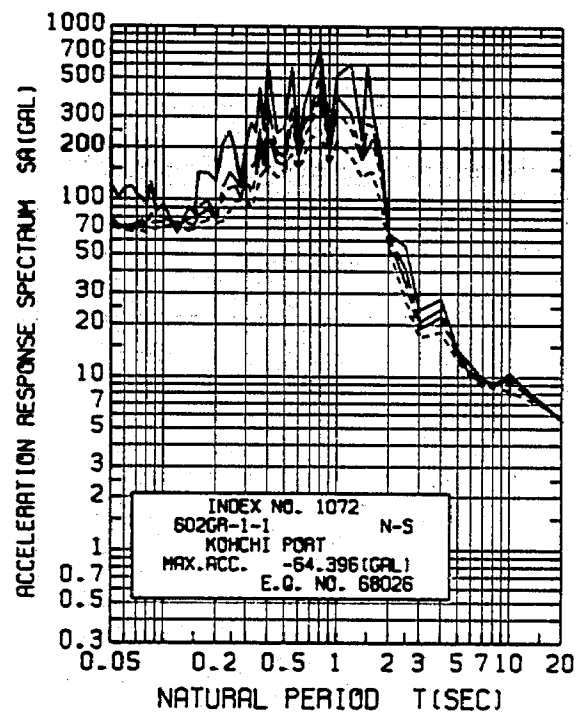


(a) N-S成分

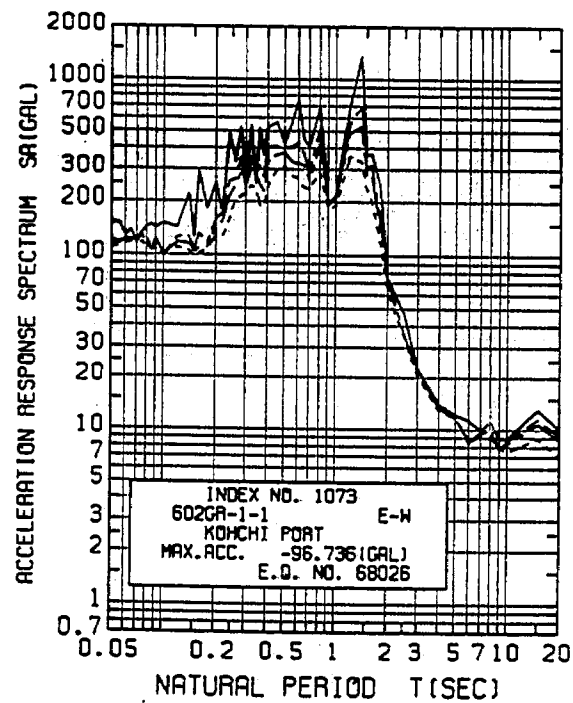


(b) E-W成分

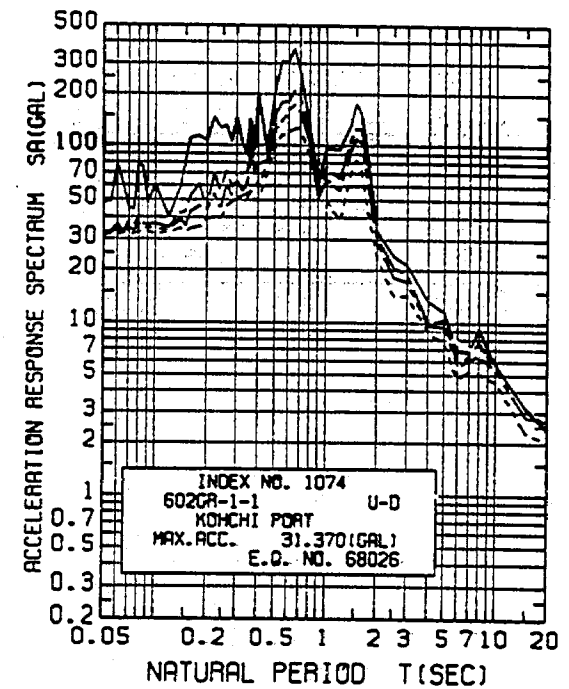
付図 1.5 加速度応答スペクトル(和歌山港)



(a) N-S成分

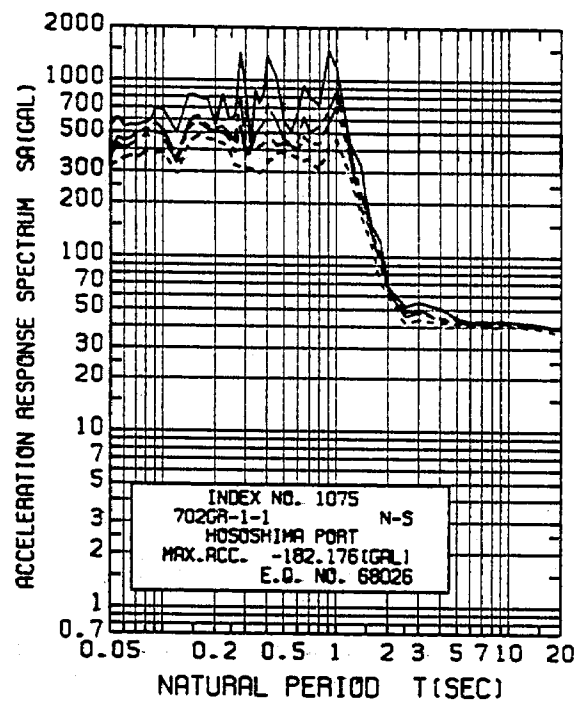


(b) E-W成分

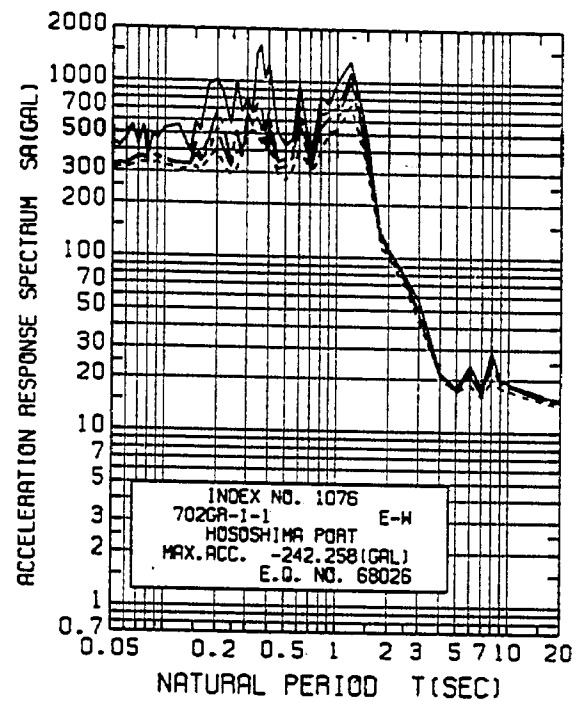


(c) U-D成分

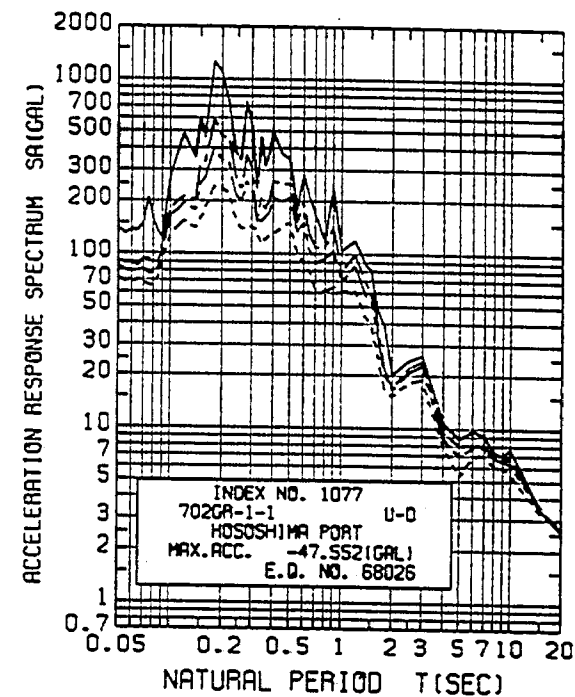
付図 1.6 加速度応答スペクトル (高知港)



(a) N-S成分



(b) E-W成分



(c) U-D成分

付図 1.7 加速度応答スペクトル (細島港)

付 属 資 料 2

気象庁一倍強震計記録による 加速度応答スペクトル値

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY

ASTOR LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS

1009 FIFTH AVENUE, NEW YORK, N. Y.

付表2(1) 気象庁一倍強震計記録による加速度応答スペクトル値の一覧(減衰定数 $h=0$)

No	記 録 名	成分	加 速 度 応 答 ス ペ ク ト ル 値 S_A [gal]												
			$T=2.0$	$T=2.5$	$T=3.0$	$T=4.0$	$T=5.0$	$T=6.0$	$T=7.0$	$T=8.0$	$T=9.0$	$T=10.0$	$T=13.0$	$T=16.0$	$T=20.0$
1	TSURUGIYAMA	U-D	10.659	6.774	11.678	8.656	2.544	2.229	3.355	2.353	1.472	1.126	1.036	0.479	0.371
2	TSURUGIYAMA	N-S	10.905	12.322	14.017	4.152	4.021	3.159	2.882	4.028	4.455	3.260	3.528	2.478	1.318
3	TSURUGIYAMA	E-W	11.551	2.612	2.773	3.253	3.741	2.018	2.757	4.177	4.183	2.576	3.044	2.389	1.755
4	OOSAKA	U-D	29.904	41.616	16.650	13.952	10.853	4.022	2.233	1.170	2.090	1.378	1.339	1.135	1.157
5	OOSAKA	N-S	28.685	48.489	45.039	28.021	51.346	20.518	10.575	6.317	5.717	5.461	5.009	2.499	1.764
6	OOSAKA	E-W	47.881	64.594	42.698	24.547	48.205	14.992	13.036	7.292	3.273	3.827	3.076	2.100	1.649
7	TAKAMATSU	U-D	7.454	5.695	6.533	2.636	1.208	1.553	0.827	0.875	1.305	1.611	2.143	0.859	0.564
8	TAKAMATSU	N-S	21.855	15.774	12.186	4.133	8.194	2.246	2.170	3.841	3.293	3.105	2.988	2.254	1.139
9	TAKAMATSU	E-W	16.139	19.726	11.723	3.316	3.317	4.270	2.667	3.121	4.029	4.850	1.643	1.516	1.738
10	ASHIZURI	U-D	45.829	38.049	12.234	8.244	9.711	6.579	3.005	1.256	1.415	1.680	2.455	1.479	0.891
11	ASHIZURI	E-W	40.725	75.439	74.198	32.551	10.724	5.876	9.324	14.315	8.788	9.498	8.800	3.708	2.983
12	MATSUYAMA	U-D	13.074	12.100	11.123	5.293	8.470	4.568	2.697	2.070	2.732	3.354	4.209	2.671	1.356
13	MATSUYAMA	N-S	55.128	29.741	13.967	6.646	7.865	6.663	3.248	2.441	2.174	2.855	4.566	3.302	1.337
14	HIROSHIMA	U-D	33.224	11.689	7.798	6.802	3.312	2.745	0.831	1.428	1.254	0.998	2.200	1.181	0.735
15	HIROSHIMA	N-S	7.353	4.824	14.531	2.840	4.468	1.393	3.169	1.096	1.628	1.439	2.825	1.528	1.250
16	HIROSHIMA	E-W	24.561	10.428	13.821	13.007	7.856	7.642	4.960	1.911	1.668	1.628	2.300	2.520	1.203
17	OKAYAMA	U-D	10.907	7.928	4.550	3.629	2.538	1.624	1.383	1.140	1.748	1.540	2.360	0.689	0.255
18	OKAYAMA	N-S	7.548	6.298	10.754	5.892	4.171	2.639	1.171	2.263	2.441	2.505	3.660	2.545	0.951
19	OKAYAMA	E-W	6.596	7.137	11.458	3.645	4.796	2.498	2.836	5.463	5.268	4.888	2.032	1.499	1.502
20	KOUCHI	U-D	17.175	21.142	15.410	9.960	4.808	2.353	3.269	1.717	1.129	1.363	1.730	1.249	0.639
21	KOUCHI	N-S	46.519	30.167	17.360	19.384	6.391	5.473	5.154	3.989	4.086	4.491	3.112	3.032	1.863
22	KOUCHI	E-W	35.748	9.951	10.059	11.650	10.523	7.860	4.988	3.814	7.889	6.882	7.401	5.328	2.847
23	KYOTO	U-D	7.196	1.972	1.838	3.082	1.356	1.677	1.010	0.975	1.183	0.821	1.174	0.384	0.470
24	KYOTO	N-S	11.784	8.421	4.358	4.550	2.306	3.746	2.796	2.459	2.127	2.389	1.672	1.967	0.773
25	KYOTO	E-W	5.596	7.040	2.736	2.431	3.246	2.532	1.664	1.292	1.792	1.727	1.969	1.385	1.365
26	IZUHARA	U-D	3.127	4.634	5.267	7.540	2.977	1.013	2.077	2.462	2.489	2.383	0.942	0.574	0.619
27	IZUHARA	N-S	1.494	1.556	2.308	3.370	0.947	0.925	1.240	0.901	0.886	1.193	0.469	0.325	0.422
28	IZUHARA	E-W	3.196	5.232	1.916	2.873	1.474	1.212	2.439	2.386	2.938	2.345	1.428	0.546	0.387
29	NOBEOKA	U-D	40.649	24.009	25.919	9.948	8.048	8.448	11.496	14.514	13.831	12.204	4.169	1.931	1.637
30	NOBEOKA	E-W	71.381	26.394	21.632	18.751	13.111	9.763	11.863	8.400	7.836	7.871	3.757	2.479	2.809
31	NOBEOKA	N-S	60.196	39.849	22.885	23.155	14.802	11.444	15.379	9.402	6.892	6.943	1.831	1.094	0.920
32	SHIMONOSEKI	U-D	10.458	7.975	12.822	4.886	3.600	6.351	4.282	4.387	5.127	3.967	3.213	1.032	0.813
33	SHIMONOSEKI	E-W	7.764	11.773	14.188	3.514	5.132	1.850	0.725	1.662	1.935	2.117	0.728	0.792	0.528
34	SHIMONOSEKI	N-S	7.066	7.779	6.285	3.814	5.299	2.807	2.894	2.903	3.651	3.030	1.633	0.903	0.727
35	SAGA	U-D	40.632	49.373	18.995	7.236	5.018	2.007	1.481	1.034	1.161	1.301	0.720	0.611	0.308
36	SAGA	N-S	110.051	94.261	81.120	78.387	17.616	5.455	4.749	2.628	2.872	3.187	2.013	1.547	0.648
37	KAGOSHIMA	U-D	49.955	11.129	8.011	8.175	4.146	1.796	4.160	5.972	3.469	4.629	4.970	2.938	1.436
38	KAGOSHIMA	N-S	110.870	112.665	223.404	54.415	20.436	15.557	14.095	12.170	7.361	8.074	6.643	2.223	2.294
39	KAGOSHIMA	E-W	105.270	58.799	90.379	22.204	9.730	4.900	7.280	8.506	10.947	6.599	6.901	4.450	3.498
40	FUKUE	U-D	8.264	8.998	3.996	7.651	2.971	2.917	2.853	3.515	3.129	3.550	1.955	0.784	0.632
41	FUKUE	N-S	6.929	18.655	11.013	5.087	1.418	1.154	1.099	0.548	0.517	0.423	0.323	0.335	0.297
42	FUKUE	E-W	6.297	6.949	8.451	3.791	2.699	3.250	2.746	3.004	2.811	2.766	1.301	0.630	0.474
43	FUKUOKA	U-D	31.274	18.093	5.904	7.083	4.150	4.141	4.782	2.164	3.095	2.712	0.978	0.703	0.355
44	FUKUOKA	N-S	39.300	20.893	30.274	18.162	9.126	2.779	5.785	1.561	3.855	1.379	1.134	0.548	0.734
45	FUKUOKA	E-W	49.046	14.873	16.667	6.812	5.737	5.075	3.543	2.619	3.807	3.649	1.336	0.487	0.812
46	MUROTOMISAKI	U-D	16.788	6.208	11.846	5.003	3.042	2.385	2.701	1.518	1.310	1.004	0.971	0.764	0.792
47	MUROTOMISAKI	E-W	22.858	14.768	9.960	14.841	6.235	4.441	6.819	2.875	5.159	2.818	4.180	3.681	2.096
48	MUROTOMISAKI	N-S	21.771	20.831	21.947	24.133	11.522	10.439	8.082	4.676	6.694	8.970	5.540	7.386	5.071
49	UWAJIMA	N-S	32.301	33.625	34.066	22.987	11.522	8.943	6.450	4.805	4.941	4.702	4.277	3.203	1.488
50	UWAJIMA	E-W	25.872	33.310	28.017	18.620	16.779	6.349	6.635	3.477	3.144	3.749	3.851	3.665	1.884
51	UWAJIMA	U-D	46.108	32.614	28.557	23.416	12.291	6.160	3.635	2.452	3.533	3.121	7.628	3.723	1.538

付表2(2) 気象庁一倍強震計記録による加速度応答スペクトル値の一覧(減衰定数 $h = 0.01$)

No	記 録 名	成分	加 速 度 応 答 ス ペ ク ト ル 値 S_a [gal]												
			$T=2.0$	$T=2.5$	$T=3.0$	$T=4.0$	$T=5.0$	$T=6.0$	$T=7.0$	$T=8.0$	$T=9.0$	$T=10.0$	$T=13.0$	$T=16.0$	$T=20.0$
1	TSURUGIYAMA	U-D	8.884	6.558	7.855	7.249	2.199	1.791	2.023	1.464	1.303	1.049	0.602	0.404	0.317
2	TSURUGIYAMA	N-S	10.053	9.639	5.941	3.891	3.691	2.162	2.762	3.489	3.654	2.863	2.627	2.018	0.955
3	TSURUGIYAMA	E-W	7.060	2.399	2.752	2.714	3.057	1.937	2.620	3.170	2.981	2.371	1.757	1.743	1.242
4	OOSAKA	U-D	17.736	17.122	14.452	9.532	5.273	3.275	2.021	1.053	1.704	1.190	0.772	0.997	0.960
5	OOSAKA	N-S	24.355	27.421	23.680	17.718	25.805	15.011	7.470	4.341	4.339	4.636	3.867	2.368	1.421
6	OOSAKA	E-W	29.289	23.947	19.003	15.332	25.535	13.667	8.309	5.550	2.941	3.347	2.713	1.938	1.472
7	TAKAMATSU	U-D	3.857	3.379	3.975	2.248	1.060	0.925	0.831	0.858	1.048	1.097	1.348	0.774	0.474
8	TAKAMATSU	N-S	16.888	10.831	8.606	3.949	5.176	1.859	2.113	2.642	3.126	2.864	2.045	2.041	1.070
9	TAKAMATSU	E-W	10.569	12.688	9.180	3.177	2.654	2.391	2.556	2.603	3.522	3.122	1.601	1.414	1.575
10	ASHIZURI	U-D	36.155	33.101	9.058	7.358	7.630	4.185	2.212	1.285	1.338	1.525	2.142	1.334	0.740
11	ASHIZURI	E-W	36.668	51.061	65.645	30.704	10.694	5.609	6.752	9.416	8.134	7.695	6.782	3.512	2.635
12	MATSUYAMA	U-D	6.554	8.076	7.190	2.786	6.349	3.943	2.361	2.000	2.562	3.057	2.810	2.371	1.277
13	MATSUYAMA	N-S	38.201	24.338	12.426	5.833	5.717	5.150	3.125	2.324	2.042	2.278	3.278	2.933	1.292
14	HIROSHIMA	U-D	19.366	9.710	5.246	4.938	1.983	2.007	0.700	0.944	0.922	0.927	1.456	1.031	0.679
15	HIROSHIMA	N-S	6.316	4.384	7.929	3.388	3.711	1.216	2.213	0.910	1.375	1.310	1.960	1.368	1.139
16	HIROSHIMA	E-W	16.159	6.291	9.510	8.934	5.900	5.560	3.459	1.879	1.647	1.573	2.057	1.910	1.040
17	OKAYAMA	U-D	7.337	5.128	4.279	1.795	1.984	1.064	0.829	0.977	1.182	1.329	1.427	0.647	0.249
18	OKAYAMA	N-S	5.518	5.451	8.443	3.896	2.852	1.890	1.119	1.818	2.145	2.147	2.200	2.267	0.915
19	OKAYAMA	E-W	6.386	5.759	6.399	3.360	4.017	2.038	2.753	3.986	4.465	3.480	1.938	1.463	1.330
20	KOUCHI	U-D	15.019	15.159	13.856	6.686	3.264	1.210	2.129	1.320	0.996	1.254	1.286	1.123	0.603
21	KOUCHI	N-S	34.028	21.339	16.139	12.814	5.687	5.115	4.319	3.353	3.878	3.912	2.737	2.215	1.473
22	KOUCHI	E-W	20.736	8.681	8.431	8.019	6.434	6.117	4.235	3.861	5.091	6.598	6.669	4.755	2.317
23	KYOTO	U-D	4.705	1.995	1.287	1.247	1.061	1.137	0.833	0.618	0.644	0.544	0.942	0.340	0.397
24	KYOTO	N-S	7.782	6.411	4.449	4.204	2.248	2.814	2.481	1.664	1.726	2.163	1.544	1.519	0.729
25	KYOTO	E-W	4.527	4.015	2.533	1.833	2.308	1.920	1.560	0.957	1.011	1.407	1.618	1.310	1.186
26	IZUHARA	U-D	2.283	3.353	3.186	4.927	2.119	1.055	1.545	2.154	2.165	2.002	0.607	0.531	0.464
27	IZUHARA	N-S	1.226	1.502	1.938	2.447	0.687	0.840	1.073	0.832	0.777	0.948	0.405	0.288	0.227
28	IZUHARA	E-W	2.449	3.093	1.616	1.756	1.006	0.992	1.498	2.120	2.365	2.031	0.881	0.415	0.303
29	NOBEOKA	U-D	34.292	22.153	20.218	8.716	7.737	8.102	10.015	12.098	12.607	10.623	3.832	1.894	1.398
30	NOBEOKA	E-W	49.662	24.119	17.772	12.884	12.526	9.192	8.992	7.912	7.225	7.054	3.506	2.413	2.414
31	NOBEOKA	N-S	51.046	29.741	20.975	17.988	10.043	10.476	10.466	8.394	6.313	5.117	1.795	1.021	0.766
32	SHIMONOSEKI	U-D	4.832	7.116	10.234	3.816	3.556	5.664	3.884	3.714	4.255	3.686	2.357	0.760	0.695
33	SHIMONOSEKI	E-W	6.764	9.403	10.246	2.939	3.397	1.361	0.700	1.493	1.537	1.630	0.633	0.470	0.425
34	SHIMONOSEKI	N-S	6.957	6.180	5.670	2.846	2.942	2.583	2.527	2.603	2.745	2.689	1.284	0.835	0.561
35	SAGA	U-D	24.580	17.706	12.833	6.239	3.877	1.806	1.384	0.972	1.043	1.178	0.632	0.351	0.285
36	SAGA	N-S	68.355	68.217	56.808	43.802	10.191	5.095	3.231	2.348	2.070	2.094	1.386	1.118	0.627
37	KAGOSHIMA	U-D	27.284	7.585	6.571	4.161	3.566	1.838	2.977	4.155	3.250	3.158	2.583	2.265	1.283
38	KAGOSHIMA	N-S	71.968	104.596	162.286	40.706	18.853	14.616	9.287	7.551	6.832	7.043	3.296	2.153	1.735
39	KAGOSHIMA	E-W	91.351	50.899	47.172	13.483	9.026	4.205	6.694	7.446	7.625	5.477	3.349	3.829	3.250
40	FUKUE	U-D	6.368	6.451	3.686	5.072	2.770	2.517	2.506	3.183	2.910	3.179	1.759	0.726	0.545
41	FUKUE	N-S	5.189	8.145	6.349	4.136	1.180	1.067	0.812	0.508	0.396	0.355	0.263	0.302	0.267
42	FUKUE	E-W	4.847	3.366	6.370	2.542	2.384	2.920	2.153	2.751	2.572	2.526	1.216	0.594	0.436
43	FUKUOKA	U-D	19.730	10.333	5.345	4.582	3.208	3.557	3.843	2.047	2.064	2.190	0.656	0.629	0.293
44	FUKUOKA	N-S	17.315	14.593	22.091	10.579	5.452	2.347	2.868	1.065	2.426	1.238	0.847	0.412	0.618
45	FUKUOKA	E-W	24.437	10.182	10.982	3.744	3.453	3.738	2.338	2.452	3.235	2.841	0.921	0.415	0.672
46	MUROTOMISAKI	U-D	10.714	5.568	7.379	4.067	2.442	2.223	1.297	0.980	0.889	0.738	0.660	0.677	0.672
47	MUROTOMISAKI	E-W	10.980	9.540	7.116	10.954	5.468	3.816	4.287	2.952	3.408	2.285	3.599	3.365	1.972
48	MUROTOMISAKI	N-S	17.308	14.629	16.497	19.355	6.909	8.260	5.559	4.405	4.811	5.706	4.790	5.372	4.474
49	UWAJIMA	U-D	19.789	22.374	19.525	9.958	7.539	5.755	5.137	4.576	4.661	4.126	3.696	2.438	1.411
50	UWAJIMA	E-W	22.071	24.010	18.019	9.669	13.307	5.926	4.423	2.989	3.012	3.256	3.500	2.641	1.527
51	UWAJIMA	U-D	36.203	25.593	22.317	13.112	8.824	3.692	2.696	2.036	2.129	2.957	5.471	3.484	1.488

付表2(3) 気象庁一倍強震計記録による加速度応答スペクトル値の一覧(減衰定数 $h = 0.02$)

No.	記 録 名	成分	加 速 度 応 答 ス ペ ク ト ル S_A [gal]												
			$T=2.0$	$T=2.5$	$T=3.0$	$T=4.0$	$T=5.0$	$T=6.0$	$T=7.0$	$T=8.0$	$T=9.0$	$T=10.0$	$T=13.0$	$T=16.0$	$T=20.0$
1	TSURUGIYAMA	U-D	8.344	6.304	7.200	6.225	1.927	1.518	1.535	1.136	1.163	0.980	0.447	0.387	0.275
2	TSURUGIYAMA	N-S	9.666	9.057	5.605	3.669	3.370	2.135	2.653	3.235	3.402	2.743	2.348	1.880	0.924
3	TSURUGIYAMA	E-W	5.833	2.198	2.714	2.335	2.594	1.861	2.488	2.954	2.757	2.284	1.296	1.490	1.149
4	OOSAKA	U-D	14.907	12.241	11.755	7.137	4.314	3.012	1.864	1.012	1.552	1.037	0.716	0.887	0.822
5	OOSAKA	N-S	21.492	20.467	18.778	15.202	17.269	11.692	7.047	3.792	3.808	4.255	3.349	2.250	1.390
6	OOSAKA	E-W	20.661	17.792	14.862	12.907	21.017	12.497	6.443	5.115	2.663	3.077	2.458	1.796	1.322
7	TAKAMATSU	U-D	2.593	3.067	3.520	1.932	1.031	0.931	0.829	0.840	0.988	1.027	1.114	0.706	0.412
8	TAKAMATSU	N-S	14.562	9.715	8.141	3.747	4.698	1.815	2.056	2.454	2.975	2.743	1.688	1.892	1.032
9	TAKAMATSU	E-W	10.417	10.704	8.373	3.057	2.380	2.185	2.447	2.493	3.241	2.962	1.581	1.345	1.433
10	ASHIZURI	U-D	32.824	29.953	9.374	6.863	6.709	4.021	2.193	1.307	1.267	1.425	1.929	1.262	0.665
11	ASHIZURI	E-W	34.949	47.771	60.096	29.202	10.688	5.578	6.167	7.571	7.752	7.189	5.612	3.330	2.348
12	MATSUYAMA	U-D	5.865	7.680	6.452	2.672	5.269	3.551	2.249	1.945	2.450	2.858	2.593	2.165	1.208
13	MATSUYAMA	N-S	32.174	20.735	11.754	5.387	5.071	4.671	3.019	2.208	1.929	2.200	3.034	2.675	1.253
14	HIROSHIMA	U-D	15.847	8.712	4.939	4.019	1.844	1.621	0.688	0.892	0.866	0.866	1.305	0.959	0.629
15	HIROSHIMA	N-S	5.546	4.211	6.348	3.529	3.225	1.083	1.927	0.864	1.259	1.208	1.753	1.300	1.056
16	HIROSHIMA	E-W	12.353	6.053	8.125	8.308	5.771	5.127	2.835	1.853	1.628	1.540	1.861	1.743	0.988
17	OKAYAMA	U-D	5.687	3.836	3.891	1.658	1.727	0.942	0.755	0.918	1.097	1.224	1.176	0.607	0.244
18	OKAYAMA	N-S	5.060	4.796	7.120	3.433	2.685	1.749	1.076	1.690	2.029	2.069	1.852	2.040	0.882
19	OKAYAMA	E-W	6.429	4.850	5.711	3.329	3.437	2.028	2.697	3.756	4.048	3.252	1.848	1.426	1.207
20	KOUCHI	U-D	13.633	12.391	12.586	6.376	3.088	1.097	1.543	1.107	0.867	1.162	1.143	1.034	0.572
21	KOUCHI	N-S	31.146	19.220	15.001	11.060	5.556	4.786	4.189	3.352	3.751	3.754	2.646	2.120	1.426
22	KOUCHI	E-W	16.143	7.645	7.683	7.120	5.958	5.875	4.198	3.891	4.982	6.332	6.327	4.403	2.247
23	KYOTO	U-D	3.521	1.879	1.124	0.999	0.885	0.870	0.730	0.513	0.522	0.486	0.768	0.317	0.338
24	KYOTO	N-S	6.961	5.830	4.360	3.865	2.193	2.453	2.211	1.456	1.613	2.010	1.456	1.350	0.689
25	KYOTO	E-W	3.962	3.258	2.313	1.481	1.890	1.701	1.472	0.927	0.951	1.341	1.391	1.237	1.056
26	IZUHARA	U-D	2.020	2.669	2.562	4.300	1.833	1.078	1.409	1.895	1.939	1.778	0.582	0.493	0.424
27	IZUHARA	N-S	1.267	1.544	1.693	2.076	0.648	0.772	0.980	0.786	0.694	0.800	0.381	0.268	0.169
28	IZUHARA	E-W	1.987	2.404	1.506	1.486	0.955	0.885	1.349	1.896	2.107	1.808	0.717	0.381	0.283
29	NOBEOKA	U-D	29.209	20.569	17.132	7.746	7.449	7.777	9.456	11.064	11.532	9.556	3.541	1.860	1.315
30	NOBEOKA	E-W	38.060	23.094	16.689	12.328	12.081	8.659	7.720	7.471	6.673	6.354	3.356	2.354	2.253
31	NOBEOKA	N-S	43.592	24.910	19.242	15.456	9.546	9.793	9.665	7.513	5.794	4.569	1.766	1.017	0.719
32	SHIMONOSEKI	U-D	4.179	6.456	8.740	3.724	3.495	5.057	3.546	3.444	3.896	3.450	2.052	0.703	0.652
33	SHIMONOSEKI	E-W	6.114	7.735	9.027	2.785	2.829	1.352	0.713	1.380	1.410	1.443	0.605	0.420	0.353
34	SHIMONOSEKI	N-S	6.561	5.369	5.152	2.342	2.528	2.379	2.325	2.429	2.558	2.406	1.145	0.778	0.494
35	SAGA	U-D	19.952	15.537	10.981	5.610	3.335	1.638	1.297	0.915	0.942	1.082	0.589	0.336	0.275
36	SAGA	N-S	60.884	56.044	45.572	33.414	9.263	4.811	2.934	2.155	1.873	1.953	1.218	1.009	0.614
37	KAGOSHIMA	U-D	20.945	6.733	5.976	3.486	3.097	1.863	2.752	3.801	3.047	2.975	2.079	1.867	1.181
38	KAGOSHIMA	N-S	68.585	97.362	128.876	31.639	17.468	13.803	8.539	6.005	6.367	6.580	2.765	2.092	1.676
39	KAGOSHIMA	E-W	80.141	45.614	42.043	12.670	8.457	3.909	6.234	6.556	6.774	4.935	3.106	3.539	3.032
40	FUKUE	U-D	5.308	5.139	3.673	4.494	2.597	2.216	2.257	2.909	2.703	2.901	1.614	0.680	0.504
41	FUKUE	N-S	4.885	6.573	4.787	3.405	1.023	0.997	0.750	0.471	0.368	0.304	0.248	0.271	0.242
42	FUKUE	E-W	3.916	2.564	5.177	2.151	2.134	2.646	2.013	2.600	2.375	2.307	1.139	0.563	0.406
43	FUKUOKA	U-D	15.671	8.380	5.078	4.191	2.712	3.220	3.418	1.923	1.862	1.952	0.622	0.585	0.290
44	FUKUOKA	N-S	12.270	12.538	17.812	8.068	4.755	2.118	2.379	1.075	1.747	1.114	0.702	0.393	0.549
45	FUKUOKA	E-W	17.508	8.905	8.460	3.140	2.703	3.258	2.013	2.299	2.779	2.623	0.846	0.392	0.613
46	MURATOMISAKI	U-D	9.154	5.219	6.191	3.609	2.173	2.076	1.180	0.771	0.825	0.663	0.527	0.612	0.616
47	MURATOMISAKI	E-W	8.994	8.712	6.432	8.358	4.861	3.587	3.238	2.596	2.509	2.160	3.218	3.085	1.865
48	MURATOMISAKI	N-S	14.393	13.147	14.364	17.268	6.522	7.736	4.795	4.161	4.580	4.070	4.492	4.973	3.977
49	UWAJIMA	N-S	18.616	17.738	15.527	9.638	6.522	4.492	4.586	4.355	4.407	3.915	3.337	2.277	1.343
50	UWAJIMA	E-W	20.045	19.744	16.088	9.641	11.713	5.539	3.920	2.866	2.893	3.125	3.184	2.454	1.408
51	UWAJIMA	U-D	32.237	21.820	20.442	11.102	8.301	3.222	2.462	2.008	2.088	2.806	4.994	3.296	1.442

付表 2(4) 気象庁一倍強震計記録による加速度応答スペクトル値の一覧(減衰定数 $h = 0.05$)

No.	記 録 名	成分	加 速 度 応 答 ス ペ ク ト ル S_a [gal]												
			$T=2.0$	$T=2.5$	$T=3.0$	$T=4.0$	$T=5.0$	$T=6.0$	$T=7.0$	$T=8.0$	$T=9.0$	$T=10.0$	$T=13.0$	$T=16.0$	$T=20.0$
1	TSURUGIYAMA	U-D	6.931	5.582	5.729	4.915	1.584	1.200	0.945	0.907	0.885	0.810	0.343	0.343	0.197
2	TSURUGIYAMA	N-S	8.576	7.702	4.899	3.165	2.577	2.052	2.385	2.806	2.951	2.478	2.001	1.546	0.870
3	TSURUGIYAMA	E-W	4.320	2.280	2.521	1.822	1.872	1.716	2.158	2.469	2.361	2.049	1.263	1.177	0.932
4	OOSAKA	U-D	10.833	10.389	7.480	4.447	3.671	2.485	1.576	0.946	1.222	0.916	0.683	0.681	0.591
5	OOSAKA	N-S	16.648	15.172	12.263	11.325	11.533	8.088	6.138	3.363	3.247	3.533	2.687	1.959	1.317
6	OOSAKA	E-W	12.713	13.287	10.256	11.763	14.828	9.941	5.693	4.111	2.236	2.563	2.134	1.671	1.066
7	TAKAMATSU	U-D	2.578	2.563	2.724	1.437	0.910	0.888	0.797	0.788	0.841	0.848	0.836	0.592	0.319
8	TAKAMATSU	N-S	9.633	7.956	6.942	3.153	3.685	1.714	1.908	2.067	2.609	2.445	1.549	1.561	0.937
9	TAKAMATSU	E-W	9.847	8.254	6.584	2.745	1.839	2.030	2.175	2.209	2.759	2.573	1.514	1.205	1.095
10	ASHIZURI	U-D	24.439	23.603	9.725	6.165	5.069	3.583	2.140	1.373	1.214	1.227	1.559	1.081	0.596
11	ASHIZURI	E-W	31.460	40.020	48.485	25.351	10.574	5.727	5.580	5.881	6.800	6.376	4.080	2.853	2.080
12	MATSUYAMA	U-D	4.843	6.184	4.931	2.106	4.071	2.778	1.981	1.872	2.234	2.366	2.091	1.811	1.041
13	MATSUYAMA	N-S	21.514	15.059	10.073	4.554	4.475	3.640	2.724	2.043	1.686	2.000	2.485	2.234	1.158
14	HIROSHIMA	U-D	10.631	6.980	4.025	2.726	1.532	1.210	0.669	0.774	0.738	0.727	1.080	0.816	0.552
15	HIROSHIMA	N-S	4.375	3.546	4.070	3.161	2.380	1.010	1.404	0.762	1.023	0.998	1.315	1.121	0.884
16	HIROSHIMA	E-W	7.300	5.297	6.222	6.857	5.250	4.120	2.383	1.769	1.572	1.463	1.584	1.439	0.871
17	OKAYAMA	U-D	3.874	2.758	2.824	1.474	1.281	0.763	0.647	0.774	0.912	1.036	0.883	0.516	0.227
18	OKAYAMA	N-S	4.287	3.671	4.819	2.572	2.294	1.441	0.987	1.448	1.827	1.869	1.529	1.600	0.796
19	OKAYAMA	E-W	5.899	3.515	4.507	3.163	2.566	2.026	2.551	3.175	3.305	2.794	1.741	1.323	0.920
20	KOUCHI	U-D	10.230	9.252	10.037	5.550	2.698	1.165	1.053	0.863	0.801	0.996	0.883	0.873	0.503
21	KOUCHI	N-S	24.140	15.051	12.488	7.957	5.173	4.155	3.873	3.284	3.426	3.348	2.387	1.868	1.313
22	KOUCHI	E-W	11.981	6.243	6.035	5.366	4.906	5.269	4.091	3.906	4.680	5.627	5.447	3.727	2.077
23	KYOTO	U-D	2.102	1.687	0.927	0.838	0.689	0.552	0.533	0.335	0.385	0.392	0.521	0.286	0.279
24	KYOTO	N-S	5.264	4.549	3.863	3.049	2.052	1.942	1.757	1.223	1.441	1.698	1.314	1.092	0.604
25	KYOTO	E-W	2.820	2.527	1.811	1.221	1.325	1.345	1.272	0.832	0.852	1.181	1.140	1.044	0.787
26	IZUHARA	U-D	1.707	2.073	2.079	2.972	1.393	1.072	1.124	1.384	1.487	1.353	0.522	0.403	0.337
27	IZUHARA	N-S	1.222	1.387	1.264	1.421	0.586	0.633	0.785	0.679	0.517	0.553	0.330	0.217	0.141
28	IZUHARA	E-W	1.355	1.778	1.160	1.090	0.856	0.699	1.037	1.412	1.537	1.362	0.558	0.341	0.245
29	NOBEOKA	U-D	19.995	16.740	13.225	7.043	6.658	6.899	8.086	9.045	8.996	7.523	3.020	1.775	1.157
30	NOBEOKA	E-W	26.396	20.006	14.060	10.924	10.889	7.688	6.191	6.310	5.389	4.997	2.980	2.206	1.866
31	NOBEOKA	N-S	30.572	21.211	15.969	11.567	8.268	8.087	7.975	5.995	4.820	3.415	1.692	1.034	0.724
32	SHIMONOSEKI	U-D	3.114	5.118	6.752	3.539	3.209	3.670	2.768	2.799	3.054	2.845	1.569	0.640	0.552
33	SHIMONOSEKI	E-W	4.916	5.884	6.741	2.393	2.167	1.298	0.774	1.127	1.118	1.053	0.516	0.326	0.227
34	SHIMONOSEKI	N-S	5.170	3.855	3.924	1.652	1.749	1.907	1.836	2.011	2.105	1.842	0.872	0.645	0.405
35	SAGA	U-D	13.573	12.090	8.225	4.514	2.754	1.371	1.132	0.847	0.740	0.879	0.516	0.318	0.257
36	SAGA	N-S	44.270	36.818	33.731	21.780	7.637	4.070	2.421	2.038	1.631	1.629	1.008	0.792	0.601
37	KAGOSHIMA	U-D	15.136	5.575	5.038	2.822	2.191	1.870	2.232	3.009	2.529	2.526	1.841	1.414	0.948
38	KAGOSHIMA	N-S	61.028	79.158	81.616	25.879	14.255	11.776	7.182	4.632	5.258	5.630	2.790	1.920	1.562
39	KAGOSHIMA	E-W	57.681	36.333	31.741	10.844	7.178	4.057	5.236	4.987	4.960	3.877	2.794	2.954	2.503
40	FUKUE	U-D	4.011	3.226	3.284	3.294	2.193	1.642	1.804	2.299	2.238	2.285	1.281	0.577	0.414
41	FUKUE	N-S	3.947	4.889	3.326	2.251	0.891	0.834	0.663	0.381	0.310	0.252	0.226	0.228	0.187
42	FUKUE	E-W	2.789	2.124	3.487	1.680	1.623	2.107	1.796	2.214	1.902	1.773	0.937	0.496	0.345
43	FUKUOKA	U-D	10.107	5.350	4.348	3.418	2.228	2.570	2.523	1.570	1.440	1.497	0.584	0.486	0.274
44	FUKUOKA	N-S	8.985	8.696	11.567	5.286	3.657	1.684	1.744	1.096	1.357	0.934	0.582	0.403	0.429
45	FUKUOKA	E-W	10.004	6.261	6.040	3.005	2.283	2.298	1.688	1.919	1.992	2.069	0.721	0.400	0.481
46	MUROTOMISAKI	U-D	6.812	4.436	4.052	2.648	2.081	1.711	1.064	0.702	0.599	0.600	0.384	0.491	0.495
47	MUROTOMISAKI	E-W	6.572	7.083	5.023	6.556	4.176	3.027	2.743	2.332	1.814	1.866	2.506	2.533	1.606
48	MUROTOMISAKI	N-S	10.210	10.784	11.583	12.898	6.020	6.537	3.964	3.626	4.057	3.160	3.772	4.301	3.147
49	UWAJIMA	U-D	15.404	14.101	13.106	8.853	5.627	3.759	3.710	3.757	3.767	2.615	1.949	1.172	1.172
50	UWAJIMA	E-W	15.645	12.450	12.567	9.276	9.483	4.749	3.589	2.654	2.598	2.775	2.683	2.124	1.284
51	UWAJIMA	N-S	24.178	19.831	16.121	8.864	7.061	3.057	2.137	1.956	1.964	2.434	3.915	2.815	1.324

気象庁一倍強震計記録に基づく長
周期地震動特性の解析

—(その2) 1968年日向灘地震の解析—

ISSN 0386-5878
土研資料第2245号
昭和60年6月(1985)

佐々木 康 田 村 敬 一
相 沢 興 高 橋 和 之

要 旨 本解析は、1968年日向灘地震による気象庁一倍強震計記録51成分を数値化し、長周期地震動の特性について検討したものである。また、同地震によるSMAC型強震計記録についても整理するとともに、既往のSMAC型強震計記録の統計解析結果から求めた現有の最大地震動および加速度応答スペクトルの推定手法の適用性を検討した。

キーワード 長周期地震動, 耐震設計, 設計地震入力, 1968年日向灘地震



