

土 木 研 究 所 資 料

線状地中構造物の耐震設計に用いる 地震時地盤ひずみの解析

—— (1) 土木研究所構内三次元同時地震観測記録の解析 ——

昭和58年 3 月

建設省土木研究所
地震防災部・振動研究室

Copyright ©1983 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。

ま え が き

応答変位法に基づく地中構造物の耐震計算では、地震時に地盤に生じる変形を正しく評価することが重要である。従来、地盤のひずみのうち、鉛直面内のせん断ひずみに関しては、地中地震観測やせん断波の多重反射理論等に基づく解析計算により詳細な検討が加えられてきているが、地中構造物の耐震設計上重要な水平面内の伸縮ひずみおよびせん断ひずみに関しては、実測資料が皆無であったこと等から解析手法の開発も遅れ、ほとんど研究されていないのが実情である。

本資料は、以上の観点から、土木研究所の三次元同時地震観測記録をもとに、地震時の地盤ひずみを試算した結果を報告するものである。

昭和 58 年 3 月

建設省土木研究所地震防災部振動研究室

室 長 荒 川 直 士

主任研究員 川 島 一 彦

研 究 員 田 村 敬 一

相 沢 興

高 橋 和 之

目 次

まえがき

1. 概 説	1
2. 観測システムおよび観測記録	2
2.1 三次元同時地震観測システムの概要	2
2.2 観測地点の地盤条件	4
2.3 観測記録	4
3. 地震時地盤ひずみの解析法	14
3.1 地震動の速度および変位の計算法	14
3.2 地震時地盤ひずみの計算法	15
4. 地震時地盤ひずみの試算	17
4.1 地震時地盤ひずみの試算	17
4.2 地盤ひずみと速度の関係	18
5. 結 論	51
参考文献	52
付属資料	53
1. 最大ひずみの一覧	53
2. 最大速度の一覧	79

1. 概 説

地中に埋設された管路は、物質もしくはエネルギー、情報等の安全確実な移動、伝達的手段として都市市街地において多用されている。地中埋設管の耐震性に関する研究は、当初、沈埋トンネル、石油パイプライン等の耐震性に関する研究として進められてきた。初期における各種の技術的な調査研究の成果は、石油パイプライン事業用施設の技術細目（通産、運輸、建設、自治の4省共管，昭和48年9月）^{1),2),3)}および東京湾横断道路沈埋トンネル設計基準（案）（日本道路協会，昭和50年3月）⁴⁾に盛り込まれている。これらの技術基準に共通する考え方は、地中に埋設されている管路は周辺の地盤に比較して相対的に質量および剛性が小さい構造物であるため、地震に際して埋設管路が地盤中で共振するような現象は生じにくいとしている点である。したがって、地震時の埋設管路の変形は地盤に生じる相対変位が管路に伝えられることにより生じるとして計算することが示されている。このような設計理念は、建設省総合技術開発プロジェクトの新耐震設計法の開発の中にも引き継がれ、プロジェクトの最終報告書である新耐震設計法（案）（昭和52年3月）⁵⁾の中に「応答変位法」として体系化された。応答変位法は、従来の慣性力によるつり合いを主体とした震度法、修正震度法とは異なった考え方に基づく新しい耐震設計法である⁶⁾。

以上のような応答変位法による地中構造物の耐震計算では、地震時に地盤中に生じる変位もしくは変形（ひずみ）を正しく求めることが最も重要である。地震時に地盤に変形を生ぜしめる原因としては、地形、地盤条件等の変化や地震動の伝播特性等種々挙げられるが、何がどのような条件下で支配的となるかは従来よくわかっていない。そこで、応答変位法による設計では、図1.1に示すように正弦波状の波動が水平方向に伝播すると仮定して地盤ひずみを計算する手法を採用している。しかし、その手法は、地盤ひずみの大きさを定量的に求めるための設計計算上の仮定であり、地盤ひずみが生じる機構を示しているものではない。したがって、実測資料に基づき、地震時の地盤ひずみの検討が必要とされている。

本資料は土木研究所構内の三次元同時地震観測記録をもとに地盤の地震時ひずみに対する検討結果をとりまとめたものである。

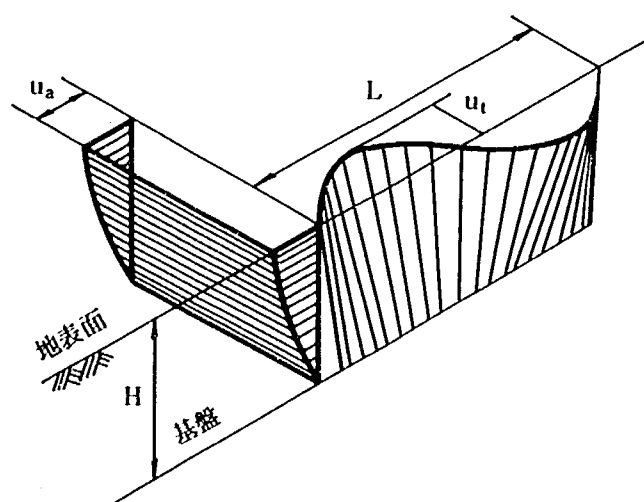


図 1.1 応答変位法による地中構造物の耐震設計に仮定する表層地盤の変形

2. 観測システムおよび観測記録

2.1 三次元同時地震観測システムの概要^{7),8)}

(1) 観測システム

建設省土木研究所の構内は図 2.1 に示すとおりであり、この中の A, B の両地区に Local Laboratory Array が、また、C 地区にはオートダイヤルを備えた強震計が地表に 1 台設置されている。

観測システムは図 2.2 に示すとおりである。A 地区は一辺の長さが 100 m の十字形の測線に沿って、地表に 3 点、地表面下 2 m に 5 点および地表面下約 50 m に 5 点の計 13 点、B 地区では長辺が 100 m、短辺が 50 m の L 字形の測線に沿って、地表面下 2 m に 1 点、地表面下約 50 m に 4 点、地表面下 96 m に 1 点の計 6 点に、それぞれ、換振器が設置されている。測線の向きは、南北もしくは東西と一致している。なお、換振器の詳細な位置は図 2.3 および表 2.1 に示すとおりである。1 点につき水平 2 成分および上下 1 成分の計 3 成分を観測しているため、成分数は A, B 両地区を合せると $3 \times 19 = 57$ 成分となる。観測に使用している換振器は直径 13 cm の円筒形のアルミダイキャスト製容器に収納された速度帰還型加速度計であり、その主要な特性は表 2.2 に示すとおりである。換振器には方位の自動検出装置がセットされており、埋設の際に南北および東西方向を向くようにセットされている。換振器からのケーブルは、配線用ダクトを通して、A, B 両観測場に、それぞれ、1 箇所ずつ設けられている中継用ステーションでいったんまとめられた後、材料構造共同実験棟内の地震計測処理室まで接続されている。

C 地区においては地表の 1 点において観測が行われており、換振器は表 2.2 に示した A, B 両地区のものと基本的に同一の特性を有している。

A, B 両地区は A 地区の 1 点（十字形の測線の交点における地表面下 46 m）または B 地区の 1 点（L 字形の測線の交点における地表面下 96 m）の上下動が 4 gal を越えた場合、または、上記 A 地区の 1 点の南北動が 7 gal を越えた場合に起動するようになっている。また、C 地区は、地表における上下動が 3 gal を越えた場合に起動するようになっている。

(2) 収録システムおよび処理システム

A, B, C の各地区で採取された記録は、図 2.4 に示す収録システムにより、次のように収録専用の電子計算機を介して磁気テープ上に記録される。

1) A 地区における地表および地表面下 2 m の換振器 7 台（十字形の測線の交点における地表面下 2 m は除く）を除く、A, B 両地区 36 成分の信号は 12 ビット AD 変換器により 1/100 秒間隔で数値化された後 10.24 秒の遅延回路を経て、収録専用の電子計算機（容量 80 kW）を介して磁気ディスク（容量 64 MB）に収録される。なお、これら 36 成分は表 2.3 に示す 1～36 チャンネルに対応する。磁気ディスクに収録された記録は、地震後、土木研究所の強震記録保存用標準様式に編集され、磁気テープに収録される。また、上記 36 成分のうち、表 2.3 に示した 1～32 チャンネルに対応する 32 成分については、このような経路とは別にアナログテープに収録され、必要があれば（例えば、上記システムによる収録システムが作動しなかった場合等）、このテープから AD 変換器を通して磁気ディスクに収録することができる。

2) A 地区における地表および地表面下 2 m の換振器 7 台（21 成分、表 2.3 に示した 37～57 チャンネ

ルに対応)の信号は、直接AD変換された後、磁気ディスクに収録され、1)と同様に所定の様式に編集された後、磁気テープに収録される。また、この21成分の信号に対しては遅延は行われませんが、上記36成分の信号との時刻の同期は確保することができる。

3) C地区における地表の換振器(3成分)の信号は、現地においてAD変換の後10秒間の遅延回路を経てデジタルカセットテープに収録される。一旦カセットテープに収録された記録は、地震後、オートダイヤル方式により、電話回線(内線)を経て、地震計測処理室の受信局を自動的に呼び出し、磁気ディスクに転送される。この際、C地区にある送信局は、一定の時間間隔により最高3回まで計測処理室にある受信局を自動的に呼び出すことができる。もし、3回の呼び出しの度ごとに受信局側が通話中で記録を転送できなかった場合には、カセットテープに記録を収録したまま呼び出しを中止する。

このように、送信局側が待機の状態にある場合は受信局側からの呼び出しに応じてデータの転送が可能である。なお、待機の状態もしくは記録の転送中に再び地震が発生した場合には、カセットテープの容量をオーバーする可能性がある。このような点に備えるため、予備のカセットテープが常に1台用意されており、一方がオーバーする前にもう一方に切替わり得ようになっている。

上記の収録システムでは、電子計算機システムが中心的な役割を担っている。したがって、大地震時に電力の供給が途絶えた場合でも記録の収録が継続できるように、収録に必要な電子計算機システムに対しては、停電後20分間電力を供給し得るフローティング方式の無停電電源装置が用意されている。

このようにして、磁気テープに収録された記録を解析するために、図2.5に示すような容量192kWの解析用電子計算機システムが用意されており、処理システムと収録システム間の受渡しは磁気テープベースで行うようになっている。なお、この処理装置は強震記録の波形処理解析の汎用システムとして、土木研究所が所掌する強震観測ネットワークから得られる全記録の解析にも利用できるようになっている。

(3) 換振器の位置の確認

昭和58年10月にA地区の東西南北の端の地表面下2mに設置されている換振器の周辺土を掘削し、換振器の位置および方位角を確認した。

測定の結果求められた換振器の位置は図2.6および表2.4に示すとおりである。ただし、地表面下約50mに設置されている5台の換振器および十字形の測線の交点の地表面下2mおよび46mに設置されている2台の換振器については、それぞれ、マンホールの中心に設置されているものと仮定して、マンホールの位置を測定した結果によるものである。図2.6からわかるように、Arrayの形状としては一辺の長さが100mの十字形の形状を保持しているが、測線の方角としては、4°程度半時計回りに回転していることがわかる。また、東西南北の端の地表面下2mに設置されている換振器について方位角を測定した結果を示すと、表2.5のようになる。表2.5より、換振器の方位角は磁北から5~7°程度ずれていることがわかる。このように換振器の位置および方位角は設定値から若干ずれていることが認められるが、本解析では次のような理由により、換振器の位置および方位角の補正は行わなかった。

1) 周辺土を掘削して、直接、位置および方位角を測定した換振器は4台のみであった。

2) 換振器の位置の誤差が地震時地盤ひずみの計算に与える影響は他の誤差(たとえば、加速度記録から変位を計算する際の誤差)が地盤ひずみの計算に与える影響に比較して必ずしも大きいもので

はないと考えられる。

iii) 方位角の測定精度自身に若干検討の余地が残されている。

2.2 観測地点の地盤条件

観測地点周辺の表層地盤条件は図 2.7 に示すとおりであり、比較的一様な地盤構成となっている。また、観測地点の地盤条件は図 2.8 に示すとおりであり、地表面から 5 m 程度までが関東ローム、それ以下はシルト、礫の互層となっている。せん断波速度は地下 50 m 程度までは 250 m/秒、それ以下は 400 m/秒程度である。

2.3 観測記録

上記観測システムのうち、32成分のアナログデータレコーダを用いた漸定的な観測は昭和54年7月から、また、専用の電子計算機を用いた60成分全体の観測は昭和55年12月から、それぞれ、開始されており、昭和59年7月現在までに表 2.6 に示す合計50回の地震により記録が得られている。ただし、EQ-12 および EQ-13 の昭和55年9月25日の記録は上述したアナログ収録システムからデジタル収録システムへの移行時期の記録であり、EQ-12がアナログデータレコーダによる記録であるのに対し、EQ-13は専用の収録システムによる記録である違いがあるが、両者は同一の地震による記録である。

表 2.1 A地区およびB地区におけるそれぞれの換振器の設置位置

No	地 区	呼 称	座 標 (単位: cm)		
			x (E-W) ¹⁾	y (N-S) ²⁾	z (U-D) ³⁾
1	A	A 2 C 0	141	141	-200
2		A 46 C 0	0	0	-4580
3		A 47 N 2	0	5000	-4660
4		A 47 E 2	5000	0	-4690
5		A 45 S 2	0	-5000	-4450
6		A 46 W 2	-5000	0	-4560
7 ⁴⁾		A 2 W 2	-5000	-400	-200
8		A 2 N 2	-400	5000	-200
9		A 2 S 2	-400	-5000	-200
10		A 0 S 1	-400	-2500	0
11		A 0 W 1	-2500	-400	0
12		A 0 N 1	-400	2500	0
13		A 2 E 2	5000	-400	-200
14	B	B 2 C 0	141	141	-250
15		B 53 C 0	0	0	-5250
16		B 96 C 0	-141	-141	-9550
17		B 53 W 2	-10000	0	-5280
18		B 52 W 1	-5000	0	-5150
19		B 53 S 1	0	-5000	-5270

1) 東が正 2) 北が正 3) 上が正 4) 昭和57年9月16日までは A 0 E 1, 座標は (2500, -400, 0)

表 2.2 換振器の主要仕様

成分数	3
型 式	速度帰還型
固有振動数	5 Hz
測定振動数範囲	0.1~50 Hz
測定加速度範囲	± 650 gal
直径および長さ	φ 13 cm, 125 cm
重 量	50 kg

表 2.3 観測点と収録チャンネルの関係

地 区	観 測 点 ¹⁾	チ ャ ン ネ ル		
		南北成分	東西成分	上下成分
A	A 2 C 0	1	2	3
	A 46 C 0	4	5	6
	A 47 N 2	7	8	9
	A 47 E 2	10	11	12
	A 45 S 2	13	14	15
	A 46 W 2	16	17	18
B	B 2 C 0	19	20	21
	B 53 C 0	22	23	24
	B 96 C 0	25	26	27
	B 53 W 2	28	29	30
	B 52 W 1	31	32	33
	B 53 S 1	34	35	36
A	A 2 W 2 ²⁾	37	38	39
	A 2 N 2	40	41	42
	A 2 S 2	43	44	45
	A 0 S 1	46	47	48
	A 0 W 1	49	50	51
	A 0 N 1	52	53	54
	A 2 E 2	55	56	57
C	C	58	59	60

1) 表 2.1 参照

2) 昭和57年9月16日まではA0E1

表 2.4 換振器の位置の測量結果

観測点	座 標 (単位: cm)			
	x (E-W)		y (N-S)	
	設定値	測量値	設定値	測量値
A 2 C 0	141	122	141	159
A 46 C 0	0	0	0	0
A 47 N 2	0	-371	5000	4995
A 47 E 2	5000	4980	0	373
A 45 S 2	0	360	-5000	-4970
A 46 W 2	-5000	-4993	0	-364
A 2 W 2	-5000	-4976	-400	-790
A 2 N 2	-400	-761	5000	5036
A 2 S 2	-400	-65	-5000	-5030
A 2 E 2	5000	5008	-400	-71

表 2.5 換振器の方位角

観測点	方位角
A 2 E 2	N 7° 44' W
A 2 N 2	N 5° 22' E
A 2 W 2	N 5° 36' E
A 2 S 2	N 7° 2' E

表 2.6 観測記録の一覧

記 録 No	発 生 年 月 日	震 源				震央距離 [km]	マ グ ニ チュード
		震 域	東 経	北 緯	深さ [km]		
EQ-1	1979. 10. 9	茨城県沖	139°50'	36°09'	50	22	4.1
EQ-2	1979. 11. 25	茨城県沖	141°00'	36°41'	90	104	5.4
EQ-3	1979. 12. 14	茨城県南西部	141°20'	36°45'	40	132	3.9
EQ-4	1979. 12. 16	山梨県東部	138°57'	35°31'	20	122	3.0
EQ-5	1980. 2. 1	関東東方沖	141°11'	36°01'	60	100	2.7
EQ-6	1980. 4. 21	茨城県沖	141°51'	36°02'	60	160	4.0
EQ-7	1980. 5. 6	関東南東沖	141°15'	33°34'	50	304	4.1
EQ-8	1980. 5. 11	東京都西部	139°15'	35°43'	130	87	3.4
EQ-9	1980. 6. 18	千葉県中部	140°01'	35°38'	80	55	4.6
EQ-10	1980. 6. 29	伊豆半島東方沖	139°14'	34°55'	10	154	6.7
EQ-11	1980. 9. 24	茨城県南西部	139°48'	35°58'	80	30	5.4
EQ-12	1980. 9. 25	千葉県中部	140°13'	35°31'	80	69	6.1
EQ-13	EQ-12	と同地震					
EQ-14	1981. 1. 28	茨城県南西部	139°51'	36°10'	60	21	5.0
EQ-15	1981. 3. 12	茨城県南西部	140°16'	35°54'	60	30	4.7
EQ-16	1981. 9. 2	茨城県沖	141°08'	35°48'	40	102	5.8
EQ-17	1981. 9. 3	茨城県南西部	139°48'	36°10'	60	25	3.5
EQ-18	1981. 9. 14	茨城県南西部	140°07'	36°12'	70	9	4.8
EQ-19	1981. 10. 14	茨城県南西部	139°56'	36°03'	50	15	3.5
EQ-20	1981. 11. 30	茨城県南西部	139°54'	36°04'	50	17	4.4
EQ-21	1982. 3. 7	鹿島灘	140°39'	36°28'	60	64	5.5
EQ-22	1982. 7. 23	茨城県沖	141°57'	36°11'	30	169	7.0
EQ-23	1982. 10. 25	千葉県北部	140°31'	35°54'	40	47	4.2
EQ-24	1982. 12. 8	茨城県南西部	139°53'	36°06'	50	17	4.2
EQ-25	1982. 12. 16	茨城県南西部	139°55'	36°02'	50	17	3.9
EQ-26	1982. 12. 29	茨城県南西部	139°59'	36°12'	50	12	4.0
EQ-27	1983. 1. 8	茨城県南西部	139°54'	36°05'	52	16	4.9
EQ-28	1983. 2. 27	茨城県南部	140°09'	35°56'	72	22	6.0
EQ-29	1983. 4. 24	茨城県南西部	139°54'	36°06'	40	16	4.4
EQ-30	1983. 5. 4	茨城県南西部	139°54'	36°06'	60	16	4.4
EQ-31	1983. 7. 2	福島県沖	141°07'	36°54'	50	127	5.8
EQ-32	1983. 9. 2	茨城県沖	140°58'	36°39'	50	99	5.2
EQ-33	1983. 10. 15	茨城県南西部	139°53'	36°05'	60	18	4.8
EQ-34	1983. 10. 28	茨城県南西部	139°59'	36°13'	60	13	5.2
EQ-35	1983. 10. 28	茨城県南西部	139°59'	36°13'	56	12	3.8
EQ-36	1983. 12. 11	茨城県南西部	140°08'	36°15'	60	15	4.3
EQ-37	1983. 12. 12	茨城県南西部	140°00'	36°12'	50	11	3.6
EQ-38	1983. 12. 30	銚子付近	140°43'	35°41'	50	76	5.4
EQ-39	1984. 1. 1	東海道はるか沖	136°59'	33°16'	400	425	7.4
EQ-40	1984. 1. 2	茨城県南西部	139°54'	36°08'	60	16	4.2
EQ-41	1984. 1. 9	茨城県南西部	140°00'	36°14'	60	14	3.6
EQ-42	1984. 1. 17	茨城県沖	141°13'	36°27'	40	109	5.6
EQ-43	1984. 1. 18	茨城県沖	141°13'	36°27'	40	109	5.8
EQ-44	1984. 2. 21	茨城県南西部	140°06'	36°06'	70	3	5.2
EQ-45	1984. 3. 6	鳥島近海	139°08'	29°28'	460	745	7.9
EQ-46	1984. 3. 25	関東北部	140°03'	36°05'	55	5	3.5
EQ-47	1984. 5. 23	茨城県南西部	139°50'	36°11'	60	23	4.7
EQ-48	1984. 5. 30	茨城県南西部	139°56'	36°03'	50	15	4.2
EQ-49	1984. 6. 30	茨城県南西部	139°51'	36°09'	60	20	5.1
EQ-50	1984. 6. 30	茨城県南西部	139°48'	36°11'	60	26	4.5

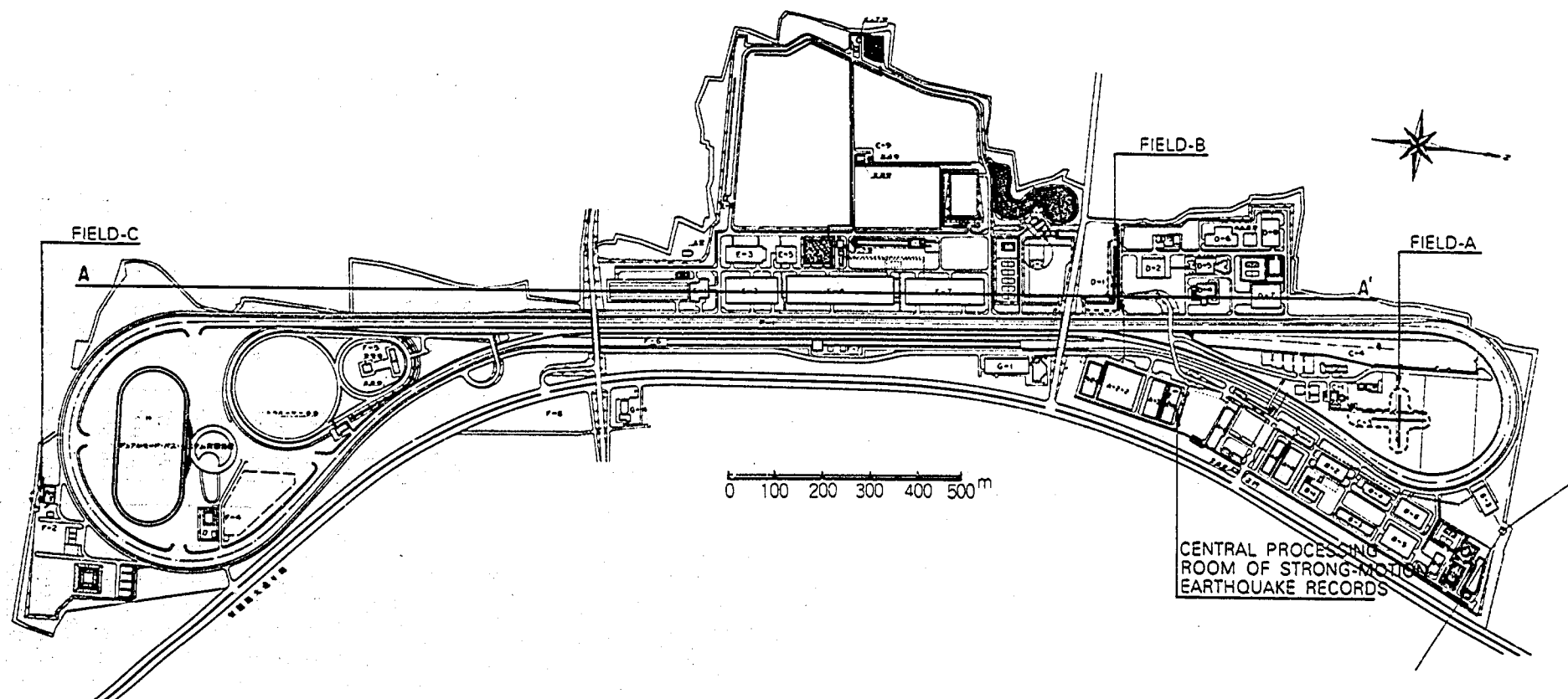
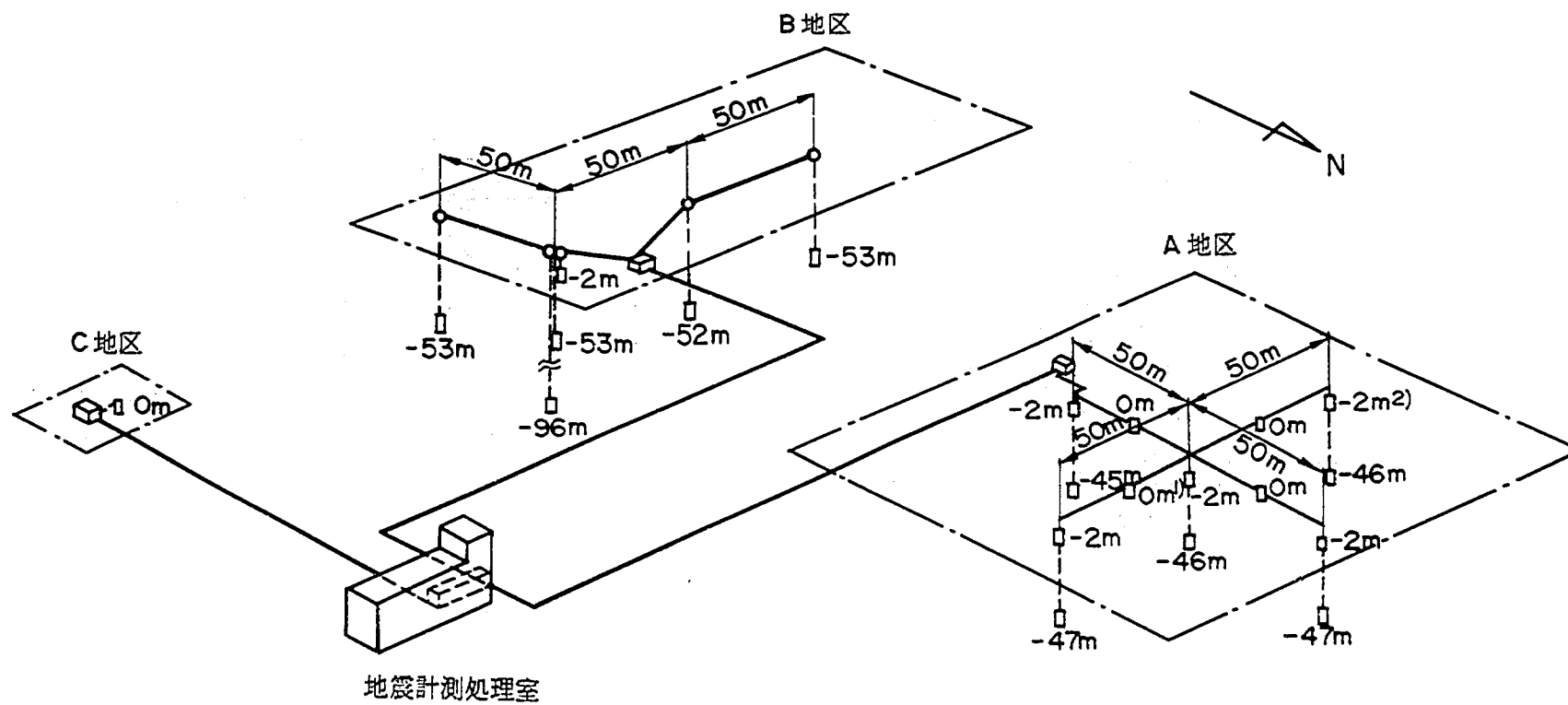
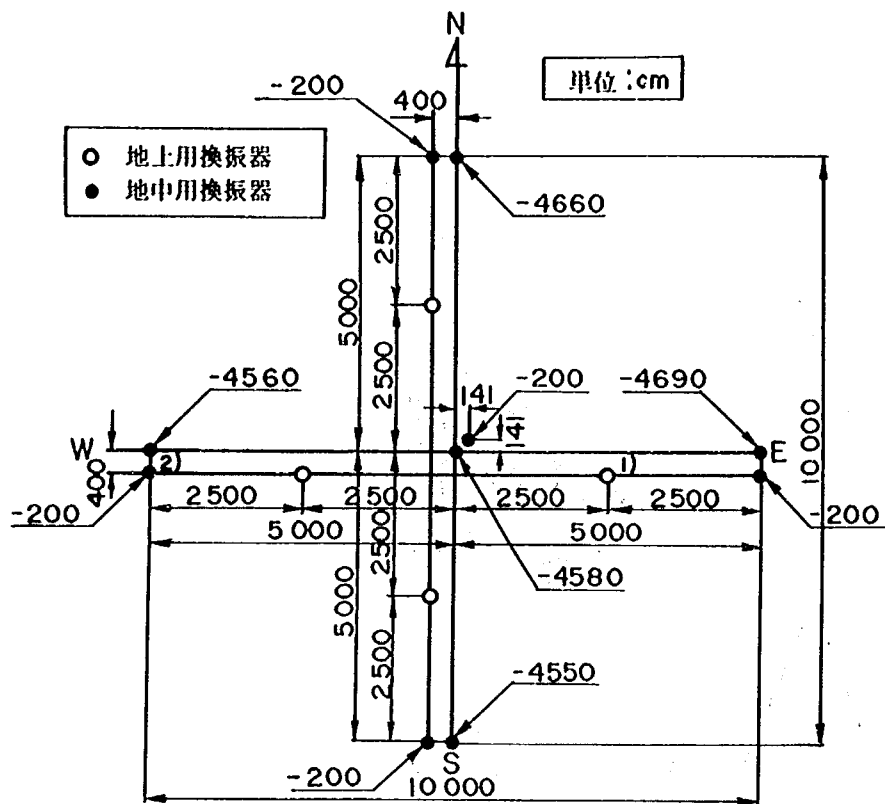


図 2.1 土木研究所構内における Local Laboratory Array の配置



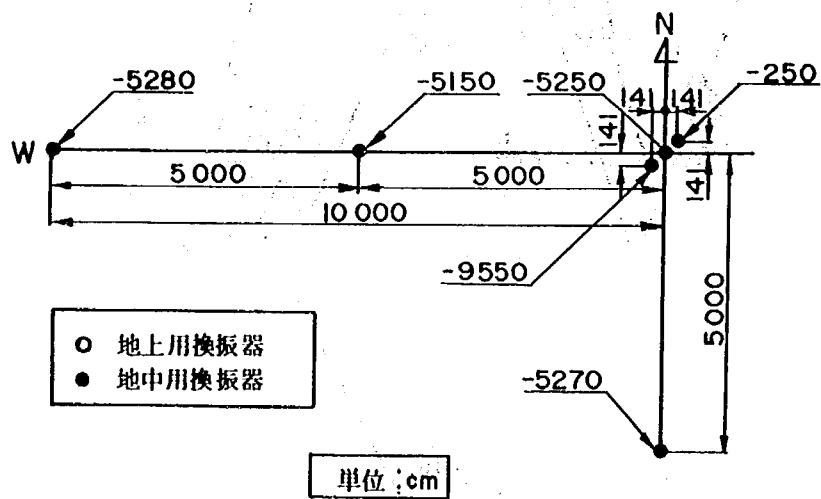
- 1) 昭和57年9月16日まで観測
- 2) 昭和57年9月16日より観測

図 2.2 観測システムの概要



- 1) 昭和57年 9 月 16 日まで観測
- 2) 昭和57年 9 月 16 日より観測

(a) A 地区



(b) B 地区

図 2.3 換振器の設置位置図

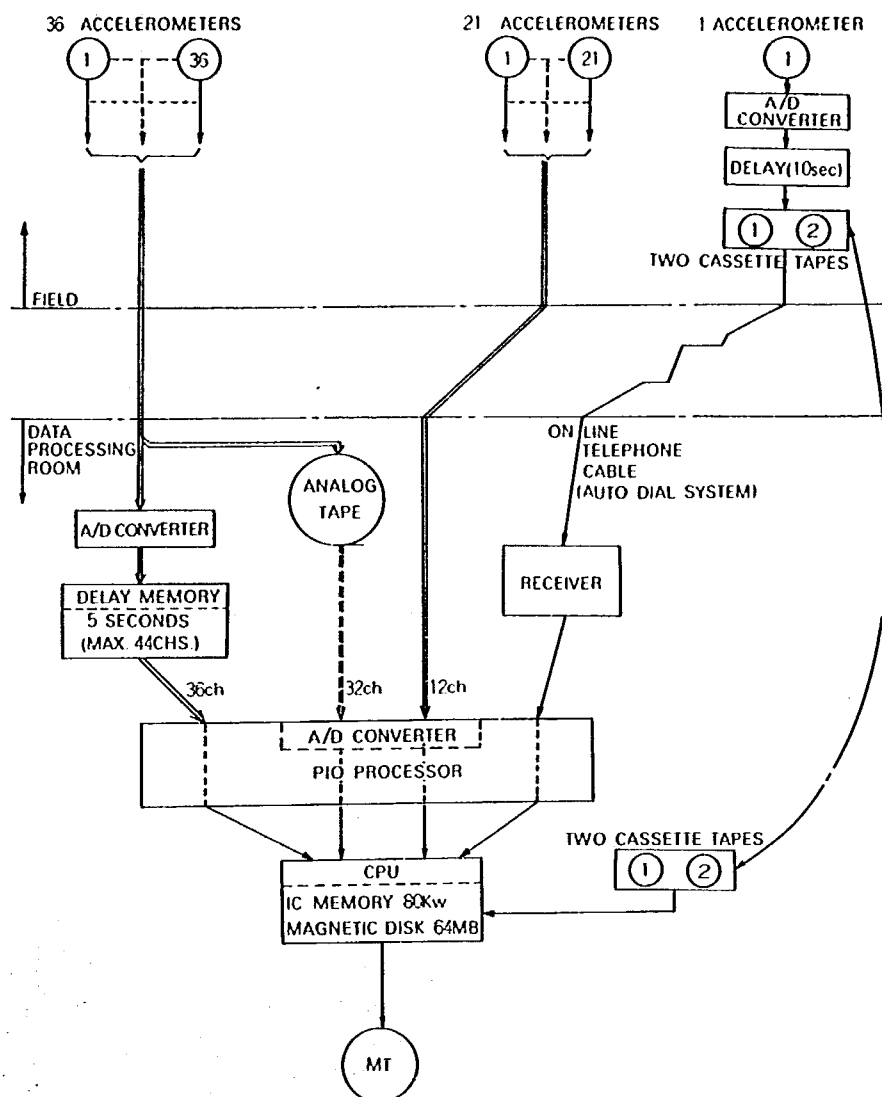


図 2.4 データ収録システムの概要

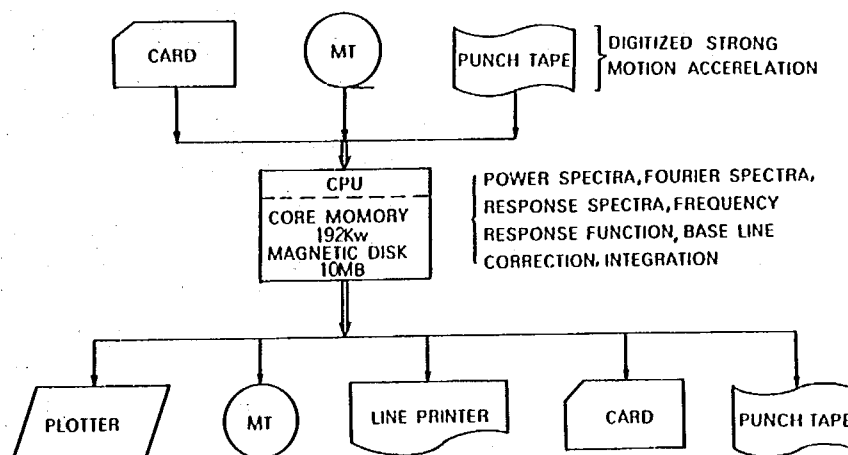


図 2.5 データ処理システムの概要

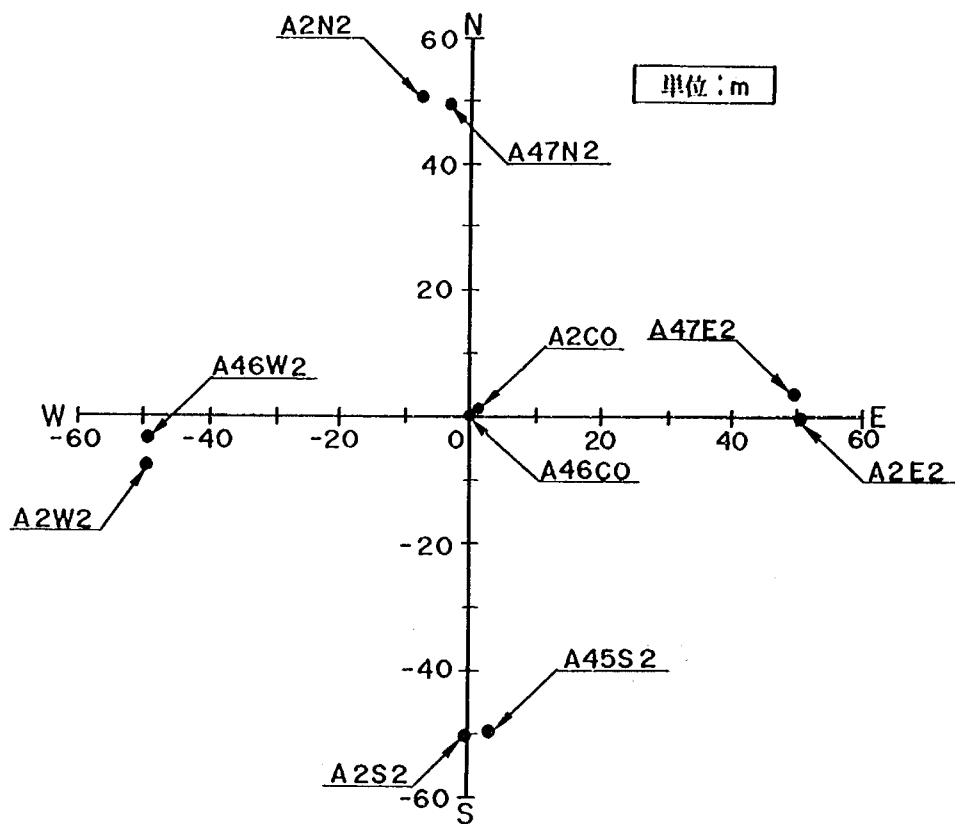


図 2.6 換振器の位置の測量結果 (A 地区)

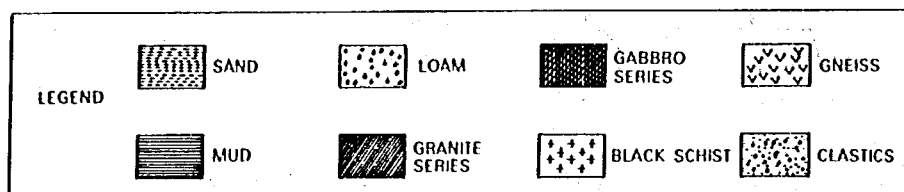
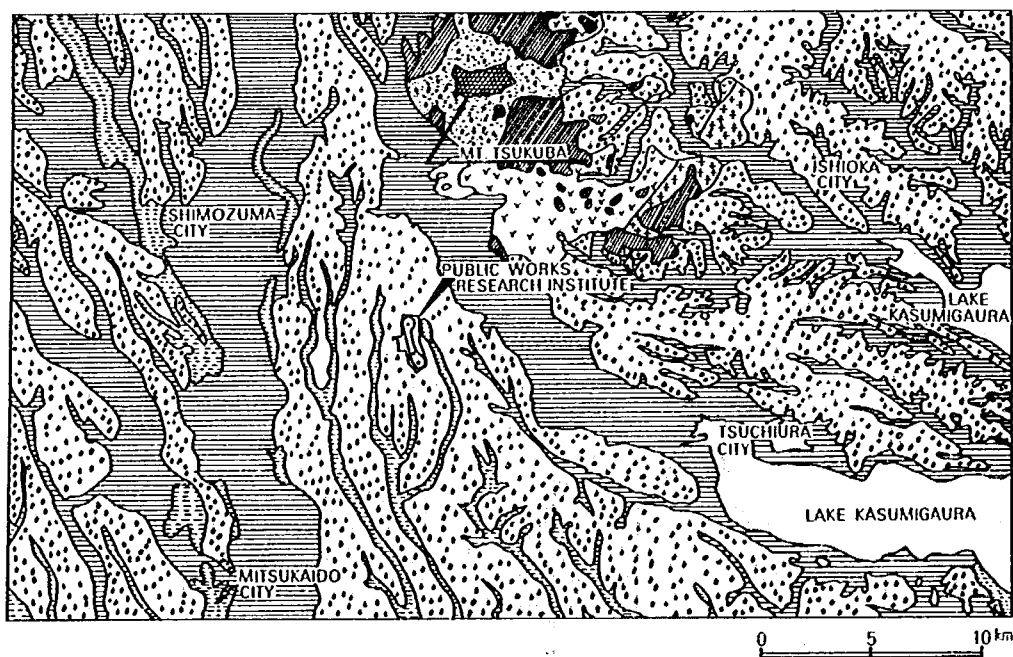


図 2.7 土木研究所周辺の表層地盤条件

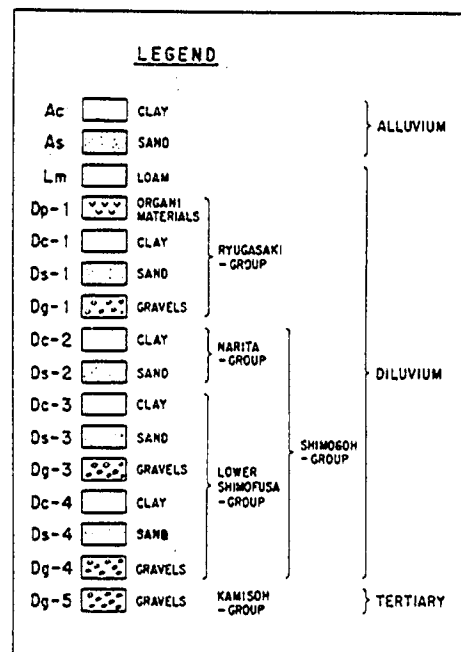
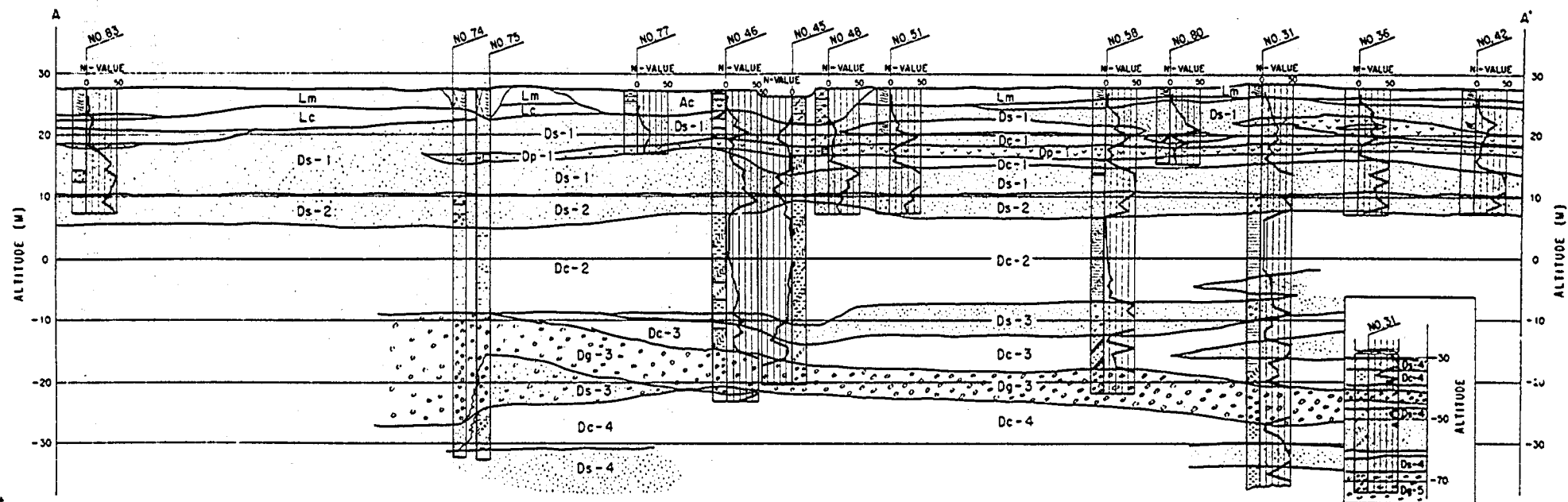


図 2.8 図 2.1 に示した A-A' 線に沿う土木研究所地質断面図

3. 地震時地盤ひずみの解析法

3.1 地震動の速度および変位の計算法^{9), 10)}

いま、観測された加速度記録を $a_0(t)$ とすれば、そのフーリエ変換 $F_0(f)$ は次式で求められる。

$$F_0(f) = \int_{-\infty}^{\infty} a_0(t) e^{-i2\pi ft} dt \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

これに換振器の特性を補正するためのフィルター $F_c(f)$ を見込むと、補正した加速度 $a(t)$ は次式で表される。

$$a(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F(f) e^{i2\pi ft} df \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

ここで、

$$F(f) = F_0(f) \cdot F_c(f) \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

$$F_c(f) = \begin{cases} 0 & f < f_{ll} \\ \frac{f - f_{ll}}{f_{lu} - f_{ll}} \frac{\exp\{\phi(f)\}}{R(f)} & f_{ll} \leq f \leq f_{lu} \\ \frac{\exp\{\phi(f)\}}{R(f)} & f_{lu} < f < f_{ul} \\ \frac{f_{uu} - f}{f_{uu} - f_{ul}} \frac{\exp\{\phi(f)\}}{R(f)} & f_{ul} \leq f \leq f_{uu} \\ 0 & f_{uu} < f \end{cases} \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

ここで、 f_{lu} および f_{ul} は、それぞれ、低振動数側および高振動数側の遮断振動数であり、 f_{ll} および f_{uu} は、それぞれ、 f_{lu} および f_{ul} に対応する補正フィルター倍率が 0 となる振動数である。式 (3.2) より速度 $v(t)$ および変位 $d(t)$ は次のように求められる。

$$v(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{F(f)}{2\pi i f} e^{i2\pi ft} df \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

$$d(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{F(f)}{-4\pi^2 f^2} e^{i2\pi ft} df \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

本解析では、SMAC 型強震計記録から変位を精度よく求められる限界の低振動数側の遮断振動数の検討結果^{10), 11)} を参考にして、 $f_{lu} = 1/5$ [Hz]、 $f_{ll} = 1/6$ [Hz] とした。高振動数側の遮断振動数は変位の計算に影響が少ないことを考慮して、 $f_{ul} = 20$ [Hz]、 $f_{uu} = 21$ [Hz] とした。また、式 (3.4) 中の振幅特性の補正関数 $R(f)$ および位相特性の補正関数 $\phi(f)$ は、それぞれ、次のように表される。

$$R(f) = \sqrt{\left\{ \frac{1 - (f/f_0)^2}{2hf/f_0} \right\}^2 + 1} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

$$\phi(f) = \tan^{-1} \left\{ \frac{2hf/f_0}{1 - (f/f_0)^2} \right\} \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

ここで、 f_0 および h は、それぞれ、換振器の固有振動数および減衰定数であり、その値は表 3.1 に示すとおりである。

3.2 地震時地盤ひずみの計算法^{7),12)}

いま、図 3.1 に示すように、 xyz 座標系において i, j, m, p の 4 点から構成される 4 面体を考え、4 点での x, y, z 方向の変位がそれぞれ与えられているとする。ここで、有限要素法の手法を用いることにより、4 面体内の変位 $u(t), v(t), w(t)$ を次式のように x, y, z の一次関数で仮定する¹³⁾

$$\begin{aligned} u &= \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y + \alpha_4 z \\ v &= \alpha_5 + \alpha_6 x + \alpha_7 y + \alpha_8 z \\ w &= \alpha_9 + \alpha_{10} x + \alpha_{11} y + \alpha_{12} z \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (3.9)$$

ここで、 α_i ($i=1\sim 12$) は未定定数であるが、4 点の座標を与えることにより定めることができ、式 (3.9) は次のようになる。

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} = \frac{1}{6V} \begin{bmatrix} u_i & u_j & u_m & u_p \\ v_i & v_j & v_m & v_p \\ w_i & w_j & w_m & w_p \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_i + b_i x + c_i y + d_i z \\ a_j + b_j x + c_j y + d_j z \\ a_m + b_m x + c_m y + d_m z \\ a_p + b_p x + c_p y + d_p z \end{Bmatrix} \quad \dots\dots\dots (3.10)$$

ここで、

x_k, y_k, z_k : k 点の x, y, z 座標 ($k=i, j, m, p$)

$$a_i = \begin{vmatrix} x_j & y_j & z_j \\ x_m & y_m & z_m \\ x_p & y_p & z_p \end{vmatrix}, \quad b_i = - \begin{vmatrix} 1 & y_j & z_j \\ 1 & y_m & z_m \\ 1 & y_p & z_p \end{vmatrix}, \quad c_i = - \begin{vmatrix} x_j & 1 & z_j \\ x_m & 1 & z_m \\ x_p & 1 & z_p \end{vmatrix}, \quad d_i = - \begin{vmatrix} x_j & y_j & 1 \\ x_m & y_m & 1 \\ x_p & y_p & 1 \end{vmatrix} \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

他の定数 a_k, b_k, c_k, d_k ($k=j, m, p$) は j, m, p の順に添字を変化させることにより求められる。

$$6V = \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i & z_i \\ 1 & x_j & y_j & z_j \\ 1 & x_m & y_m & z_m \\ 1 & x_p & y_p & z_p \end{vmatrix} \quad \dots\dots\dots (3.12)$$

いま、地盤ひずみ $\{\epsilon\}$ を次式で定義する。

$$\{\epsilon\} = \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial z} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{Bmatrix} \quad \dots\dots\dots (3.13)$$

式 (3.10) を式 (3.13) に代入すると、次のようになる。

$$\begin{aligned} \{\epsilon\} &= [B] \{\delta\} \\ &= [B_i, B_j, B_m, B_p] \{\delta\} \quad \dots\dots\dots (3.14) \end{aligned}$$

ここで,

$$[B_k] = \frac{1}{6V} \begin{bmatrix} b_k & 0 & 0 \\ 0 & c_k & 0 \\ 0 & 0 & d_k \\ c_k & b_k & 0 \\ 0 & d_k & c_k \\ d_k & 0 & b_k \end{bmatrix} \quad (k=i, j, m, p) \quad \dots\dots\dots (3.15)$$

$$\{\delta\} = \{\delta_i, \delta_j, \delta_m, \delta_p\}^T \quad \dots\dots\dots (3.16)$$

$$\{\delta_k\} = \{u_k, v_k, w_k\}^T \quad (k=i, j, m, p) \quad \dots\dots\dots (3.17)$$

ここで, $u_k(t)$, $v_k(t)$, $w_k(t)$ は, それぞれ, k 点 ($k=i, j, m, p$) における x, y, z 方向の変位である。式 (3.14) によるひずみ $\{\epsilon\}$ は, 式 (3.9) のように変位を座標の 1 次関数で表わしているため, i, j, m, p の 4 点から構成される 4 面体内では一定となり, この意味では, 本解析で求められるひずみは 4 面体内の平均的なひずみに相当する。

表 3.1 換振器の固有振動数および減衰定数

換 振 器 チャンネル ¹⁾	固有振動数 f_0 (Hz)	減 衰 定 数	
		$f \leq f_0$	$f_0 \leq f$
1 ~ 39 ²⁾	5	100	50
40 ~ 60 ³⁾	5	50	50

1) 表 2.3 参照

2) 昭和57年9月16日までは1~36チャンネル

3) 昭和57年9月16日までは37~60チャンネル

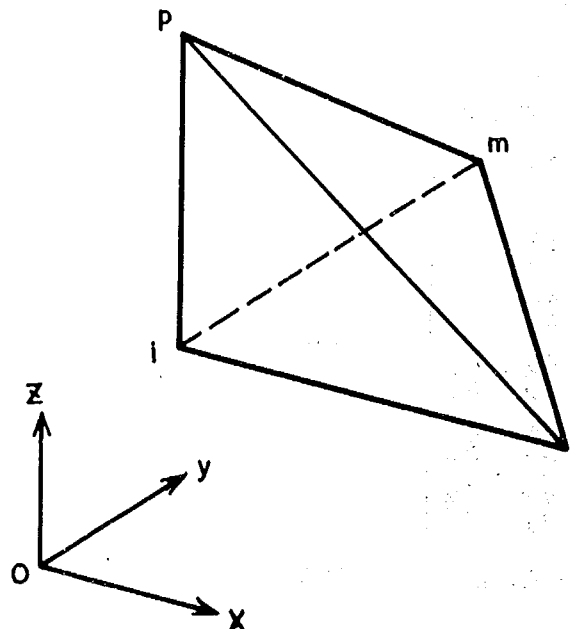


図 3.1 座標軸と 4 観測点から構成される 4 面体の定義

4. 地震時地盤ひずみの試算

4.1 地震時地盤ひずみの試算^{14),15),16)}

3.2節に示した手法により、三次元同時地震観測記録をもとに、地震時に地盤中に生じるひずみを計算した。解析の対象とした記録は表2.6に示した50記録のうち次に示す15記録を除く、計35記録である。

i) EQ-13と同一の地震をアナログデータレコーダを用いて収録した記録

EQ-12

ii) 昭和59年7月現在、地震の諸元が不明である記録

EQ-46～EQ-50

iii) マグニチュード4未満の地震による記録

EQ-3, EQ-4, EQ-5, EQ-8, EQ-17, EQ-19, EQ-25, EQ-41

このうち、昭和55年9月24日以前の記録(EQ-1～EQ-11)は表2.3に示した1～32チャンネルまでのアナログデータレコーダを用いた暫定的な収録システムによる記録であり、A地区ではA2C0点を除く地表および深度2mの観測点での記録が得られていない。また、B地区ではB53S1の観測点での記録が得られていない。したがって、これらの地震に対しては、図4.1(a)に示すように、A2C0を頂点とし、A46C0, A47N2, A47E2, A45S2, A46W2の6点で構成される4個の4面体(A2C0およびA46C0は共有する)を想定し、これらに対して地盤ひずみを求めることとした。以下、この地盤ひずみをA地区下部ひずみと呼ぶことにする。

一方、昭和55年9月25日以後の記録(EQ-13～)については全観測点での記録が得られている。したがって、これらの地震に対しては上述の下部ひずみの他に、図4.1(b)に示すように、A46C0を頂点とし、A2C0, A2N2, A2E2, A2S2, A2W2の6点で構成される4個の4面体を想定し、地盤ひずみを求めることとした。以下、このひずみをA地区上部ひずみと呼ぶことにする。ただし、昭和57年9月16日以前の記録(EQ-13～EQ-22)についてはA2W2の位置ではなくA0E1に換振器が設置されていたので、A2W2ではなくA0W1の記録を用いることとした。また、B地区については、図4.1(c)に示すように、B2C0, B53C0, B53S1, B52W1の4点およびB96C0, B53C0, B53S1, B52W1の4点から構成される2個の4面体を想定し、地盤ひずみを求めることとした。以下、このひずみをB地区下部ひずみと呼ぶことにする。

以上のようにして、式(3.14)より地盤ひずみ $\{\epsilon\}$ を求めた。なお以下では、地中構造物の耐震設計上重要な水平面内の伸縮ひずみ (ϵ_x, ϵ_y) およびせん断ひずみ (γ_{xy}) の解析を中心とする。一例として、EQ-28の場合について、地盤ひずみの波形、このもととなった加速度および変位の波形を示すと、それぞれ、図4.2、図4.3および図4.4のようになる。また、各記録について地盤ひずみの最大値を示すと表4.1のようになる。ここで、 $[\]$ を付けた値は以後の解析に使用しない不良なひずみを表している。不良なひずみが生じる原因としては、図4.5に示すように加速度測定時の感度が正常でない場合、図4.6に示すように加速度記録の0点がずれている場合などが挙げられる。なお、表2.6に示した全記録をもとに式(3.14)より求めた全ひずみ成分の最大値は付属資料1に示すとおりである。

4.2 地盤ひずみと速度の関係

いま、座標軸 x に沿って、波動が速度 V で伝播するものと仮定すると、波動の変位振幅を $d(t, x)$ とすれば、時間微分と空間微分の互換性により伸縮ひずみ ϵ_x は次のように表される。

$$\begin{aligned}\epsilon_x &= \frac{\partial d}{\partial x} \\ &= -\frac{1}{V} \frac{\partial d}{\partial t} \dots\dots\dots (4.1) \\ &= -\frac{v}{V}\end{aligned}$$

したがって、ひずみ ϵ_x は速度 v に比例することになる。同様の関係は、他のひずみ成分についても成り立つ。本解析では、ひずみとしては、A地区下部ひずみ、A地区上部ひずみ、B地区下部ひずみの各々に対して、それぞれ、図4.1に示した4個もしくは2個の4面体中のひずみの最大値を平均した値を用いるものとする。また、速度としては、A地区下部ひずみの場合にはA46C0点、A地区上部ひずみの場合にはA2C0点、B地区下部ひずみの場合にはB53C0点における最大速度を用いるものとして、最大ひずみと最大速度の関係を求めると、図4.7に示すようになる。なお、最大速度の一覧は付属資料2に示す。また、最小二乗法により、最大ひずみと最大速度の関係を求めると、次のようになる。

$$\begin{aligned}\epsilon_x &= 13.3 \times v^{0.427} \times 10^{-6} \quad (v = v_x^{A46C0} \text{ [cm/sec]}) \\ \epsilon_y &= 14.7 \times v^{0.553} \times 10^{-6} \quad (v = v_y^{A46C0} \text{ [cm/sec]}) \\ r_{xy} &= 19.5 \times v^{0.531} \times 10^{-6} \quad (v = \frac{1}{2}(v_x^{A46C0} + v_y^{A46C0}) \text{ [cm/sec]})\end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned}\epsilon_x \\ \epsilon_y \\ r_{xy}\end{aligned}} \right\} \text{A地区下部ひずみ} \dots\dots (4.2)$$

$$\begin{aligned}\epsilon_x &= 20.1 \times v^{0.859} \times 10^{-6} \quad (v = v_x^{A2C0} \text{ [cm/sec]}) \\ \epsilon_y &= 16.8 \times v^{0.678} \times 10^{-6} \quad (v = v_y^{A2C0} \text{ [cm/sec]}) \\ r_{xy} &= 23.9 \times v^{1.031} \times 10^{-6} \quad (v = \frac{1}{2}(v_x^{A2C0} + v_y^{A2C0}) \text{ [cm/sec]})\end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned}\epsilon_x \\ \epsilon_y \\ r_{xy}\end{aligned}} \right\} \text{A地区上部ひずみ} \dots\dots (4.3)$$

$$\begin{aligned}\epsilon_x &= 10.5 \times v^{0.613} \times 10^{-6} \quad (v = v_x^{B53C0} \text{ [cm/sec]}) \\ \epsilon_y &= 12.5 \times v^{0.643} \times 10^{-6} \quad (v = v_y^{B53C0} \text{ [cm/sec]}) \\ r_{xy} &= 18.7 \times v^{0.542} \times 10^{-6} \quad (v = \frac{1}{2}(v_x^{B53C0} + v_y^{B53C0}) \text{ [cm/sec]})\end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned}\epsilon_x \\ \epsilon_y \\ r_{xy}\end{aligned}} \right\} \text{B地区下部ひずみ} \dots\dots (4.4)$$

図4.6 および式(4.2)～(4.4)より次の事項が指摘できる。

(I) A地区下部ひずみ、A地区上部ひずみ、B地区下部ひずみのいずれの場合にも、 ϵ_x の回帰式と ϵ_y の回帰式は相互に比較的良好に一致している。したがって、土木研究所構内で得られた記録をもとに計算した伸縮ひずみについては明確な方向性は認められないといえることができる。

(II) A地区下部ひずみとB地区下部ひずみを比較すると ϵ_x 、 ϵ_y 、 r_{xy} いずれの成分についても比較的良好に一致している。これは土木研究所構内の地盤条件が比較的一様であり、A、B両地区間で地盤ひずみに大きな違いが生じないためと考えられる。

(III) A地区下部ひずみとA地区上部ひずみの回帰式を比較すると、定数項および v のべき乗項のいずれについても後者の方が大きく、地盤中でひずみが増幅される傾向が認められる。

(IV) v のべき乗項は、一般に、1より小さく、式(4.1)のように1とはならない。

表 4.1 (1) 地盤ひずみの最大値

(a) $\epsilon_x (\times 10^{-6})$

	ゾーン ¹⁾	EQ-1	EQ-2	EQ-6	EQ-7	EQ-9
A地区 下部ひずみ	I	5.9 (23.42) ³⁾	6.7 (1.79)	8.3 (1.47)	4.0 (14.89)	4.6 (9.22)
	II	11.7 (23.60)	10.6 (8.90)	24.4 (3.69)	6.9 (3.24)	8.3 (21.44)
	III	11.7 (23.60)	10.6 (8.90)	24.4 (3.69)	6.9 (3.24)	8.3 (21.44)
	IV	5.9 (23.42)	6.7 (1.79)	8.3 (1.47)	4.0 (14.89)	4.6 (9.22)
	平均	8.8	8.7	16.4	5.5	6.5
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
	平均	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	平均	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-10	EQ-11	EQ-13	EQ-14	EQ-15
A地区 下部ひずみ	I	8.7 (57.10)	12.4 (18.21)	9.4 (22.32)	4.4 (15.14)	3.2 (3.79)
	II	60.0 (15.90)	[71.0] ³⁾ (7.88)	10.9 (56.61)	15.4 (10.48)	[5.6] (0.01)
	III	60.0 (15.90)	[71.0] (7.88)	10.9 (56.61)	15.4 (10.48)	[5.6] (0.01)
	IV	8.7 (57.10)	12.4 (18.21)	9.4 (22.32)	4.4 (15.14)	3.2 (3.79)
	平均	34.4	12.4	10.2	9.9	3.2
A地区 上部ひずみ	I	—	—	27.4 (21.00)	12.7 (10.59)	5.9 (34.27)
	II	—	—	40.8 (12.57)	19.1 (10.35)	10.3 (0.16)
	III	—	—	36.6 (12.56)	16.7 (8.83)	10.0 (0.15)
	IV	—	—	24.4 (21.00)	10.5 (10.59)	4.6 (34.27)
	平均	—	—	32.3	14.8	7.7
B地区 下部ひずみ	I	—	—	11.2 (24.78)	4.2 (41.86)	[7.3] (0.01)
	II	—	—	11.6 (24.79)	4.3 (41.86)	[7.5] (0.01)
	平均	—	—	11.4	4.3	—

1) 図 4.1 参照

2) () 内は最大値をとる時刻 (単位: 秒)

3) [] を付けたひずみは不良

表 4. 1 (2) 地盤ひずみの最大値

(a) $\epsilon_x (\times 10^{-6})$

	ゾーン	EQ-16	EQ-18	EQ-20	EQ-21	EQ-22
A地区 下部ひずみ	I	7.5 (26.37)	4.3 (16.96)	7.5 (1.21)	9.5 (9.58)	57.3 (32.81)
	II	9.8 (26.27)	5.3 (16.82)	[4.3] (0.01)	11.7 (9.65)	51.3 (34.22)
	III	9.8 (26.27)	5.3 (16.82)	[4.3] (0.01)	11.7 (9.65)	51.3 (34.22)
	IV	7.5 (26.37)	4.3 (16.96)	7.5 (1.21)	9.5 (9.58)	57.4 (32.81)
	平均	8.7	4.8	7.5	10.6	54.3
A地区 上部ひずみ	I	41.8 (9.96)	8.6 (12.17)	[10.7] (0.01)	35.3 (12.21)	114.1 (30.21)
	II	[83.6] (9.95)	16.0 (10.69)	[25.4] (0.01)	42.1 (9.98)	147.0 (36.61)
	III	[67.9] (9.95)	14.5 (10.59)	[29.8] (0.01)	38.7 (9.97)	139.4 (36.61)
	IV	30.7 (8.97)	7.1 (12.17)	[12.1] (0.01)	31.1 (17.87)	101.0 (30.21)
	平均	36.3	11.6	—	36.8	125.4
B地区 下部ひずみ	I	10.1 (19.77)	3.5 (19.22)	3.1 (24.61)	8.4 (22.73)	54.5 (36.27)
	II	10.0 (19.77)	3.5 (19.22)	3.1 (24.60)	8.6 (10.47)	53.4 (36.27)
	平均	10.1	3.5	3.1	8.5	54.0

	ゾーン	EQ-23	EQ-24	EQ-26	EQ-27	EQ-28
A地区 下部ひずみ	I	5.1 (32.42)	[4.4] (0.01)	6.7 (1.30)	5.5 (1.17)	34.7 (20.89)
	II	6.5 (17.71)	9.8 (16.71)	10.3 (11.44)	5.9 (9.10)	38.9 (22.16)
	III	6.5 (17.71)	9.8 (16.71)	10.3 (11.44)	5.9 (9.10)	38.9 (22.16)
	IV	5.1 (32.42)	[4.4] (0.01)	6.7 (1.30)	5.5 (1.17)	34.7 (20.89)
	平均	5.8	9.8	8.5	5.7	36.8
A地区 上部ひずみ	I	[10.2] (10.01)	[10.0] (16.73)	[16.3] (0.01)	[14.5] (0.01)	189.2 (9.24)
	II	[37.0] (1.35)	[35.4] (0.01)	[20.2] (0.01)	8.4 (11.45)	169.2 (9.22)
	III	[32.1] (1.35)	[30.5] (1.37)	[16.2] (0.01)	7.4 (37.36)	140.8 (9.21)
	IV	[13.9] (0.01)	[14.4] (0.01)	[20.5] (0.01)	[15.2] (0.01)	150.3 (9.24)
	平均	—	—	—	7.9	162.4
B地区 下部ひずみ	I	3.0 (1.63)	2.8 (16.92)	3.1 (1.55)	3.1 (7.13)	28.6 (24.31)
	II	3.0 (1.63)	2.9 (16.91)	3.2 (1.55)	3.2 (7.13)	28.2 (24.32)
	平均	3.0	2.9	3.2	3.2	28.4

表 4.1 (3) 地盤ひずみの最大値

(a) $\epsilon_x (\times 10^{-6})$

	ゾーン	EQ-29	EQ-30	EQ-31	EQ-32	EQ-33
A地区 下部ひずみ	I	[4.9] (0.01)	5.2 (19.31)	5.4 (12.34)	9.7 (3.36)	——
	II	4.3 (25.43)	7.4 (7.09)	[7.7] (0.02)	7.3 (37.34)	[2.2] (6.90)
	III	4.3 (25.43)	7.4 (7.09)	[7.7] (0.02)	7.3 (37.34)	[2.2] (6.90)
	IV	[4.9] (0.01)	5.2 (19.31)	5.4 (12.34)	9.7 (3.36)	——
	平均	4.3	6.3	5.4	8.5	——
A地区 上部ひずみ	I	[9.9] (0.01)	[11.1] (0.01)	[12.8] (0.01)	[20.8] (9.89)	[7.8] (7.11)
	II	[35.9] (0.01)	[23.8] (0.01)	[27.8] (10.21)	[33.6] (10.37)	[42.5] (0.01)
	III	[31.2] (0.01)	[19.2] (0.01)	[24.5] (10.21)	[28.9] (10.37)	[36.8] (0.01)
	IV	[15.4] (0.01)	[16.1] (0.01)	[14.0] (0.01)	[19.4] (9.96)	[11.7] (0.01)
	平均	——	——	——	——	——
B地区 下部ひずみ	I	2.6 (1.83)	3.1 (26.76)	4.4 (27.07)	3.0 (29.40)	[6.7] (0.01)
	II	2.6 (1.83)	3.2 (26.76)	4.5 (32.88)	3.0 (29.40)	[6.8] (0.01)
	平均	2.6	3.2	4.5	3.0	——

	ゾーン	EQ-34	EQ-36	EQ-38	EQ-39	EQ-40
A地区 下部ひずみ	I	5.4 (1.27)	[2.8] (0.01)	3.2 (16.48)	10.5 (56.28)	2.5 (0.95)
	II	10.1 (7.56)	5.2 (9.19)	5.4 (25.71)	10.0 (60.54)	4.2 (17.32)
	III	10.1 (7.56)	5.2 (9.19)	5.4 (25.71)	10.0 (60.54)	4.2 (17.32)
	IV	5.4 (1.27)	[2.8] (0.01)	3.2 (16.48)	10.5 (56.28)	2.5 (0.95)
	平均	7.8	5.2	4.3	10.3	3.4
A地区 上部ひずみ	I	[23.1] (0.01)	[11.4] (1.29)	[15.8] (1.30)	29.5 (57.37)	[15.9] (0.01)
	II	[21.8] (31.16)	[36.0] (0.01)	[34.9] (0.01)	[41.1] (0.01)	[22.6] (0.02)
	III	[22.2] (31.16)	[31.7] (0.01)	[30.6] (0.01)	[36.2] (0.01)	[18.7] (0.02)
	IV	[26.4] (0.01)	[16.4] (0.01)	[19.5] (1.32)	25.0 (57.37)	[20.0] (0.01)
	平均	——	——	——	27.3	——
B地区 下部ひずみ	I	12.3 (11.45)	[3.8] (0.01)	6.7 (20.08)	8.7 (59.98)	7.3 (17.09)
	II	13.0 (11.45)	[4.0] (0.01)	6.9 (20.09)	9.1 (59.98)	7.4 (17.09)
	平均	12.7	——	6.8	8.9	7.4

表 4.1 (4) 地盤ひずみの最大値

(a) $\epsilon_x (\times 10^{-6})$

	ゾーン	EQ-42	EQ-43	EQ-44	EQ-45
A地区 下部ひずみ	I	3.4 (25.76)	5.4 (20.06)	4.1 (10.51)	22.1 (24.96)
	II	[4.7] (0.02)	9.5 (32.30)	6.7 (11.64)	25.4 (25.55)
	III	[4.7] (0.02)	9.5 (32.30)	6.7 (11.64)	25.4 (25.55)
	IV	3.4 (25.76)	5.4 (20.06)	4.1 (10.51)	22.1 (24.96)
	平均	3.4	7.5	5.4	23.8
A地区 上部ひずみ	I	14.7 (10.20)	21.8 (32.33)	[19.6] (8.97)	81.4 (9.84)
	II	[22.3] (0.01)	[36.2] (10.46)	[23.4] (0.03)	84.9 (9.85)
	III	[19.6] (0.01)	[31.5] (10.46)	[19.5] (0.04)	68.1 (9.85)
	IV	16.7 (10.38)	21.0 (32.33)	[23.0] (0.01)	60.1 (9.84)
	平均	15.7	21.4	——	73.6
B地区 下部ひずみ	I	6.3 (20.70)	7.8 (55.76)	5.5 (19.04)	19.3 (23.53)
	II	6.4 (20.70)	8.0 (55.76)	5.7 (19.04)	19.3 (23.52)
	平均	6.4	7.9	5.6	19.3

表 4.1 (5) 地盤ひずみの最大値

(b) $\epsilon_y (\times 10^{-6})$

	ゾーン	EQ-1	EQ-2	EQ-6	EQ-7	EQ-9
A地区 下部ひずみ	I	5.8 (23.72)	7.9 (13.53)	9.0 (12.77)	5.3 (4.81)	5.0 (22.13)
	II	5.7 (23.72)	7.9 (13.53)	9.0 (12.77)	5.3 (4.81)	5.0 (22.13)
	III	7.9 (32.70)	7.9 (43.66)	10.6 (10.56)	5.5 (20.80)	4.8 (13.97)
	IV	7.9 (32.70)	7.9 (43.66)	10.6 (10.56)	5.5 (20.80)	4.8 (13.97)
	平均	6.8	7.9	9.8	5.4	4.9
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
	平均	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	平均	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-10	EQ-11	EQ-13	EQ-14	EQ-15
A地区 下部ひずみ	I	37.6 (11.95)	[29.1] (7.68)	14.3 (25.93)	5.4 (33.89)	3.7 (21.81)
	II	37.5 (11.95)	[29.1] (7.68)	14.3 (25.93)	5.4 (33.89)	3.7 (21.81)
	III	22.7 (15.85)	21.7 (22.13)	17.3 (35.06)	12.7 (10.45)	7.0 (22.63)
	IV	22.7 (15.85)	21.7 (22.13)	17.3 (35.06)	12.7 (10.45)	7.0 (22.63)
	平均	30.1	21.7	15.8	9.1	5.4
A地区 上部ひずみ	I	—	—	17.9 (22.01)	13.9 (10.51)	6.4 (12.32)
	II	—	—	13.6 (30.34)	[10.8] (10.51)	4.9 (12.32)
	III	—	—	14.9 (26.49)	[10.7] (10.53)	4.3 (14.73)
	IV	—	—	14.6 (59.40)	12.8 (10.52)	5.6 (14.73)
	平均	—	—	15.3	13.4	5.3
B地区 下部ひずみ	I	—	—	11.3 (55.46)	4.8 (29.79)	4.5 (3.89)
	II	—	—	11.3 (55.46)	4.7 (29.79)	4.4 (3.89)
	平均	—	—	11.3	4.8	4.5

表 4.1 (6) 地盤ひずみの最大値

(b) $\epsilon_y (\times 10^{-6})$

	ゾーン	EQ-16	EQ-18	EQ-20	EQ-21	EQ-22
A地区 下部ひずみ	I	11.9 (26.84)	4.0 (26.98)	3.1 (26.01)	10.0 (27.07)	42.2 (45.48)
	II	11.9 (26.84)	4.0 (26.98)	3.1 (26.01)	10.0 (27.07)	42.2 (45.48)
	III	15.4 (30.68)	4.3 (21.47)	[7.5] (0.01)	24.0 (9.68)	53.5 (35.01)
	IV	15.4 (30.68)	4.3 (21.47)	[7.5] (0.01)	24.0 (9.68)	53.5 (35.01)
	平均	13.7	4.2	3.1	17.0	47.9
A地区 上部ひずみ	I	32.0 (8.02)	9.7 (12.54)	[76.1] (6.88)	[28.7] (11.01)	[416.3] (36.18)
	II	23.9 (8.03)	8.0 (12.54)	[73.0] (6.88)	[25.0] (0.01)	[365.1] (36.15)
	III	23.4 (8.03)	4.5 (12.32)	[12.1] (0.01)	[25.8] (0.01)	39.5 (36.37)
	IV	29.2 (8.03)	6.0 (10.70)	[8.0] (1.49)	[26.0] (0.01)	69.4 (31.91)
	平均	27.1	7.1	——	——	54.5
B地区 下部ひずみ	I	9.7 (28.99)	3.5 (26.27)	2.5 (15.32)	15.8 (10.72)	67.7 (36.41)
	II	9.7 (28.99)	3.5 (26.27)	2.5 (15.32)	15.9 (10.72)	67.4 (36.41)
	平均	9.7	3.5	2.5	15.9	67.6

	ゾーン	EQ-23	EQ-24	EQ-26	EQ-27	EQ-28
A地区 下部ひずみ	I	[12.4] (0.01)	5.0 (16.99)	[7.9] (0.01)	[10.0] (0.01)	30.0 (25.45)
	II	[12.4] (0.01)	5.0 (16.99)	[7.9] (0.01)	[10.0] (0.01)	30.0 (25.45)
	III	5.0 (22.71)	10.2 (16.95)	5.9 (1.40)	[4.9] (0.01)	72.2 (9.49)
	IV	5.0 (22.71)	10.2 (16.95)	5.9 (1.40)	[4.9] (0.01)	72.3 (9.49)
	平均	5.0	7.6	5.9	——	51.1
A地区 上部ひずみ	I	[14.3] (1.33)	[16.0] (0.01)	8.1 (21.80)	12.2 (7.41)	87.0 (9.09)
	II	[10.8] (1.33)	[12.7] (0.03)	6.6 (21.80)	9.6 (7.41)	72.1 (9.11)
	III	[19.7] (0.01)	[22.3] (0.01)	[21.7] (0.01)	8.4 (7.41)	66.4 (21.32)
	IV	[21.9] (1.36)	[24.5] (0.01)	[21.7] (0.01)	10.3 (7.41)	77.6 (21.32)
	平均	——	——	7.4	10.1	75.8
B地区 下部ひずみ	I	4.0 (1.47)	4.1 (1.29)	3.7 (17.18)	[4.2] (0.01)	38.1 (23.41)
	II	4.0 (1.47)	4.0 (1.29)	3.7 (17.18)	[4.2] (0.01)	38.0 (23.41)
	平均	4.0	4.1	3.7	——	38.1

表 4.1(7) 地盤ひずみの最大値

(b) $\epsilon_y (\times 10^{-6})$

	ゾーン	EQ-29	EQ-30	EQ-31	EQ-32	EQ-33
A地区 下部ひずみ	I	5.0 (1.47)	5.2 (15.78)	6.8 (46.07)	10.4 (34.13)	——
	II	5.0 (1.47)	5.2 (15.78)	6.8 (46.07)	10.4 (34.13)	——
	III	[4.9] (0.01)	[7.7] (0.01)	9.4 (37.36)	8.0 (19.46)	[6.2] (6.84)
	IV	[4.9] (0.01)	[7.7] (0.01)	9.4 (37.36)	8.0 (19.46)	[6.2] (6.84)
	平均	5.0	5.2	8.1	9.2	——
A地区 上部ひずみ	I	[13.7] (1.29)	[8.0] (1.28)	14.4 (10.31)	[16.5] (10.30)	[27.3] (0.01)
	II	[10.3] (1.32)	[6.6] (1.33)	11.3 (10.32)	[12.8] (10.30)	[21.4] (0.01)
	III	[18.8] (0.01)	[24.3] (0.01)	16.2 (10.34)	[17.2] (10.22)	[29.4] (0.01)
	IV	[21.0] (1.33)	[25.2] (0.01)	18.4 (10.34)	[20.2] (10.22)	[33.7] (0.01)
	平均	——	——	15.1	——	——
B地区 下部ひずみ	I	[5.2] (0.01)	5.6 (1.31)	6.7 (26.20)	5.1 (37.22)	3.6 (25.18)
	II	[5.2] (0.01)	5.6 (1.31)	6.7 (26.20)	5.1 (37.22)	3.6 (25.18)
	平均	——	5.6	6.7	5.1	3.6

	ゾーン	EQ-34	EQ-36	EQ-38	EQ-39	EQ-40
A地区 下部ひずみ	I	[7.7] (0.01)	2.2 (11.38)	3.6 (1.22)	8.7 (79.82)	[4.2] (0.01)
	II	[7.7] (0.01)	2.2 (11.38)	3.6 (1.22)	8.7 (79.82)	[4.3] (0.01)
	III	8.7 (9.19)	5.8 (7.66)	4.4 (10.77)	15.3 (73.48)	5.6 (16.97)
	IV	8.7 (9.19)	5.8 (7.66)	4.4 (10.77)	15.3 (73.48)	5.6 (16.97)
	平均	8.7	4.0	4.0	12.0	5.6
A地区 上部ひずみ	I	[14.8] (11.33)	[21.8] (0.01)	[16.2] (0.01)	40.5 (58.32)	[10.4] (0.01)
	II	[12.4] (8.06)	[17.0] (0.01)	[12.5] (0.01)	34.3 (58.33)	[8.0] (0.01)
	III	[22.2] (1.36)	[22.3] (0.01)	[18.5] (0.01)	[24.8] (0.01)	[24.4] (0.01)
	IV	[23.2] (1.36)	[25.8] (0.01)	[21.2] (0.01)	[28.5] (0.01)	[26.0] (0.01)
	平均	——	——	——	37.4	——
B地区 下部ひずみ	I	14.1 (11.50)	4.2 (17.35)	5.5 (22.02)	10.3 (92.49)	7.9 (16.95)
	II	14.0 (11.50)	4.2 (17.27)	5.5 (22.19)	10.2 (92.49)	7.9 (16.94)
	平均	14.1	4.2	5.5	10.3	7.9

表 4.1 (8) 地盤ひずみの最大値

(b) $\epsilon_y (\times 10^{-6})$

	ゾーン	EQ-42	EQ-43	EQ-44	EQ-45
A地区 下部ひずみ	I	5.0 (23.18)	6.7 (30.95)	7.7 (1.16)	23.2 (24.64)
	II	5.0 (23.18)	6.7 (30.95)	7.7 (1.16)	23.2 (24.64)
	III	8.5 (48.45)	12.4 (19.93)	8.4 (11.95)	43.6 (24.49)
	IV	8.5 (48.45)	12.4 (19.93)	8.4 (11.95)	43.6 (24.49)
	平均	6.8	9.6	8.1	33.4
A地区 上部ひずみ	I	(12.4) (0.05)	19.7 (9.85)	(10.6) (0.01)	94.8 (8.41)
	II	(9.6) (0.06)	(15.1) (9.85)	(8.7) (11.80)	74.5 (8.41)
	III	(12.5) (0.04)	(17.3) (9.87)	(24.8) (0.01)	72.9 (8.42)
	IV	(14.6) (0.04)	20.8 (9.86)	(26.6) (0.01)	88.3 (8.42)
	平均	——	20.3	——	82.6
B地区 下部ひずみ	I	7.7 (20.80)	9.0 (47.10)	4.7 (18.67)	21.2 (26.29)
	II	7.7 (20.80)	9.0 (47.10)	(28.2) (8.22)	21.1 (26.28)
	平均	7.7	9.0	4.7	21.2

表 4.1 (9) 地盤ひずみの最大値

(c) $\gamma_{xy} (\times 10^{-6})$

	ゾーン	EQ-1	EQ-2	EQ-6	EQ-7	EQ-9
A地区 下部ひずみ	I	10.5 (22.71)	8.8 (35.85)	6.4 (12.94)	7.2 (18.24)	7.2 (16.15)
	II	16.1 (20.25)	19.2 (8.50)	34.0 (13.48)	7.7 (3.76)	8.7 (4.54)
	III	16.3 (26.97)	21.5 (11.54)	38.1 (13.50)	8.2 (16.78)	9.0 (4.65)
	IV	5.0 (5.73)	8.7 (10.13)	8.9 (31.28)	5.7 (3.49)	5.7 (16.91)
	平均	12.0	14.6	21.9	7.2	7.7
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
	平均	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	平均	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-10	EQ-11	EQ-13	EQ-14	EQ-15
A地区 下部ひずみ	I	10.8 (22.34)	20.7 (23.32)	13.1 (26.47)	6.6 (25.17)	6.6 (19.84)
	II	93.8 (12.02)	[65.1] (7.67)	12.8 (22.86)	14.6 (10.50)	7.1 (26.38)
	III	105.4 (11.98)	[83.0] (7.66)	19.9 (49.20)	26.8 (10.50)	[10.3] (0.01)
	IV	17.9 (11.68)	16.1 (31.40)	19.1 (22.17)	13.9 (10.38)	6.1 (10.28)
	平均	57.0	18.4	16.2	15.5	6.6
A地区 上部ひずみ	I	—	—	35.7 (11.96)	23.0 (10.22)	[9.3] (0.01)
	II	—	—	37.7 (24.06)	22.4 (12.77)	[16.9] (0.01)
	III	—	—	50.2 (24.04)	29.0 (10.25)	[19.0] (7.10)
	IV	—	—	34.1 (26.07)	9.0 (12.15)	7.2 (32.89)
	平均	—	—	39.4	20.9	7.2
B地区 下部ひずみ	I	—	—	15.9 (71.59)	7.7 (10.55)	[10.3] (0.01)
	II	—	—	16.1 (71.59)	7.7 (10.55)	[10.4] (0.01)
	平均	—	—	16.0	7.7	—

表 4.1 (10) 地盤ひずみの最大値

(c) $\gamma_{xy} (\times 10^{-6})$

	ゾーン	EQ-16	EQ-18	EQ-20	EQ-21	EQ-22
A地区 下部ひずみ	I	9.8 (20.85)	6.3 (19.17)	5.0 (18.61)	11.9 (20.24)	49.0 (36.02)
	II	14.4 (19.33)	5.7 (18.88)	4.6 (27.82)	18.0 (19.84)	48.9 (27.72)
	III	18.1 (36.70)	7.1 (12.10)	5.0 (18.51)	27.1 (9.59)	160.2 (32.87)
	IV	14.6 (36.68)	6.3 (16.93)	5.7 (4.90)	20.3 (19.68)	127.2 (32.89)
	平均	14.2	6.4	5.1	19.3	96.3
A地区 上部ひずみ	I	52.7 (8.06)	14.5 (10.41)	14.5 (6.99)	45.9 (11.50)	[323.0] (33.20)
	II	[108.0] (9.98)	14.2 (8.76)	[40.3] (0.01)	62.5 (9.92)	[432.8] (33.31)
	III	[58.9] (9.18)	17.9 (10.69)	[21.9] (0.01)	66.8 (9.88)	439.3 (33.18)
	IV	79.9 (9.98)	6.8 (27.13)	[17.1] (0.01)	40.5 (13.14)	219.8 (33.30)
	平均	66.3	13.4	14.5	53.9	329.6
B地区 下部ひずみ	I	20.4 (28.83)	5.1 (27.37)	5.1 (24.38)	14.2 (25.92)	95.7 (34.59)
	II	20.6 (28.83)	5.2 (27.38)	5.2 (24.38)	14.3 (25.92)	95.0 (34.60)
	平均	20.5	5.2	5.2	14.3	95.4

	ゾーン	EQ-23	EQ-24	EQ-26	EQ-27	EQ-28
A地区 下部ひずみ	I	7.0 (11.81)	5.3 (18.33)	7.8 (11.43)	6.4 (17.96)	49.0 (20.33)
	II	5.9 (1.54)	8.4 (19.62)	5.7 (11.50)	6.0 (1.33)	49.0 (20.47)
	III	7.2 (7.39)	18.9 (16.92)	11.6 (11.40)	[9.7] (0.01)	73.2 (20.96)
	IV	[12.4] (0.01)	7.6 (16.77)	12.0 (1.30)	[13.8] (0.01)	42.7 (19.66)
	平均	6.7	10.1	9.3	6.2	53.5
A地区 上部ひずみ	I	[17.6] (9.96)	[14.5] (16.92)	[20.2] (0.01)	[20.4] (0.01)	122.5 (21.30)
	II	[30.6] (0.01)	[36.9] (1.30)	[25.7] (0.01)	[14.1] (0.01)	173.4 (9.09)
	III	[75.8] (0.01)	[75.2] (0.01)	[61.0] (0.01)	[22.6] (0.01)	254.6 (9.34)
	IV	[58.4] (0.01)	[55.1] (0.01)	[60.8] (0.01)	[27.0] (0.01)	231.0 (9.27)
	平均	——	——	——	——	195.4
B地区 下部ひずみ	I	6.6 (14.26)	8.4 (16.85)	8.1 (17.16)	[7.4] (0.01)	52.9 (27.01)
	II	6.6 (14.26)	8.5 (16.85)	8.2 (17.16)	[7.6] (0.01)	52.9 (27.01)
	平均	6.6	8.5	8.2	——	52.9

表 4.1 (11) 地盤ひずみの最大値

(c) $\gamma_{xy} (\times 10^{-6})$

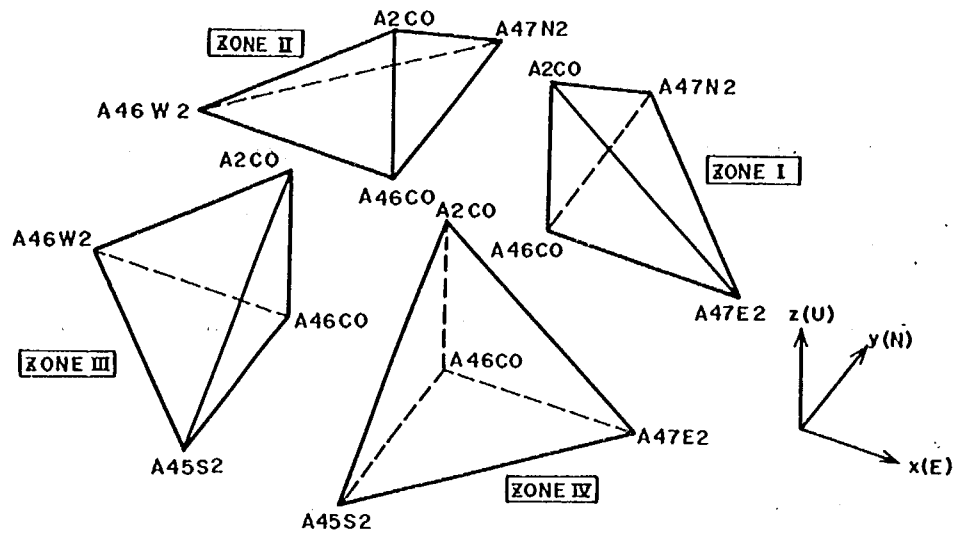
	ゾーン	EQ-29	EQ-30	EQ-31	EQ-32	EQ-33
A地区 下部ひずみ	I	5.2 (12.96)	[6.9] (0.01)	7.7 (12.73)	6.1 (31.75)	——
	II	5.7 (20.38)	4.9 (17.19)	8.4 (35.30)	11.5 (29.25)	[6.8] (6.87)
	III	7.9 (6.95)	[11.0] (7.13)	[10.9] (0.01)	9.8 (6.40)	[6.5] (1.51)
	IV	9.1 (6.63)	5.4 (6.94)	8.8 (24.99)	9.4 (29.22)	[3.1] (11.13)
	平均	7.0	5.2	8.3	9.2	——
A地区 上部ひずみ	I	[10.7] (17.36)	[14.9] (7.28)	[16.4] (23.92)	[22.7] (37.31)	[16.3] (0.01)
	II	[34.8] (1.34)	[27.7] (0.01)	[26.9] (10.27)	[36.6] (10.15)	[41.9] (1.37)
	III	[72.7] (0.01)	[67.9] (0.01)	[55.8] (10.32)	[64.3] (10.37)	[89.6] (0.01)
	IV	[56.6] (0.01)	[59.9] (0.01)	[36.7] (10.36)	[44.1] (10.56)	[51.5] (0.01)
	平均	——	——	——	——	——
B地区 下部ひずみ	I	[9.6] (0.01)	11.7 (1.37)	6.8 (18.88)	5.4 (7.68)	7.0 (16.94)
	II	[9.8] (0.01)	11.9 (1.37)	[6.7] (0.01)	5.4 (7.68)	7.1 (16.94)
	平均	——	11.8	6.8	5.4	7.1

	ゾーン	EQ-34	EQ-36	EQ-38	EQ-39	EQ-40
A地区 下部ひずみ	I	[5.6] (11.29)	1.9 (22.83)	[5.9] (0.01)	11.7 (77.18)	4.7 (1.02)
	II	[10.6] (0.01)	7.8 (7.28)	[12.0] (0.01)	13.3 (77.25)	[12.6] (0.01)
	III	13.5 (5.05)	11.5 (2.02)	[11.2] (0.01)	20.0 (55.99)	[10.3] (0.01)
	IV	10.0 (7.64)	6.0 (9.14)	[5.7] (11.61)	15.2 (57.13)	4.4 (17.13)
	平均	11.8	6.8	——	15.1	4.6
A地区 上部ひずみ	I	[34.1] (11.31)	[10.0] (9.25)	[13.7] (20.45)	37.6 (58.28)	[11.2] (0.01)
	II	[41.1] (0.01)	[42.5] (0.01)	[38.1] (0.01)	[46.5] (0.01)	[33.9] (0.01)
	III	[69.5] (0.01)	[79.2] (0.01)	[75.0] (0.01)	[88.2] (0.01)	[67.3] (0.01)
	IV	[55.8] (0.01)	[46.9] (0.01)	[51.0] (0.01)	[54.7] (0.01)	[52.7] (0.01)
	平均	——	——	——	37.6	——
B地区 下部ひずみ	I	[24.6] (11.52)	5.6 (17.38)	14.1 (20.49)	18.9 (58.92)	13.4 (17.02)
	II	[24.7] (11.52)	5.7 (17.38)	14.2 (20.49)	18.6 (58.92)	13.6 (17.02)
	平均	——	5.7	14.2	18.8	13.5

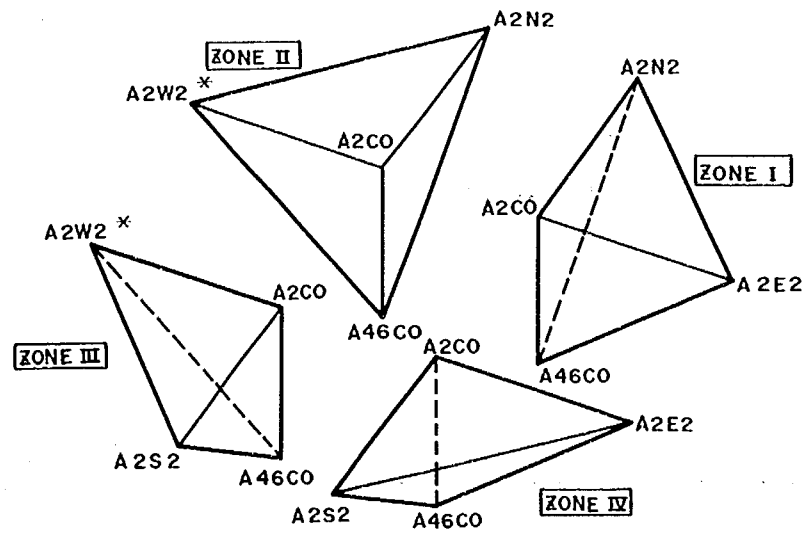
表 4.1 (2) 地盤ひずみの最大値

(c) $\gamma_{xy} (\times 10^{-6})$

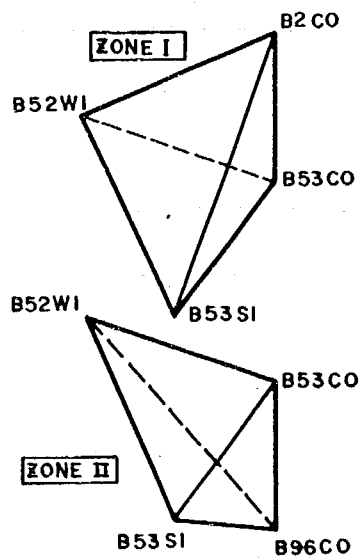
	ゾーン	EQ-42	EQ-43	EQ-44	EQ-45
A地区 下部ひずみ	I	5.5 (25.79)	9.8 (32.26)	5.2 (14.63)	23.8 (32.14)
	II	8.9 (42.97)	10.3 (31.62)	(19.4) (0.01)	29.1 (14.88)
	III	11.4 (44.61)	15.7 (69.96)	(18.2) (0.01)	61.4 (25.09)
	IV	7.0 (43.86)	11.5 (57.75)	9.5 (10.10)	38.6 (23.82)
	平均	8.2	11.8	7.4	38.2
A地区 上部ひずみ	I	(15.5) (35.47)	21.4 (47.06)	(19.1) (8.94)	94.5 (24.53)
	II	(30.0) (10.13)	(26.3) (9.84)	(40.1) (0.01)	99.0 (10.34)
	III	(46.2) (0.01)	(53.2) (0.01)	(74.2) (0.01)	137.8 (9.88)
	IV	(33.7) (10.55)	(60.8) (10.45)	(57.5) (0.01)	103.8 (9.85)
	平均	——	21.4	——	108.8
B地区 下部ひずみ	I	12.6 (20.57)	12.0 (21.54)	8.2 (11.33)	36.2 (27.00)
	II	12.8 (20.57)	12.1 (21.54)	(143.6) (8.24)	36.6 (27.00)
	平均	12.7	12.1	8.2	36.4



(a) A地区下部ひずみの計算に用いる4面体



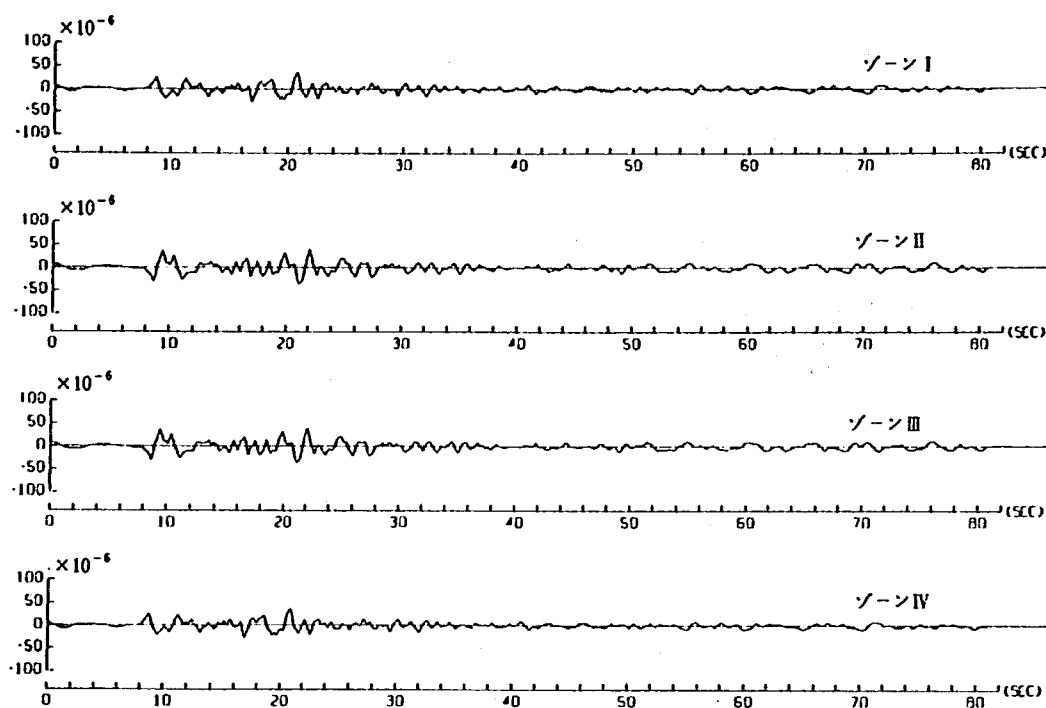
(b) A地区上部ひずみの計算に用いる4面体



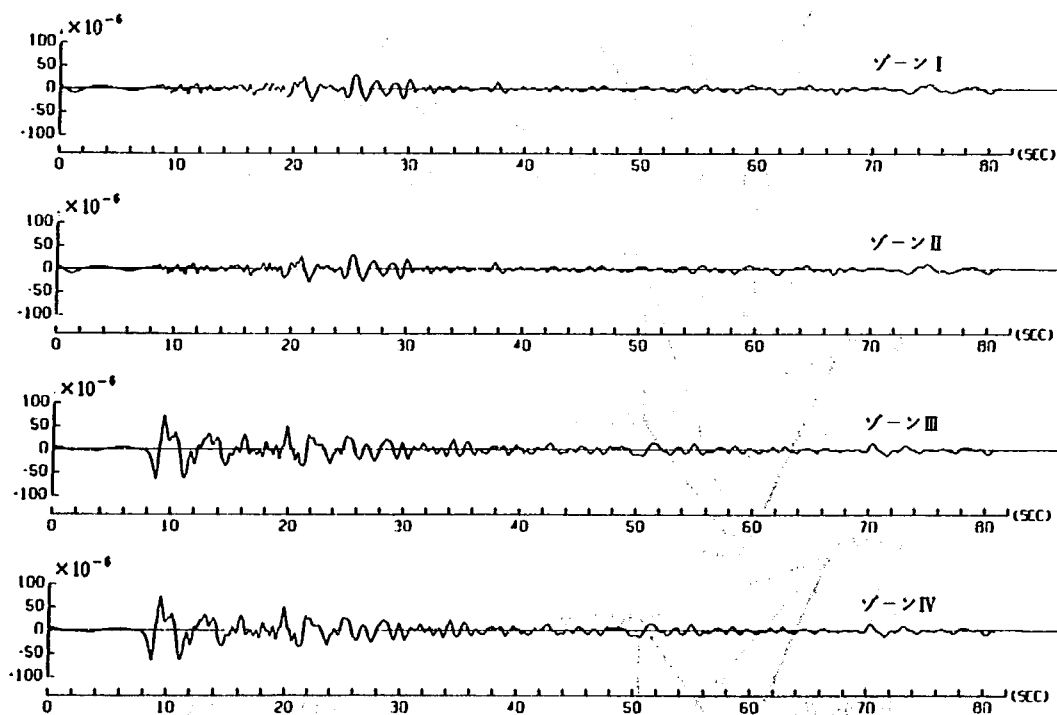
*) EQ-1~EQ-11については,
A2W2ではなくA0W1を用いる。

(c) B地区下部ひずみの計算に用いる4面体

図4.1 地盤ひずみ計算用の4面体

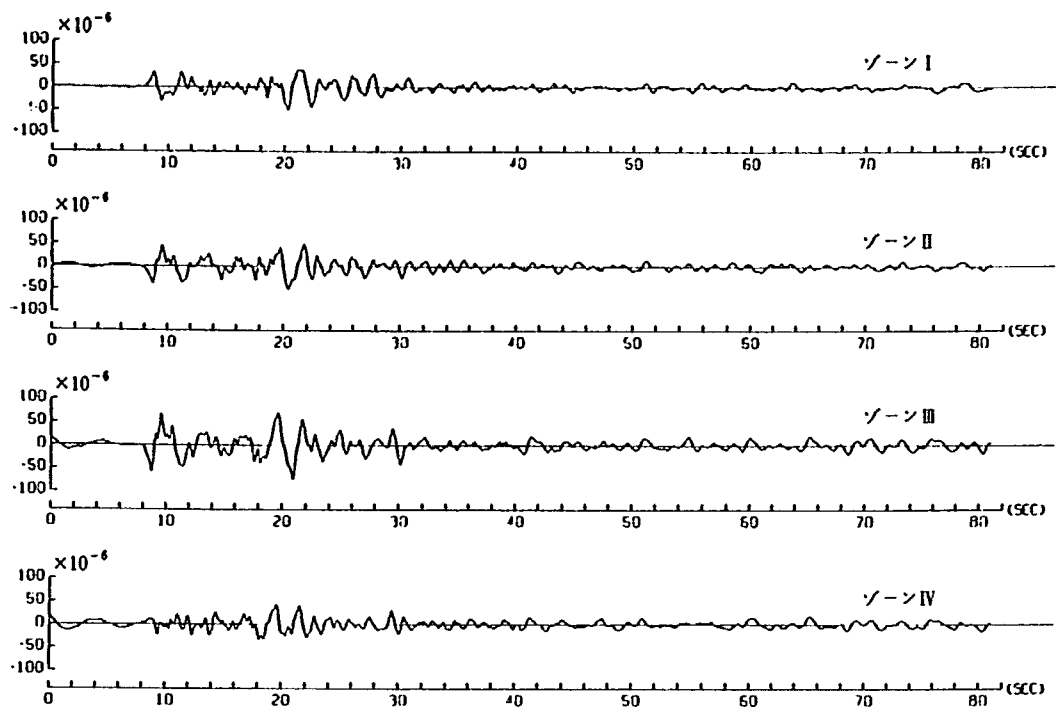


(a) A地区下部ひずみ ϵ_x

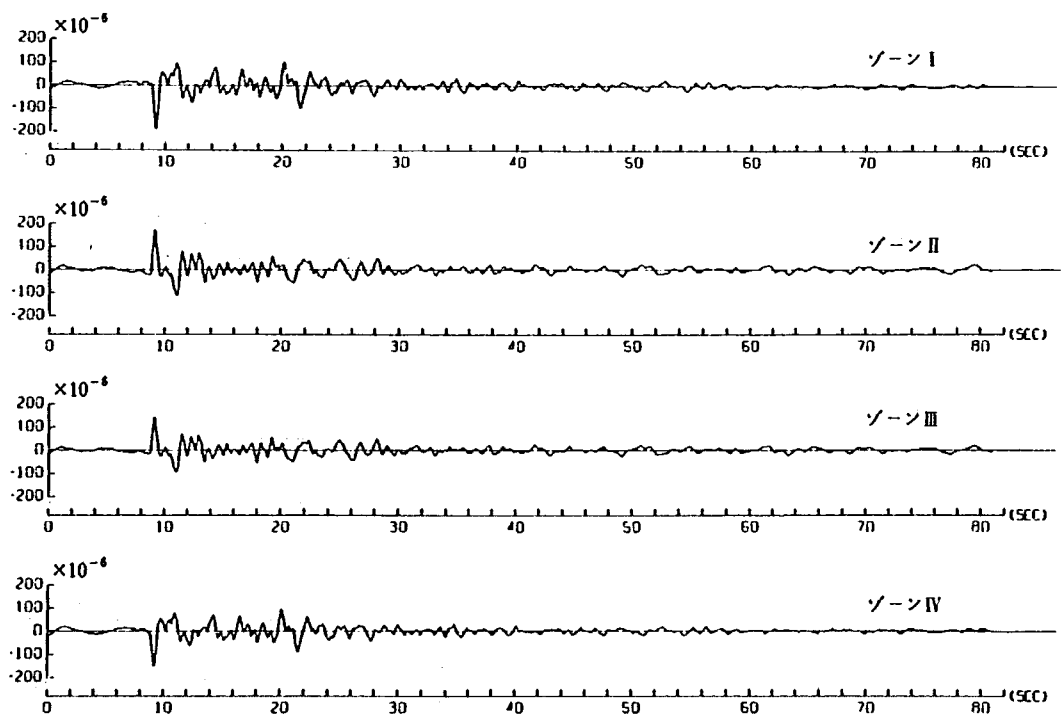


(b) A地区下部ひずみ ϵ_y

図 4.2 (1) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

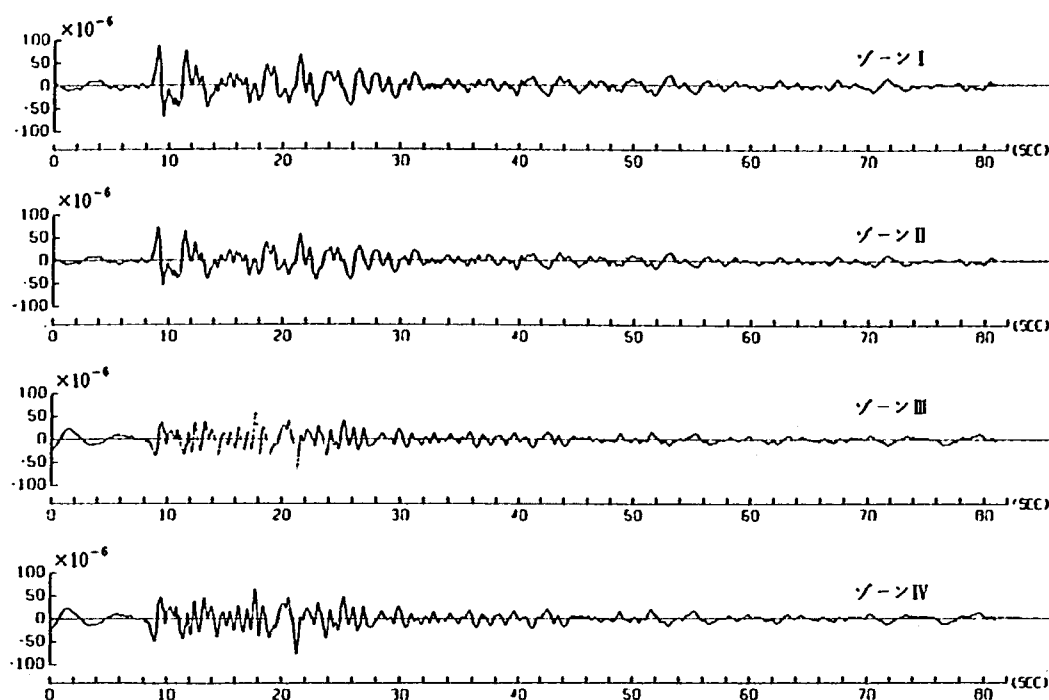


(c) A地区下部ひずみ γ_{xy}

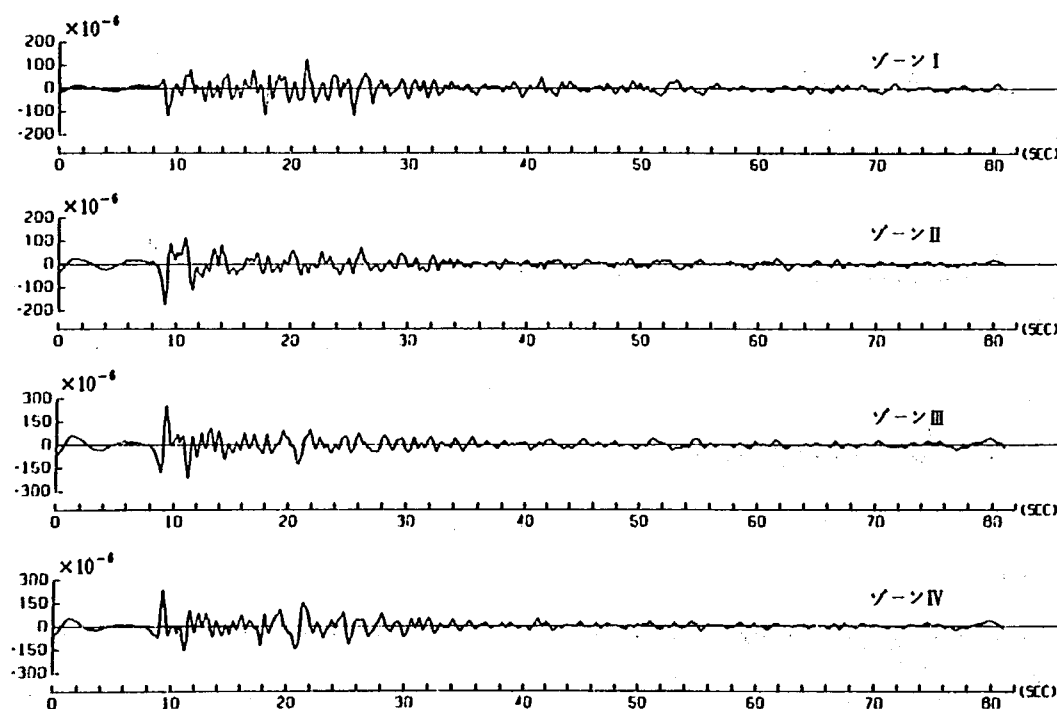


(d) A地区上部ひずみ ϵ_x

図 4.2 (2) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

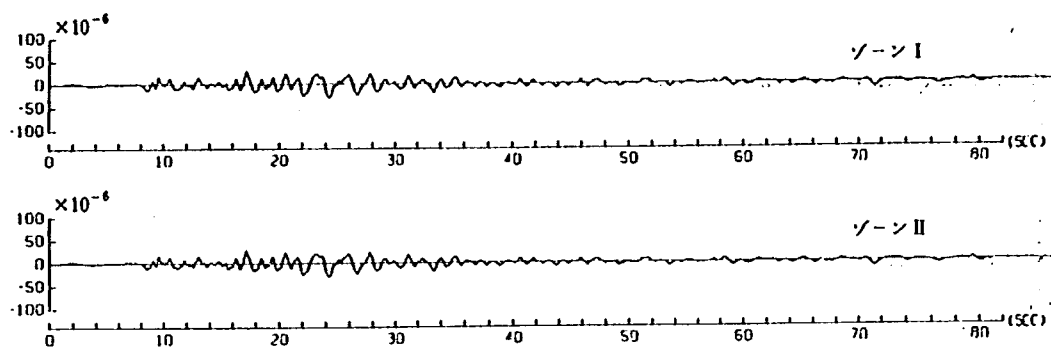


(e) A地区上部ひずみ ϵ_y

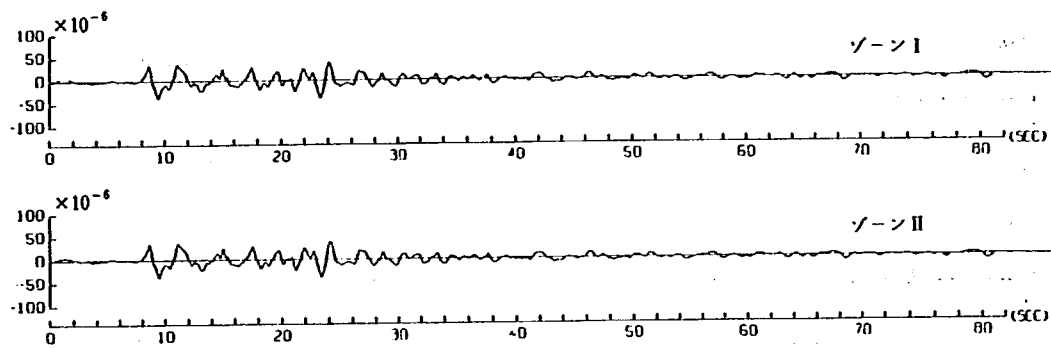


(f) A地区上部ひずみ γ_{xy}

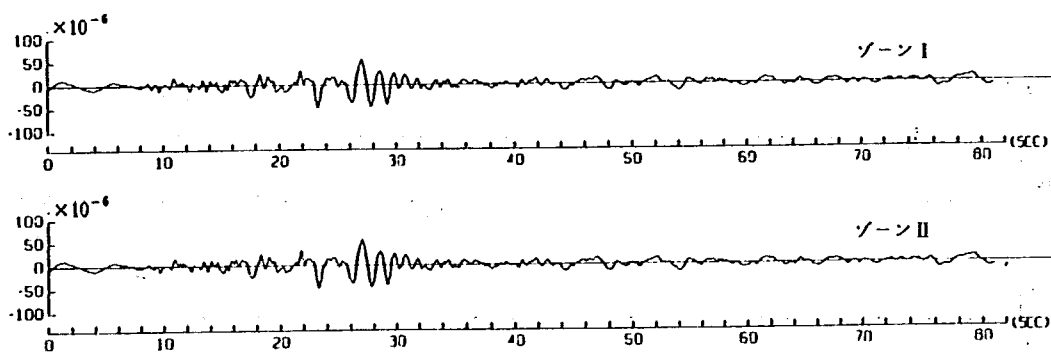
図4.2(3) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)



(g) B地区下部ひずみ ϵ_x



(h) B地区下部ひずみ ϵ_y



(i) B地区下部ひずみ γ_{xy}

図 4.2 (4) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

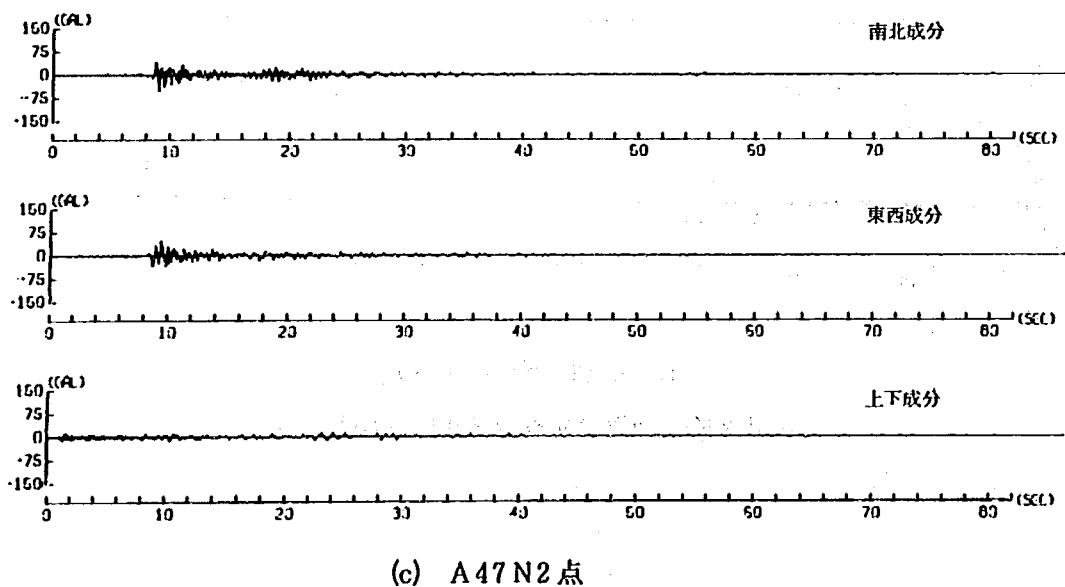
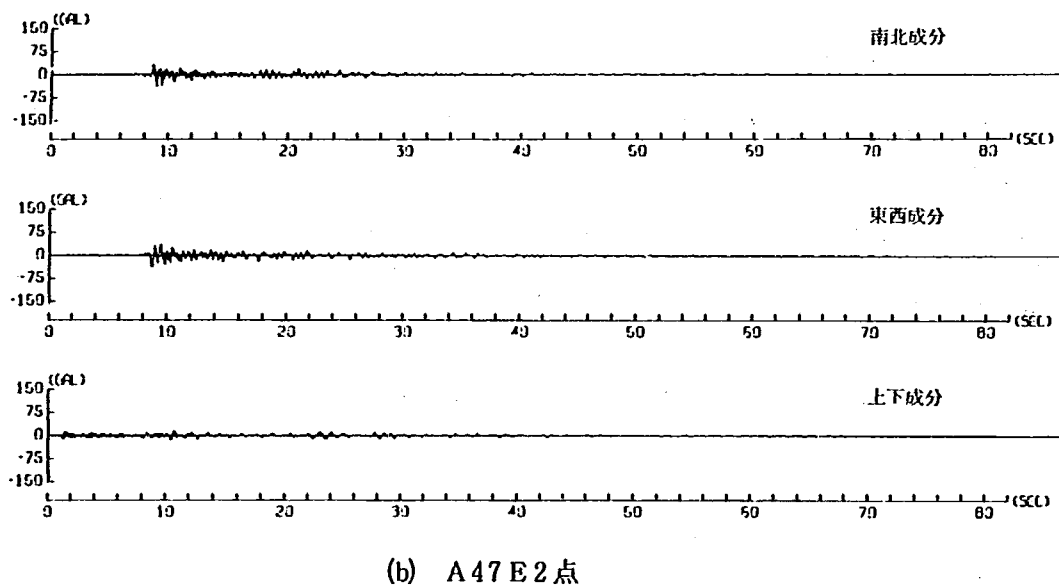
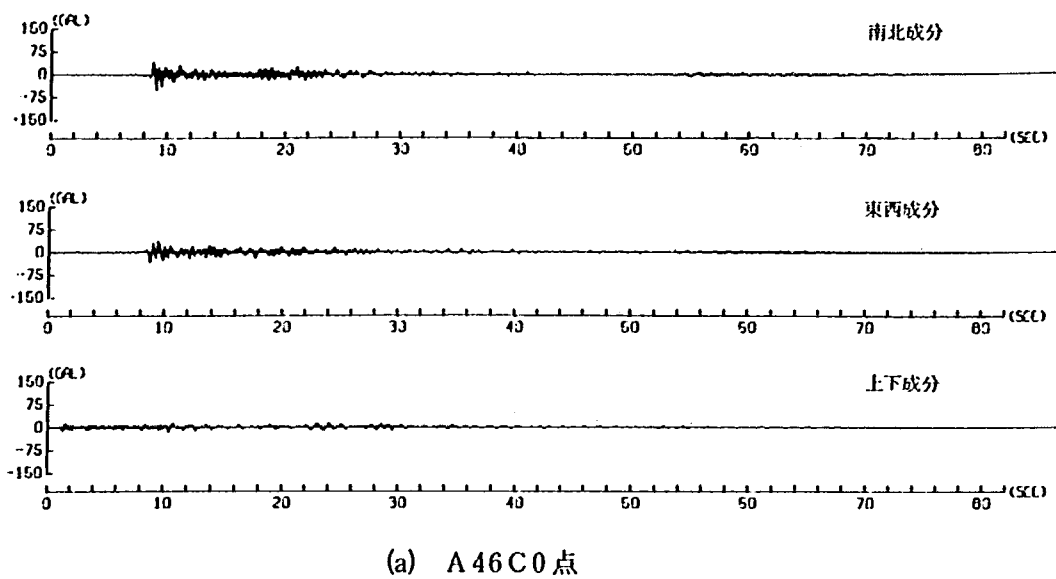
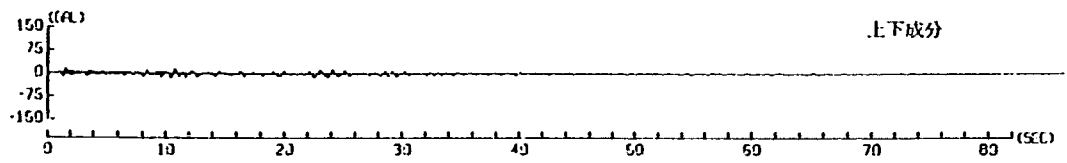
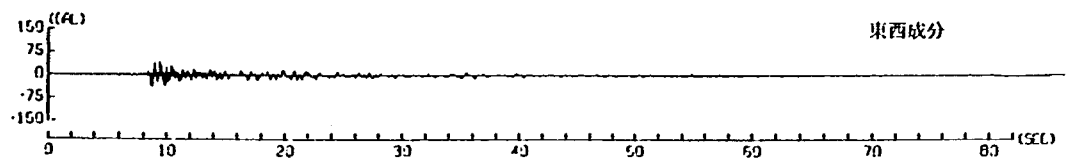
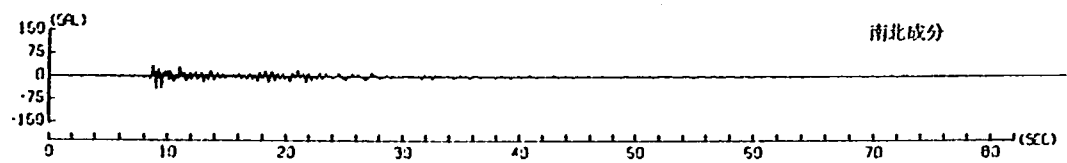
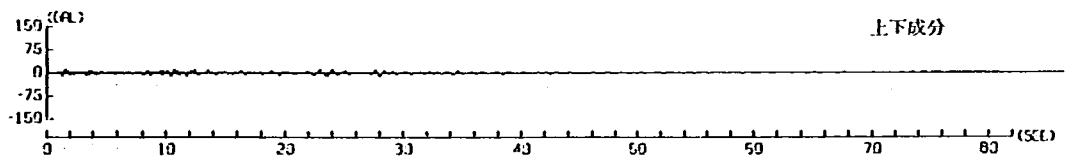
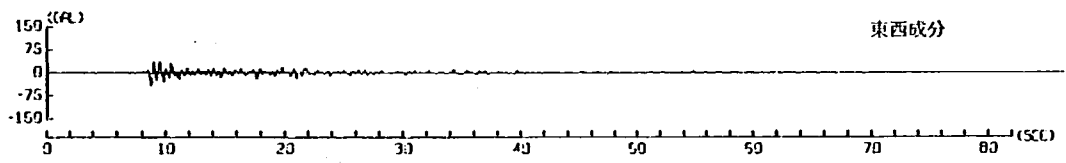
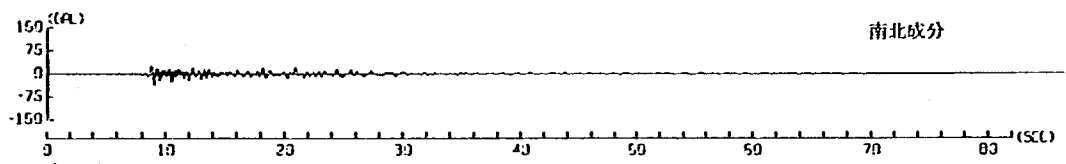


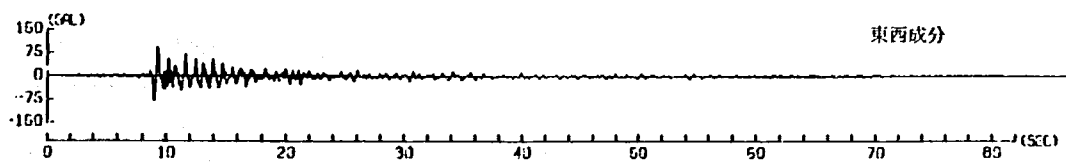
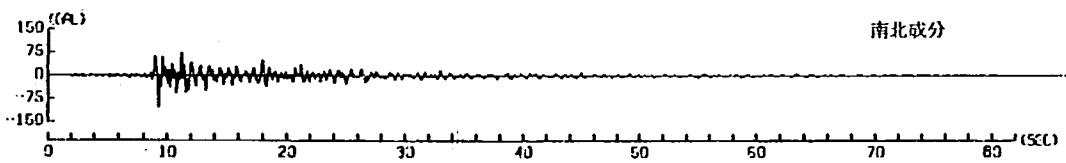
図 4.3(1) 加速度波形の例 (EQ-28)



(d) A46W2点

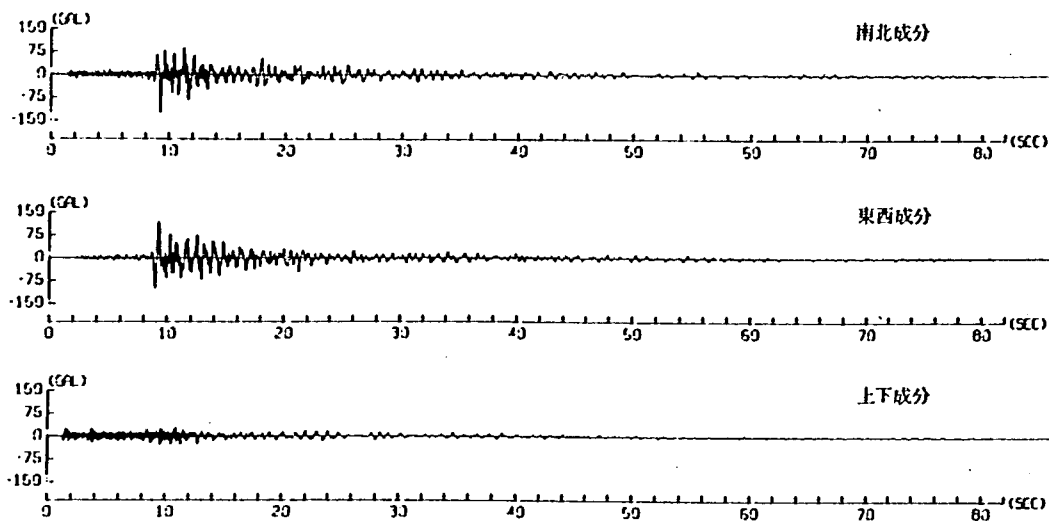


(e) A45S2点

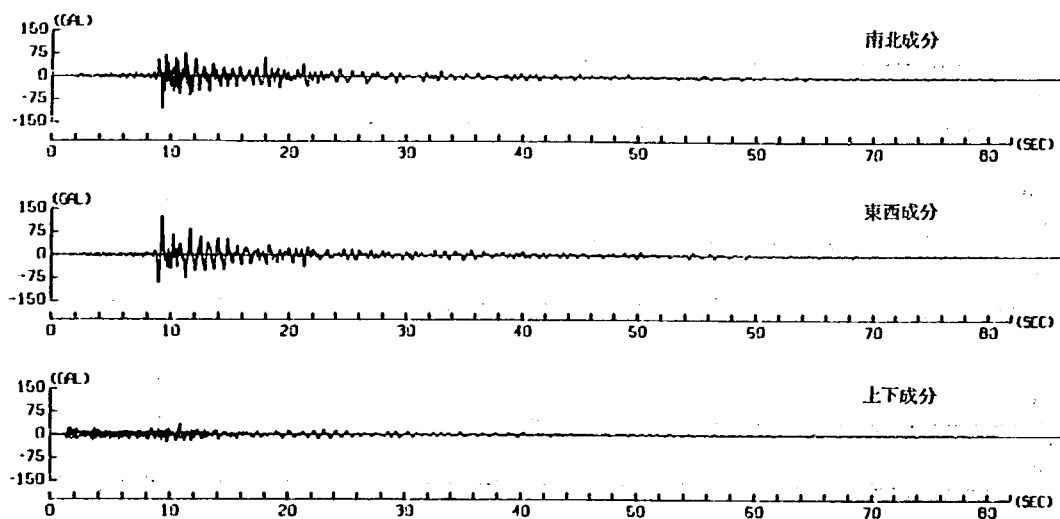


(f) A2C0点

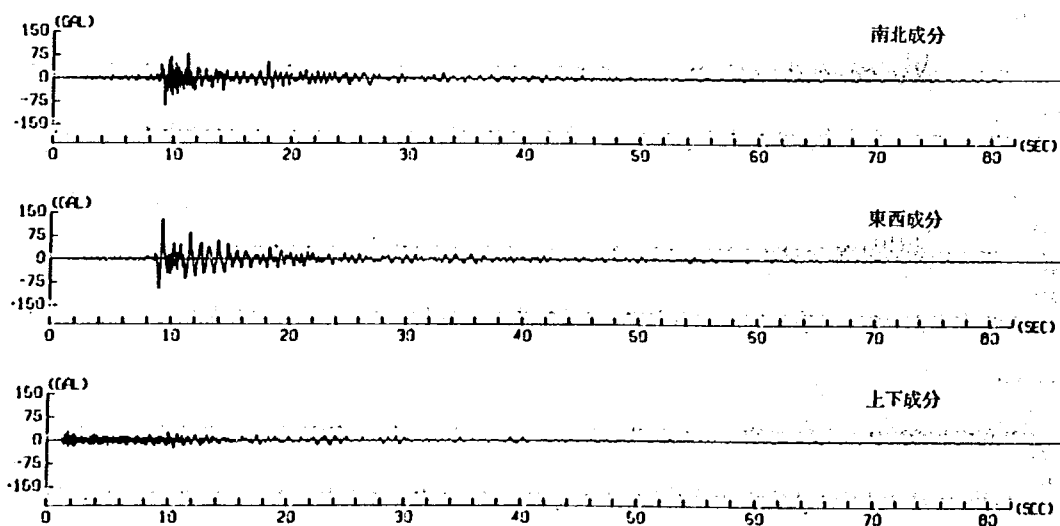
図 4.3 (2) 加速度波形の例 (EQ-28)



(g) A2E2点

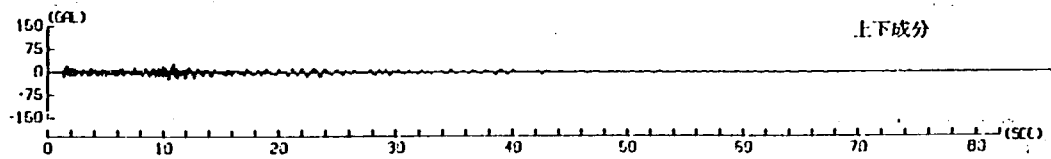
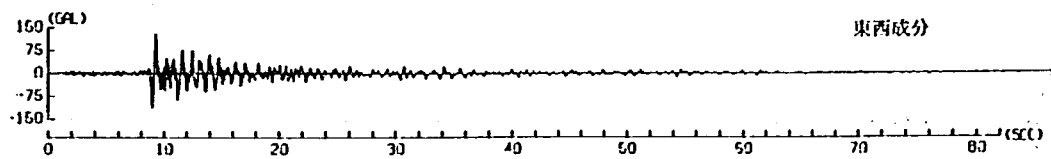
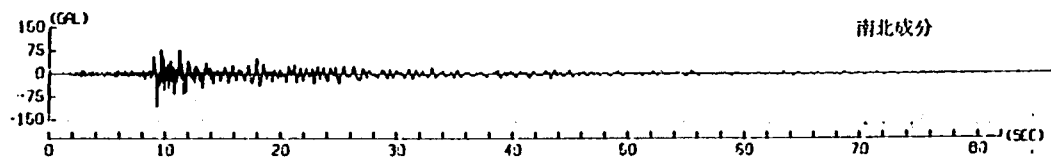


(h) A2N2点

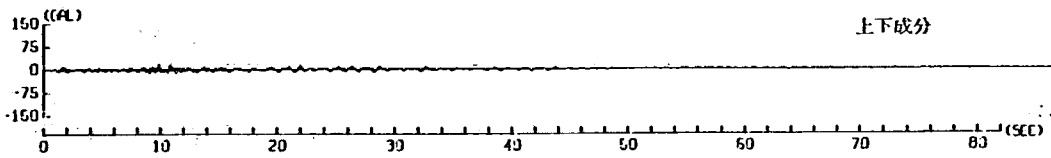
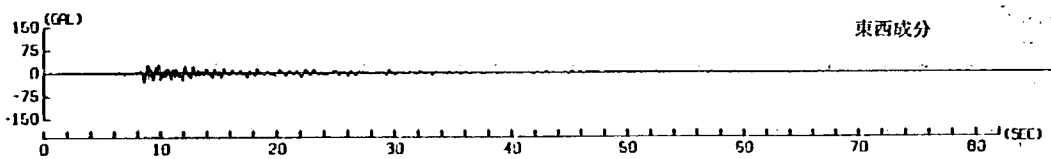
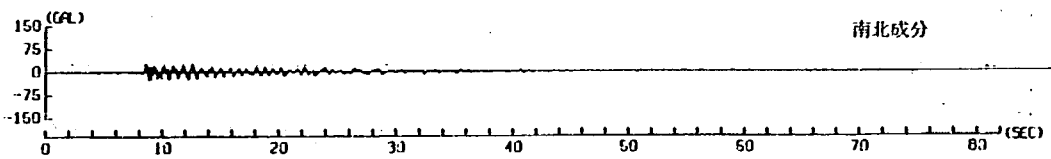


(i) A2W2点

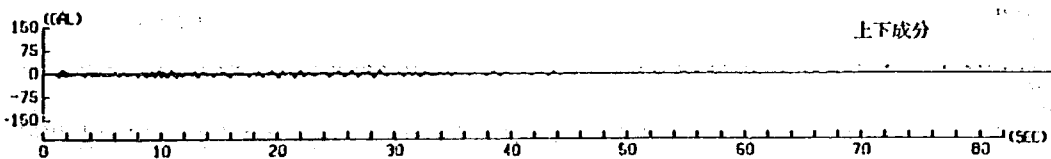
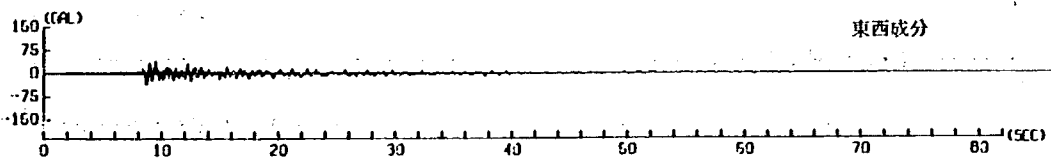
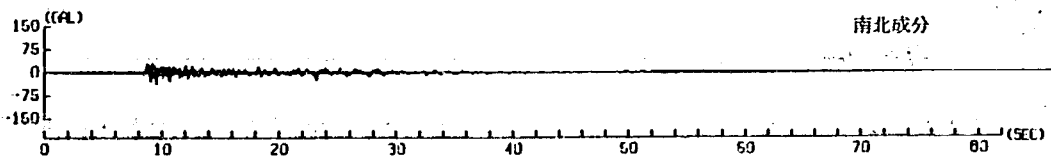
図 4.3(3) 加速度波形の例 (EQ-28)



(j) A2S2点

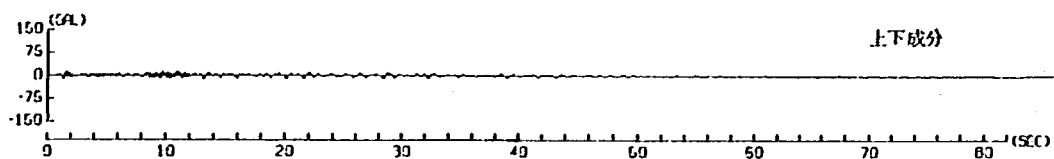
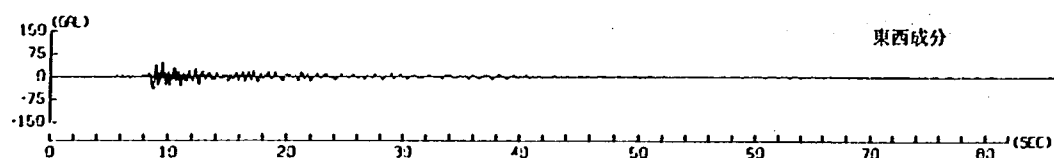
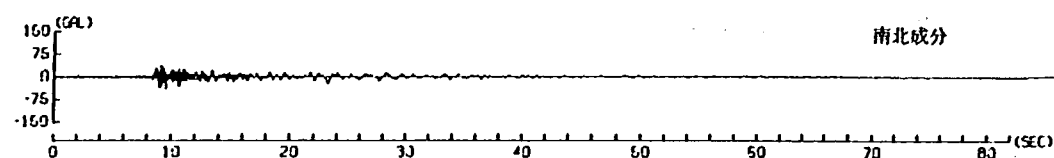


(k) B96C0点

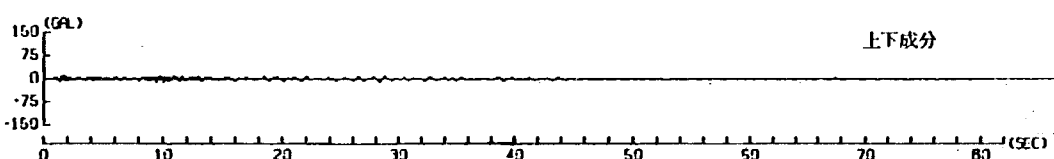
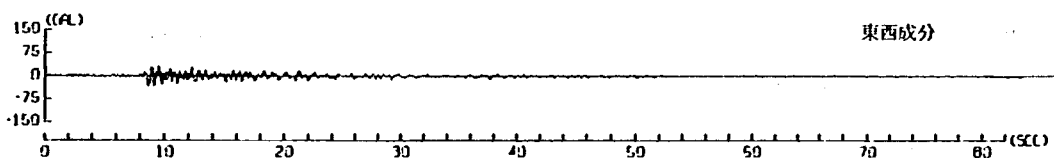
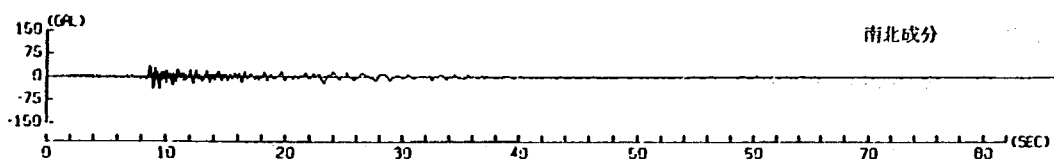


(l) B53C0点

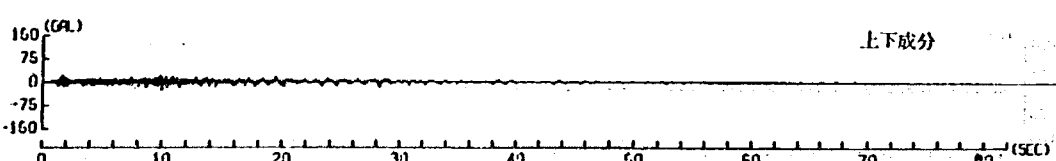
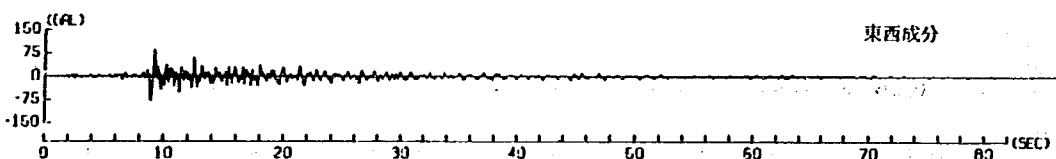
図 4.3 (4) 加速度波形の例 (EQ-28)



(m) B52W1点

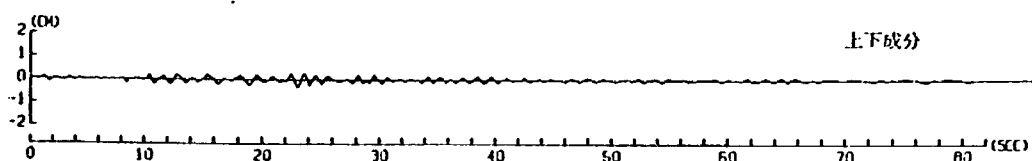
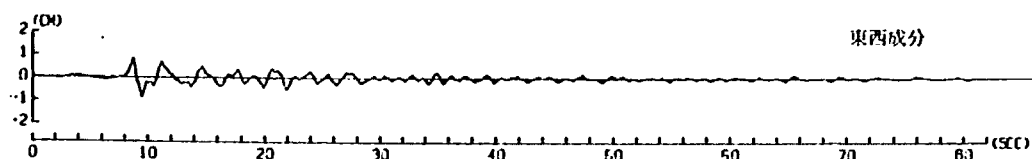


(n) B53S1点

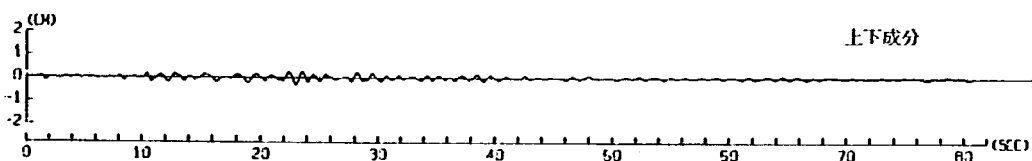
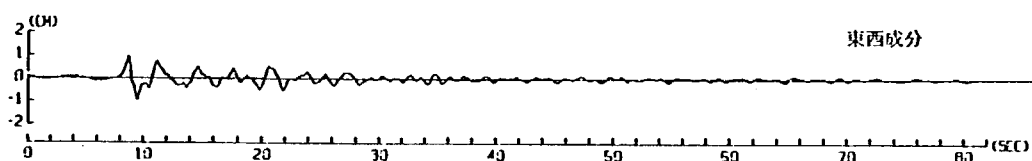
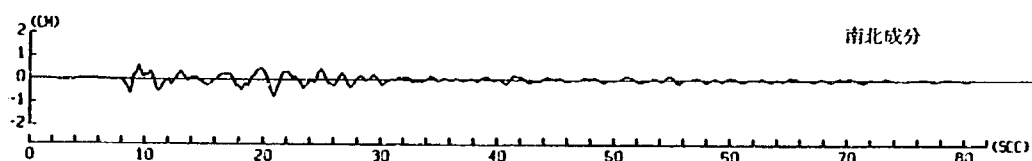


(o) B2C0点

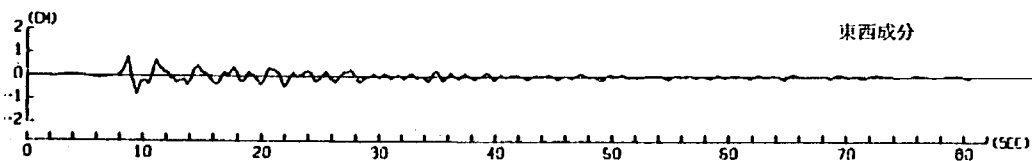
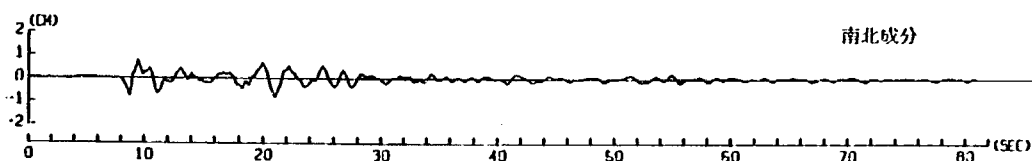
図 4.3 (5) 加速度波形の例 (EQ-28)



(a) A46C0点

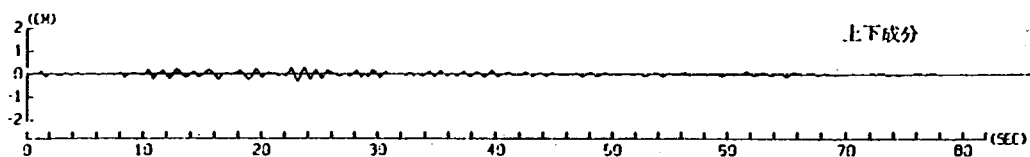
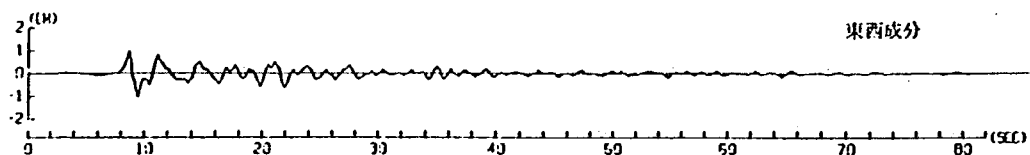
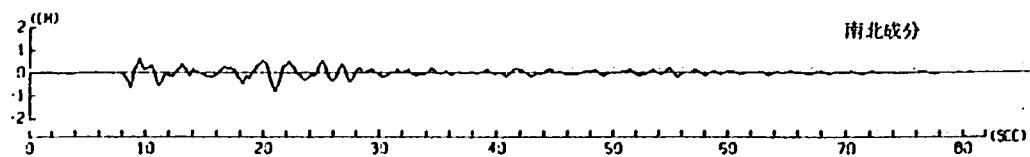


(b) A47E2点

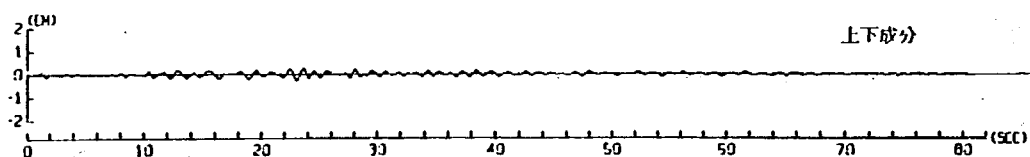
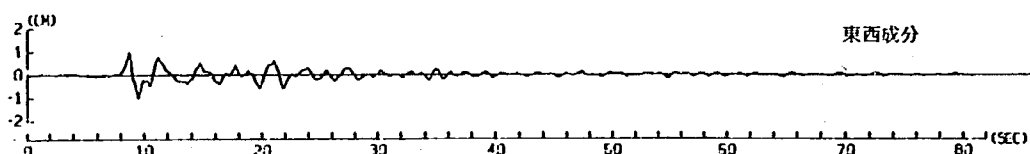
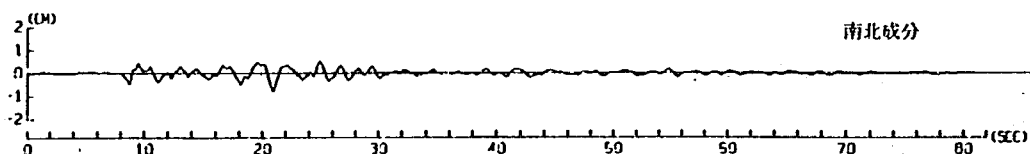


(c) A47N2点

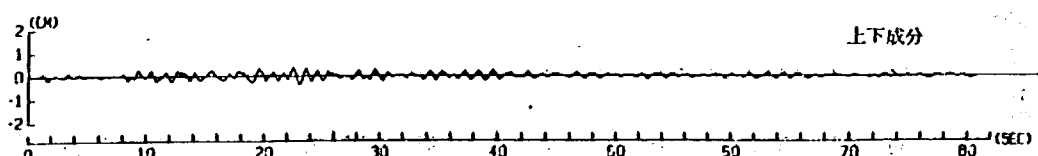
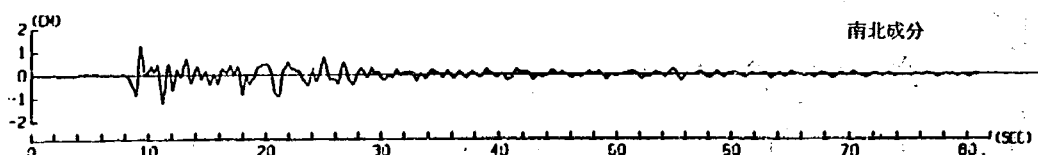
図4.4(1) 変位波形の例 (EQ-28)



(d) A46W2点

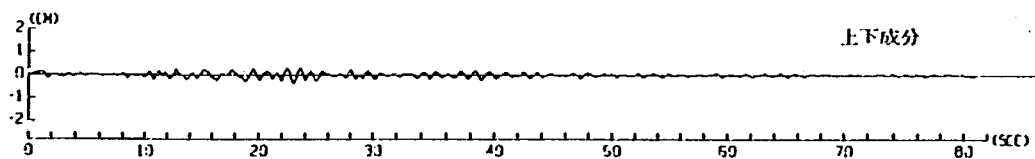
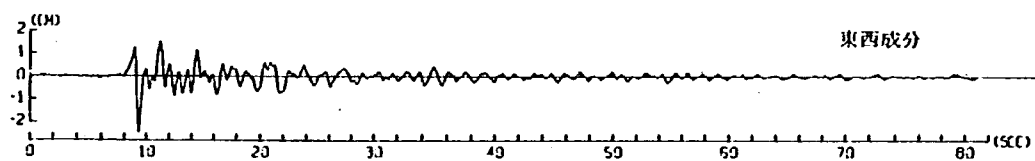
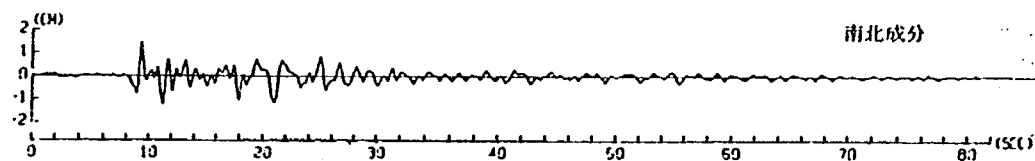


(e) A45S2点

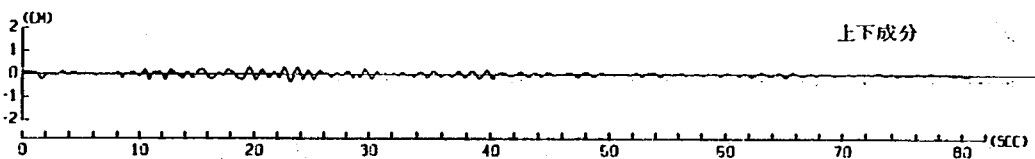
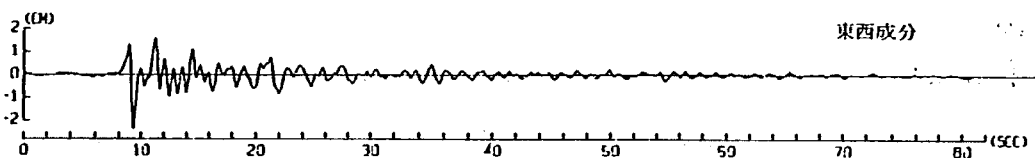
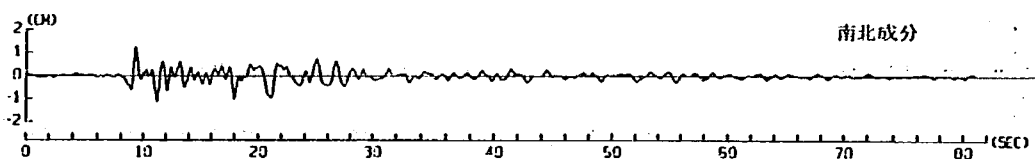


(f) A2C0点

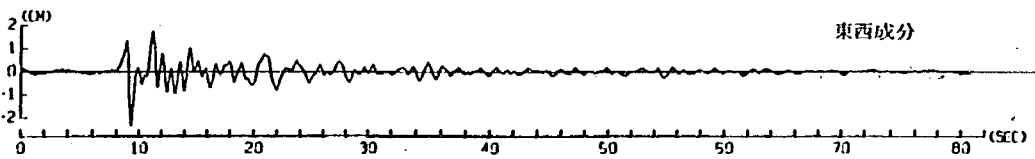
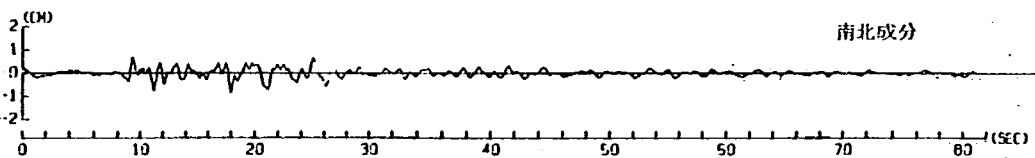
図 4.4 (2) 変位波形の例 (EQ-28)



(g) A2E2点

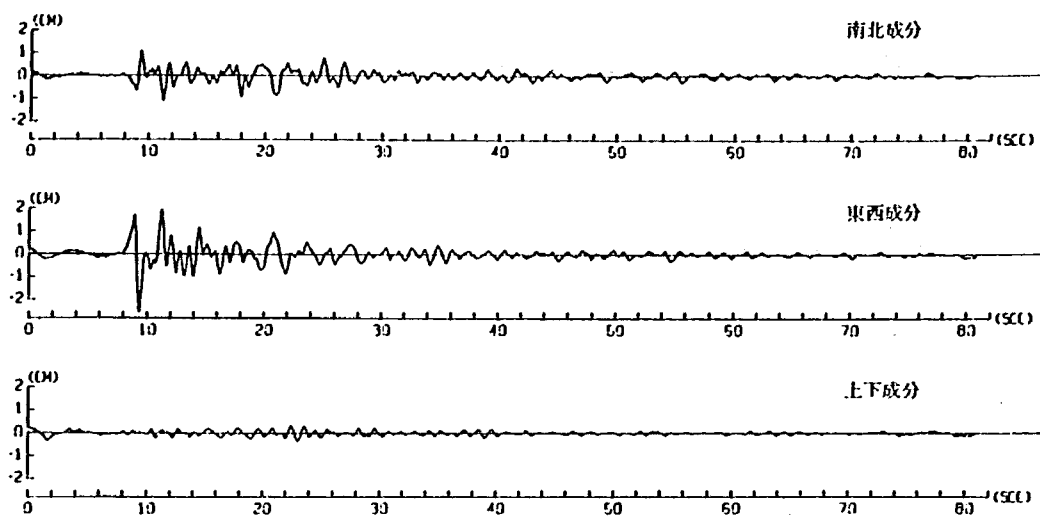


(h) A2N2点

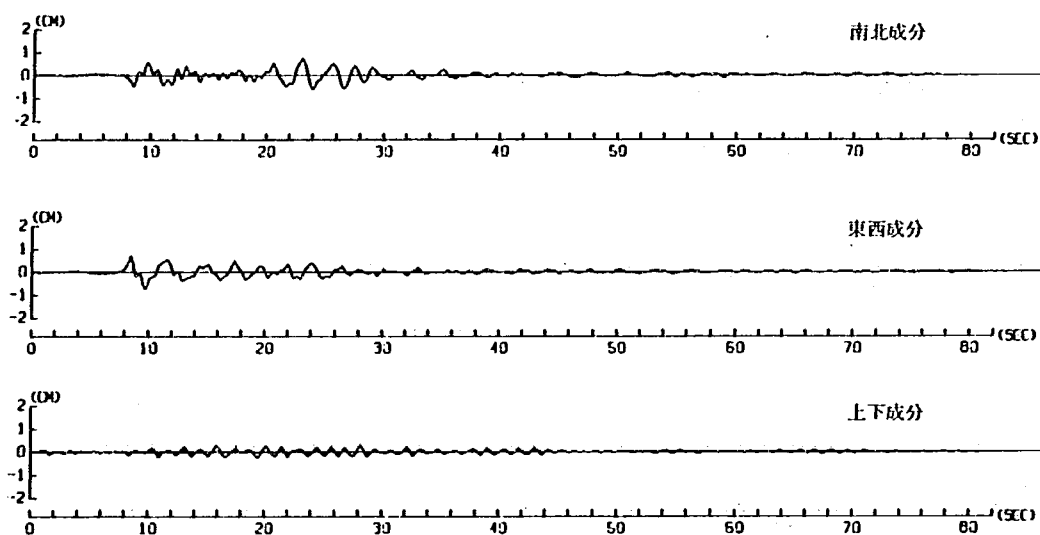


(i) A2W2点

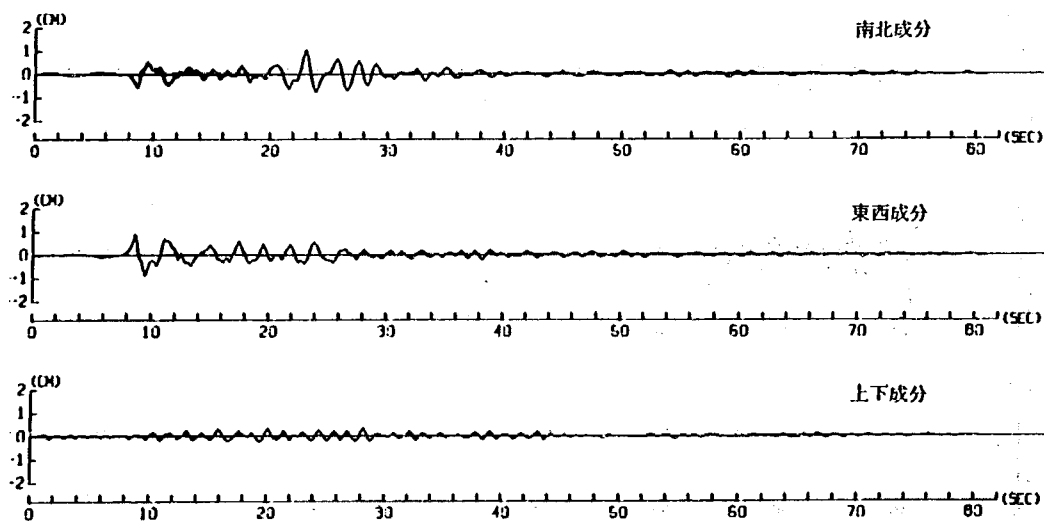
図4.4(3) 変位波形の例 (EQ-28)



(j) A2S2点

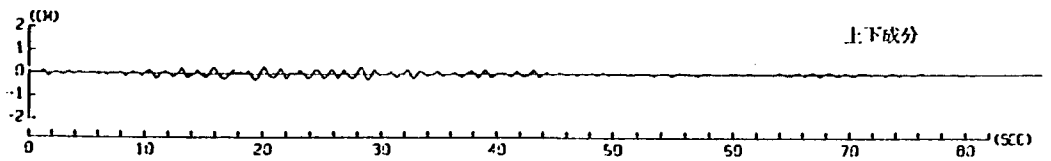
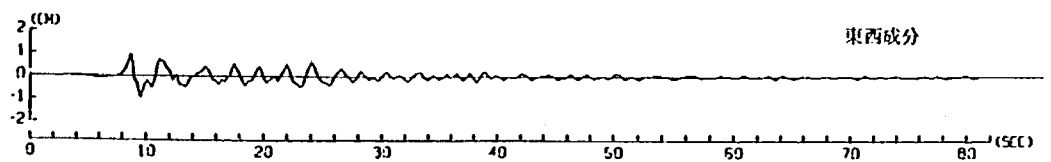
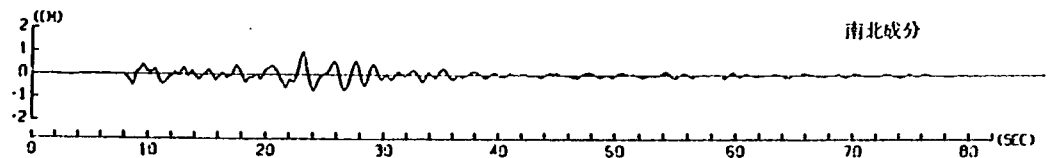


(k) B96C0点

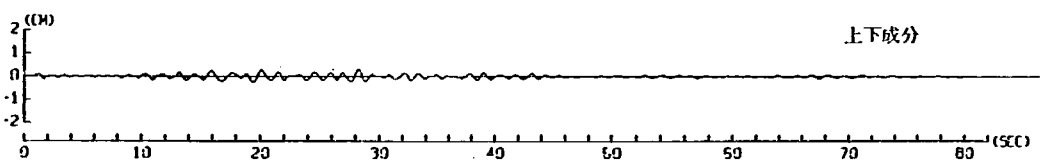
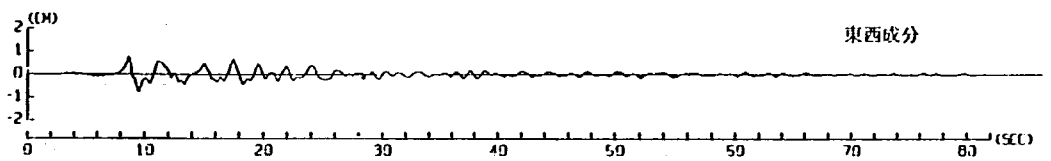
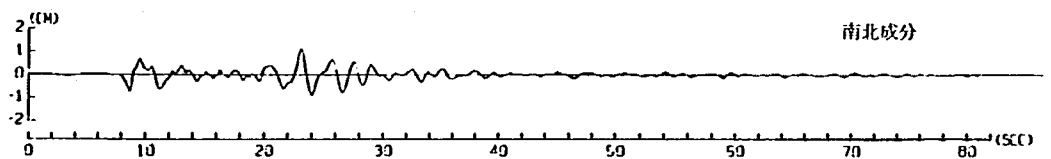


(l) B53C0点

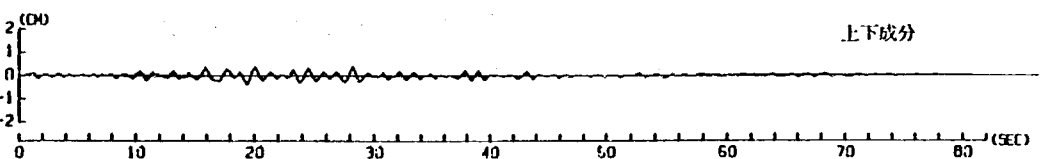
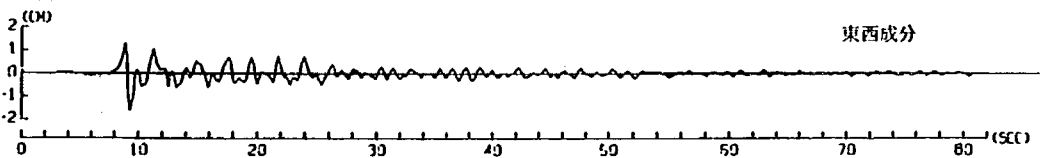
図4.4(4) 変位波形の例 (EQ-28)



(m) B52W1点

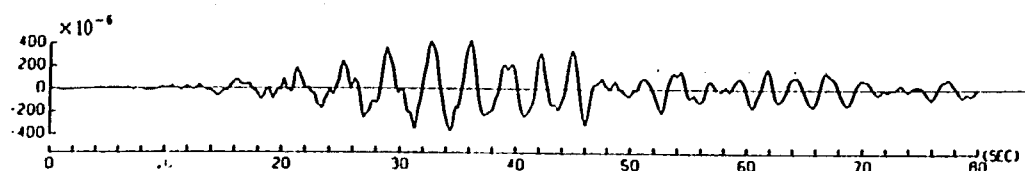


(n) B53S1点

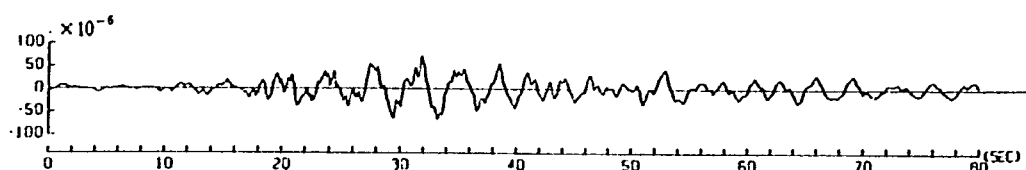


(o) B2C0点

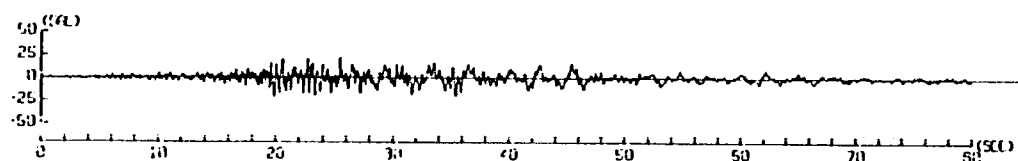
図4.4(5) 変位波形の例 (EQ-28)



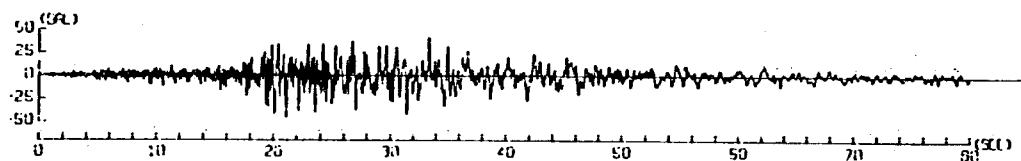
(a) ゾーン I (A46C0-A2C0-A2N2-A2E2) における ϵ_y (不良)



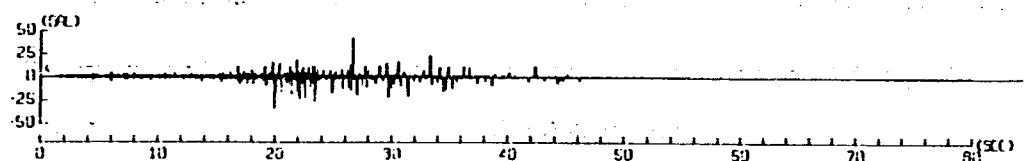
(b) ゾーン IV (A46C0-A2C0-A2E2-A2S2) における ϵ_y (正常)



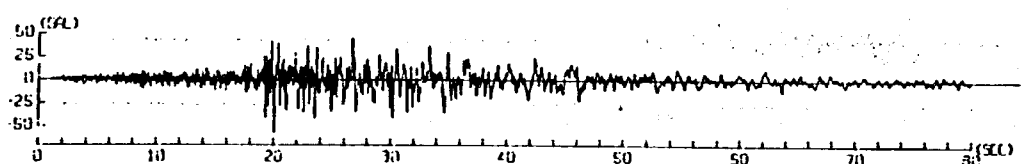
(c) A46C0 点の南北方向加速度記録 (正常)



(d) A2C0 点の南北方向加速度記録 (正常)

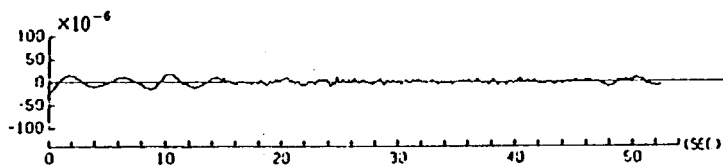


(e) A2N2 点の南北方向加速度記録 (感度不良)

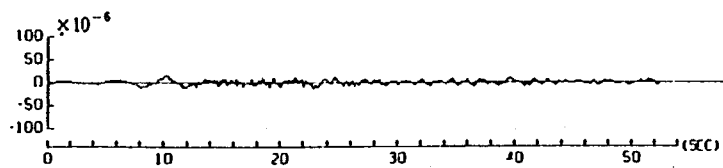


(f) A2S2 点の南北方向加速度記録 (正常)

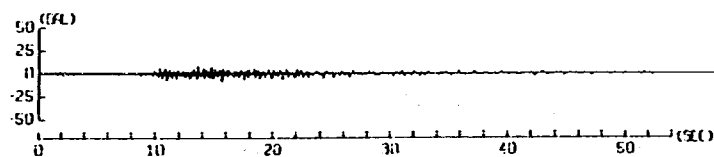
図 4.5 加速度記録の感度の不良に起因する不良なひずみの例
(EQ-22, A 地区上部ひずみ)



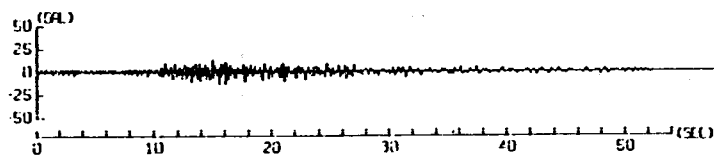
(a) ゾーンⅡ (A46C0-A2C0-A2W2-A2N2) における ϵ_x (不良)



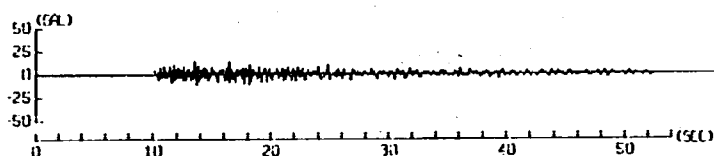
(b) ゾーンⅠ (A46C0-A2C0-A2N2-A2E2) における ϵ_x (正常)



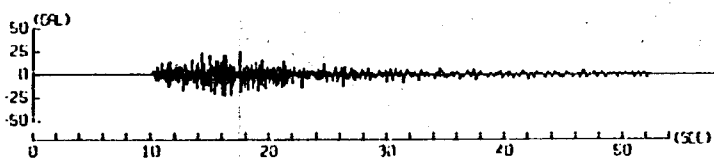
(c) A46C0点の東西方向加速度記録 (正常)



(d) A2C0点の東西方向加速度記録 (正常)

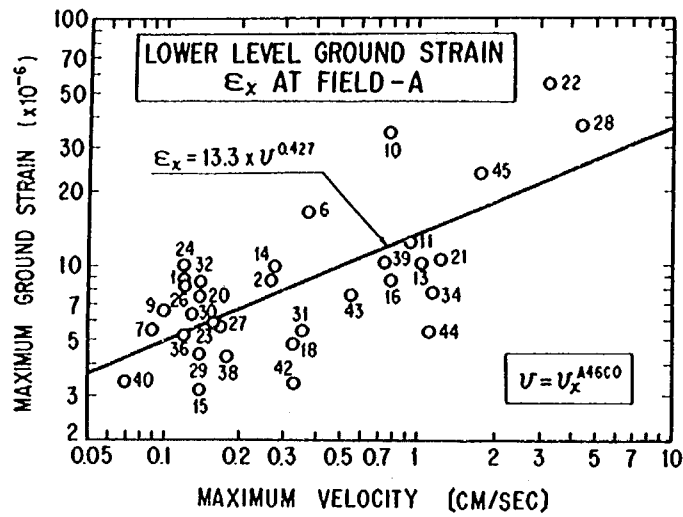


(e) A2W2点の東西方向加速度記録 (0点不良)

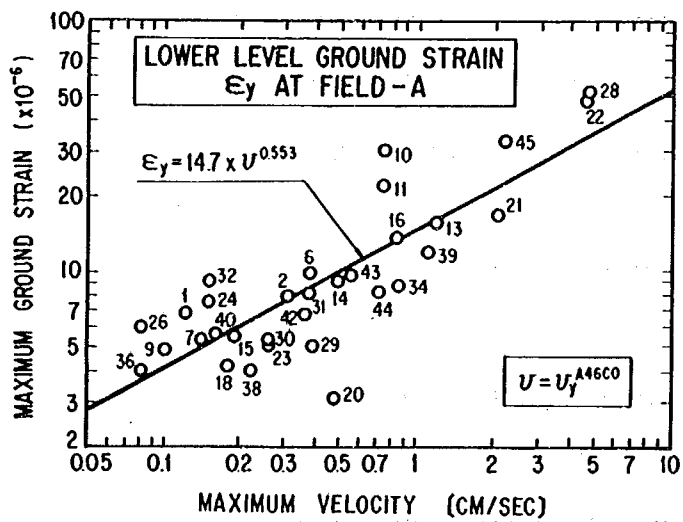


(f) A2E2点の東西方向加速度記録 (正常)

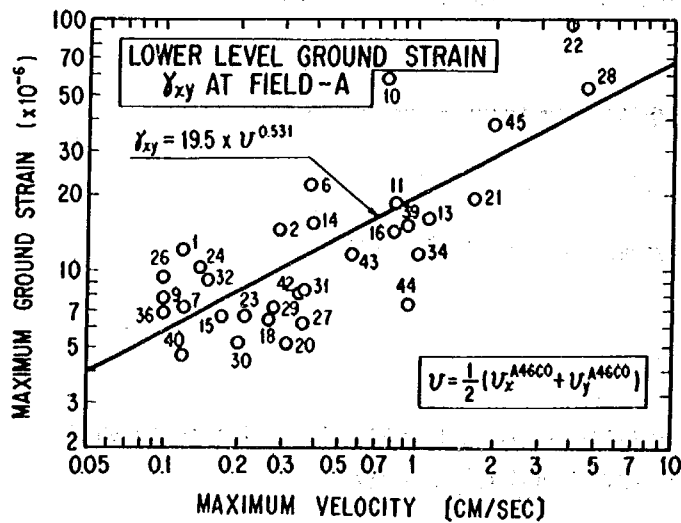
図 4.6 加速度記録の 0 点のずれに起因する不良なひずみの例
(EQ-42, A地区上部ひずみ)



(a) A地区下部ひずみ ϵ_x

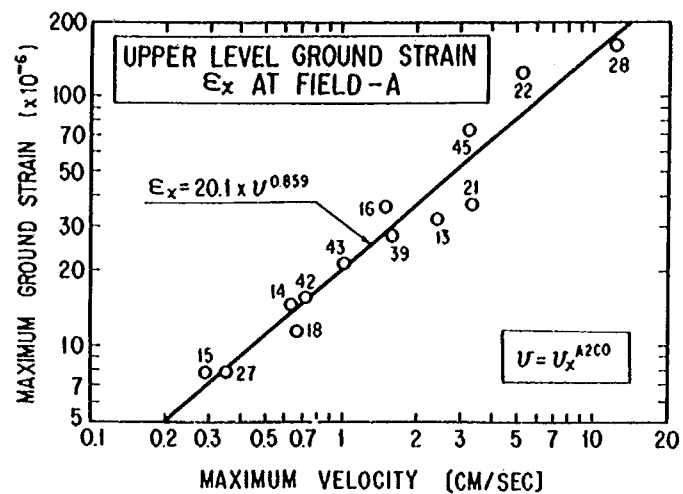


(b) A地区下部ひずみ ϵ_y

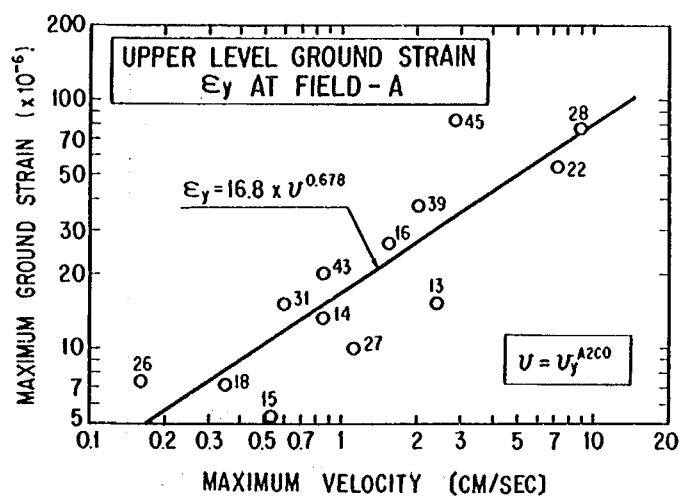


(c) A地区下部ひずみ γ_{xy}

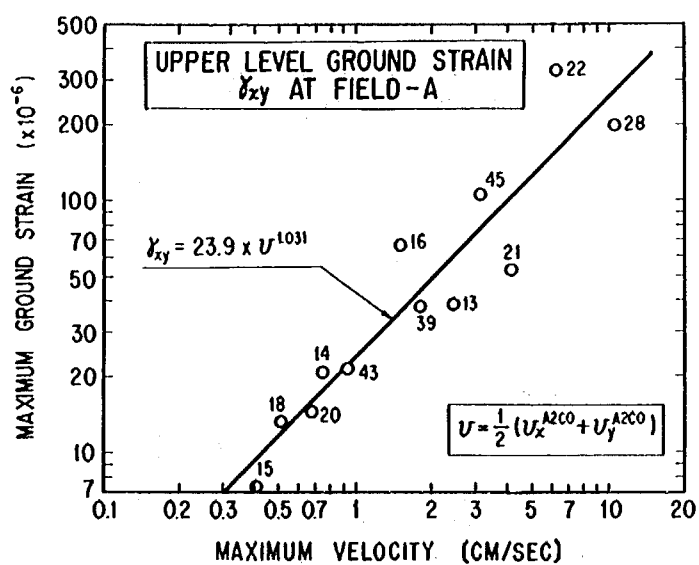
図 4. 7 (1) 最大ひずみと最大速度の関係



(d) A地区上部ひずみ ϵ_x

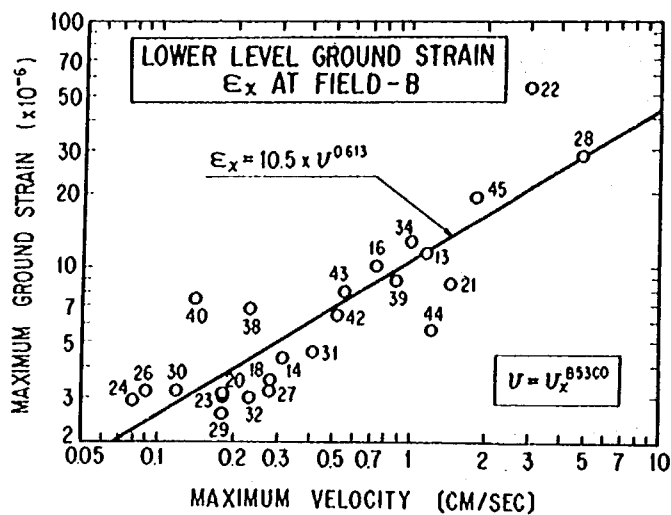


(e) A地区上部ひずみ ϵ_y

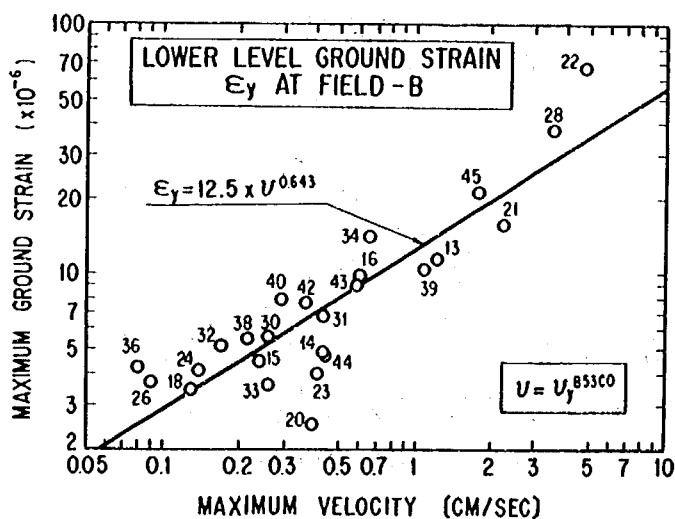


(f) A地区上部ひずみ γ_{xy}

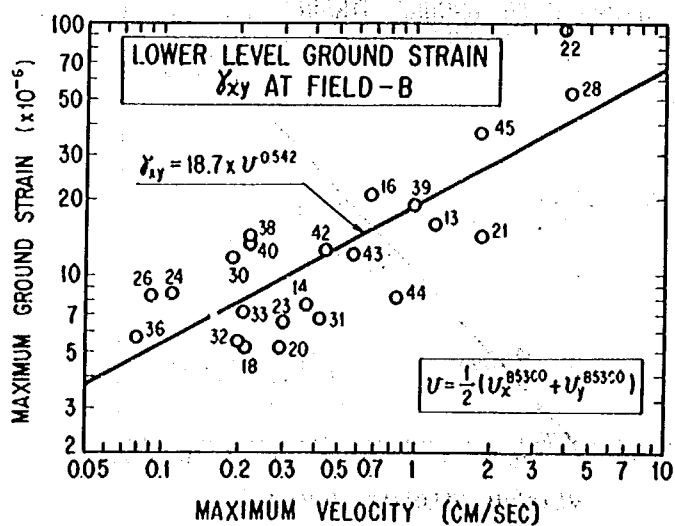
図 4.7 (2) 最大ひずみと最大速度の関係



(g) B地区下部ひずみ ϵ_x



(h) B地区下部ひずみ ϵ_y



(i) B地区下部ひずみ γ_{xy}

図 4.7 (3) 最大ひずみと最大速度の関係

5. 結 論

土木研究所構内の三次元同時地震観測記録をもとに地震時の地盤ひずみについて検討した。本解析から得られた結論は以下のとおりである。

(i) 土木研究所構内のA地区およびB地区のそれぞれで観測された同時地震記録から計算した地盤ひずみは、地盤の速度と比較的良好な相関があり、両者は式(4.2)～(4.4)により表される。ただし、現在のところ、ひずみレベルの大きい記録が少ないため、今後の記録の蓄積が必要である。

(ii) 伸縮ひずみと地盤の速度の回帰式は、南北方向および東西方向で比較的良好に一致している。したがって、土木研究所構内で得られた記録をもとに計算した伸縮ひずみについては明確な方向性は認められないといえる。

(iii) 地表面付近の地盤ひずみと地表面下50 m 付近の地盤ひずみを比較すると、一般に、前者の方が後者よりも大きい。これは地震動の地盤による増幅作用に起因すると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：石油パイプライン地震対策要綱，同解説，昭和49年 3 月
- 2) 大久保忠良：石油パイプラインの耐震基準，道路，昭和48年 3 月
- 3) 萩原浩，寺田章次，栗林栄一：石油パイプラインの耐震設計基準，土木技術資料，第16巻，第 4 号，昭和49年 6 月
- 4) 日本道路協会：東京湾横断道路技術調査報告書，東京湾横断道路設計基準(案)，昭和50年 3 月
- 5) 建設省土木研究所：新耐震設計法(案)，土木研究所資料，第1185号，昭和52年 3 月
- 6) 建設省土木研究所：地下埋設管路の耐震設計と設計地震入力，土木研究所資料，第1764号，昭和57年 1 月
- 7) 大久保忠良，岩崎敏男，川島一彦：土木研究所における高密度強震観測計画および記録の解析，日米天然会議，耐風耐震構造専門部会，第13回合同部会，昭和56年 5 月
- 8) 大久保忠良，荒川直士，川島一彦：土木研究所における高密度強震観測および記録の解析，日米天然会議，耐風耐震構造専門部会，第14回合同部会，昭和57年 5 月
- 9) 後藤尚男，亀田弘行，杉戸真太，今西直人：デジタルフィルターによる SMAC-B₂ 加速度計記録の補正について，土木学会論文報告集，第277号，昭和53年 9 月
- 10) 川島一彦，高木義和，相沢興：数値化精度を考慮した SMAC-B₂ 型強震計記録の計器補正法および変位計算法，土木学会論文報告集，第325号，昭和57年 9 月
- 11) 川島一彦，高木義和，相沢興：ディジタル化による SMAC 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
- 12) Wang, L.R., Kawashima, K., Yeh, Y.H. and Aizawa, K.: Study of Ground Strains from Strong Motion Array Data for Lifeline Application, Technical Note of PWRI, Volume 39, Public Works Research Institute, December, 1981
- 13) Zienkiewicz, O.C.: The Finite Element Method in Engineering Science, McGraw-Hill, 1971
- 14) 大久保忠良，荒川直士，川島一彦：地震時の地盤ひずみの解析，土木技術資料，第24巻，第11号，昭和57年11月
- 15) Ohkubo, T., Arakawa, T., Kawashima, K.: Preliminary Analysis of Finite Ground Strains Induced during Earthquakes and Effect of Spatial Ground Motions on Structural Response, International Symposium on Lifeline Earthquake Engineering, Fourth U.S. National Conference on Pressure Vessels and Piping Technology, ASME, June, 1983
- 16) 川島一彦，田村敬一，相沢興：地震時の有限地盤ひずみの解析，第17回地震工学研究発表会講演概要，昭和58年 7 月

付属資料 1

最大ひずみの一覧

11/11/11

11/11/11

付表 1.1(1) 伸縮ひずみ ϵ_x の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン ¹⁾	EQ-1	EQ-2	EQ-3	EQ-4	EQ-5
A地区 下部ひずみ	I	5.9 (23.42) ²⁾	6.7 (1.79)	6.6 (4.16)	6.1 (25.53)	5.4 (26.16)
	II	11.7 (23.60)	10.6 (8.90)	12.5 (1.67)	11.8 (32.50)	8.9 (17.26)
	III	11.7 (23.60)	10.6 (8.90)	12.5 (1.67)	11.8 (32.50)	8.9 (17.26)
	IV	5.9 (23.42)	6.7 (1.79)	6.6 (4.16)	6.1 (25.53)	5.4 (26.16)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-6	EQ-7	EQ-8	EQ-9	EQ-10
A地区 下部ひずみ	I	8.3 (1.47)	4.0 (14.89)	4.2 (13.22)	4.6 (9.22)	8.7 (57.10)
	II	24.4 (3.69)	6.9 (3.24)	8.0 (3.52)	8.3 (21.44)	60.0 (15.90)
	III	24.4 (3.69)	6.9 (3.24)	8.0 (3.52)	8.3 (21.44)	60.0 (15.90)
	IV	8.3 (1.47)	4.0 (14.89)	4.2 (13.22)	4.6 (9.22)	8.7 (57.10)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-11	EQ-12	EQ-13	EQ-14	EQ-15
A地区 下部ひずみ	I	12.4 (18.21)	12.7 (18.78)	9.4 (22.32)	4.4 (15.14)	3.2 (3.79)
	II	71.0 (7.88)	59.3 (14.14)	10.9 (56.61)	15.4 (10.48)	5.6 (0.01)
	III	71.0 (7.88)	59.3 (14.14)	10.9 (56.61)	15.4 (10.48)	5.6 (0.01)
	IV	12.4 (18.21)	12.7 (18.78)	9.4 (22.32)	4.4 (15.14)	3.2 (3.79)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	27.4 (21.00)	12.7 (10.59)	5.9 (34.27)
	II	—	—	40.8 (12.57)	19.1 (10.35)	10.3 (0.16)
	III	—	—	36.6 (12.56)	16.7 (8.83)	10.0 (0.15)
	IV	—	—	24.4 (21.00)	10.5 (10.59)	4.6 (34.27)
B地区 下部ひずみ	I	—	—	11.2 (24.78)	4.2 (41.86)	7.3 (0.01)
	II	—	—	11.6 (24.79)	4.3 (41.86)	7.5 (0.01)

1) 図 4.1 参照

2) () 内は最大値をとる時刻 (単位: 秒)

付表 1.1 (2) 伸縮ひずみ ε_x の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-16	EQ-17'	EQ-18	EQ-19	EQ-20
A地区 下部ひずみ	I	7.5 (26.37)	3.7 (1.75)	4.3 (16.96)	2.8 (10.08)	7.5 (1.21)
	II	9.8 (26.27)	3.4 (6.70)	5.3 (16.82)	2.4 (11.98)	4.3 (0.01)
	III	9.8 (26.27)	3.4 (6.70)	5.3 (16.82)	2.4 (11.98)	4.3 (0.01)
	IV	7.5 (26.37)	3.7 (1.75)	4.3 (16.96)	2.8 (10.08)	7.5 (1.21)
A地区 上部ひずみ	I	41.8 (9.96)	3.3 (7.78)	8.6 (12.17)	5.8 (10.29)	10.7 (0.01)
	II	83.6 (9.95)	5.8 (16.84)	16.0 (10.69)	15.2 (10.46)	25.4 (0.01)
	III	67.9 (9.95)	5.7 (16.84)	14.5 (10.59)	17.7 (10.46)	29.8 (0.01)
	IV	30.7 (8.97)	2.7 (7.77)	7.1 (12.17)	6.7 (10.29)	12.1 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	10.1 (19.77)	1.7 (16.64)	3.5 (19.22)	2.0 (21.79)	3.1 (24.61)
	II	10.0 (19.77)	1.7 (16.64)	3.5 (19.22)	2.0 (21.79)	3.1 (24.60)

	ゾーン	EQ-21	EQ-22	EQ-23	EQ-24	EQ-25
A地区 下部ひずみ	I	9.5 (9.58)	57.3 (32.81)	5.1 (32.42)	4.4 (0.01)	6.5 (0.01)
	II	11.7 (9.65)	51.3 (34.22)	6.5 (17.71)	9.8 (16.71)	5.2 (22.78)
	III	11.7 (9.65)	51.3 (34.22)	6.5 (17.71)	9.8 (16.71)	5.2 (22.78)
	IV	9.5 (9.58)	57.4 (32.81)	5.1 (32.42)	4.4 (0.01)	6.5 (0.01)
A地区 上部ひずみ	I	35.3 (12.21)	114.1 (30.21)	10.2 (10.01)	10.0 (16.73)	11.6 (0.01)
	II	42.1 (9.98)	147.0 (36.61)	37.0 (1.35)	35.4 (0.01)	34.4 (0.01)
	III	38.7 (9.97)	139.4 (36.61)	32.1 (1.35)	30.5 (1.37)	29.6 (0.01)
	IV	31.1 (17.87)	101.0 (30.21)	13.9 (0.01)	14.4 (0.01)	17.2 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	8.4 (22.73)	54.5 (36.27)	3.0 (1.63)	2.8 (16.92)	3.5 (1.31)
	II	8.6 (10.47)	53.4 (36.27)	3.0 (1.63)	2.9 (16.91)	3.4 (1.31)

	ゾーン	EQ-26	EQ-27	EQ-28	EQ-29	EQ-30
A地区 下部ひずみ	I	6.7 (1.30)	5.5 (1.17)	34.7 (20.89)	4.9 (0.01)	5.2 (19.31)
	II	10.3 (11.44)	5.9 (9.10)	38.9 (22.16)	4.3 (25.43)	7.4 (7.09)
	III	10.3 (11.44)	5.9 (9.10)	38.9 (22.16)	4.3 (25.43)	7.4 (7.09)
	IV	6.7 (1.30)	5.5 (1.17)	34.7 (20.89)	4.9 (0.01)	5.2 (19.31)
A地区 上部ひずみ	I	16.3 (0.01)	14.5 (0.01)	189.2 (9.24)	9.9 (0.01)	11.1 (0.01)
	II	20.2 (0.01)	8.4 (11.45)	169.2 (9.22)	35.9 (0.01)	23.8 (0.01)
	III	16.2 (0.01)	7.4 (37.36)	140.8 (9.21)	31.2 (0.01)	19.2 (0.01)
	IV	20.5 (0.01)	15.2 (0.01)	150.3 (9.24)	15.4 (0.01)	16.1 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	3.1 (1.55)	3.1 (7.13)	28.6 (24.31)	2.6 (1.83)	3.1 (26.76)
	II	3.2 (1.55)	3.2 (7.13)	28.2 (24.32)	2.6 (1.83)	3.2 (26.76)

付表 1. 1 (3) 伸縮ひずみ ϵ_x の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-31	EQ-32	EQ-33	EQ-34	EQ-35
A地区 下部ひずみ	I	5.4 (12.34)	9.7 (3.36)	————	5.4 (1.27)	4.1 (1.21)
	II	7.7 (0.02)	7.3 (37.34)	2.2 (6.90)	10.1 (7.56)	5.7 (2.18)
	III	7.7 (0.02)	7.3 (37.34)	2.2 (6.90)	10.1 (7.56)	5.7 (2.18)
	IV	5.4 (12.34)	9.7 (3.36)	————	5.4 (1.27)	4.1 (1.21)
A地区 上部ひずみ	I	12.8 (0.01)	20.8 (9.89)	7.8 (7.11)	23.1 (0.01)	14.0 (0.01)
	II	27.8 (10.21)	33.6 (10.37)	42.5 (0.01)	21.8 (31.16)	35.0 (0.01)
	III	24.5 (10.21)	28.9 (10.37)	36.8 (0.01)	22.2 (31.16)	30.5 (0.01)
	IV	14.0 (0.01)	19.4 (9.96)	11.7 (0.01)	26.4 (0.01)	19.1 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	4.4 (27.07)	3.0 (29.40)	6.7 (0.01)	12.3 (11.45)	4.8 (0.01)
	II	4.5 (32.88)	3.0 (29.40)	6.8 (0.01)	13.0 (11.45)	4.8 (0.01)

	ゾーン	EQ-36	EQ-37	EQ-38	EQ-39	EQ-40
A地区 下部ひずみ	I	2.8 (0.01)	2.9 (17.25)	3.2 (16.48)	10.5 (56.28)	2.5 (0.95)
	II	5.2 (9.19)	4.7 (17.25)	5.4 (25.71)	10.0 (60.54)	4.2 (17.32)
	III	5.2 (9.19)	4.7 (17.25)	5.4 (25.71)	10.0 (60.54)	4.2 (17.32)
	IV	2.8 (0.01)	2.9 (17.25)	3.2 (16.48)	10.5 (56.28)	2.5 (0.95)
A地区 上部ひずみ	I	11.4 (1.29)	15.8 (0.01)	15.8 (1.30)	29.5 (57.37)	15.9 (0.01)
	II	36.0 (0.01)	33.5 (0.01)	34.9 (0.01)	41.1 (0.01)	22.6 (0.02)
	III	31.7 (0.01)	29.6 (0.01)	30.6 (0.01)	36.2 (0.01)	18.7 (0.02)
	IV	16.4 (0.01)	20.3 (0.01)	19.5 (1.32)	25.0 (57.37)	20.0 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	3.8 (0.01)	3.1 (7.04)	6.7 (20.08)	8.7 (59.98)	7.3 (17.09)
	II	4.0 (0.01)	3.1 (7.04)	6.9 (20.09)	9.1 (59.98)	7.4 (17.09)

	ゾーン	EQ-41	EQ-42	EQ-43	EQ-44	EQ-45
A地区 下部ひずみ	I	5.5 (0.01)	3.4 (25.76)	5.4 (20.06)	4.1 (10.51)	22.1 (24.96)
	II	3.1 (7.36)	4.7 (0.02)	9.5 (32.30)	6.7 (11.64)	25.4 (25.55)
	III	3.1 (7.36)	4.7 (0.02)	9.5 (32.30)	6.7 (11.64)	25.4 (25.55)
	IV	5.5 (0.01)	3.4 (25.76)	5.4 (20.06)	4.1 (10.51)	22.1 (24.96)
A地区 上部ひずみ	I	15.3 (0.01)	14.7 (10.20)	21.8 (32.33)	19.6 (8.97)	81.4 (9.84)
	II	34.8 (0.01)	22.3 (0.01)	36.2 (10.46)	23.4 (0.03)	84.9 (9.85)
	III	30.8 (1.35)	19.6 (0.01)	31.5 (10.46)	19.5 (0.04)	68.1 (9.85)
	IV	20.1 (0.01)	16.7 (10.38)	21.0 (32.33)	23.0 (0.01)	60.1 (9.84)
B地区 下部ひずみ	I	2.2 (7.17)	6.3 (20.70)	7.8 (55.76)	5.5 (19.04)	19.3 (23.53)
	II	2.2 (7.17)	6.4 (20.70)	8.0 (55.76)	5.7 (19.04)	19.3 (23.52)

付表 1.1 (4) 伸縮ひずみ ϵ_x の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-46	EQ-47	EQ-48	EQ-49	EQ-50
A地区 下部ひずみ	I	4.8 (0.01)	2.7 (21.67)	1.5 (26.18)	2.9 (24.61)	3.4 (21.11)
	II	5.1 (7.55)	5.6 (11.29)	3.0 (16.71)	11.9 (11.40)	6.8 (30.00)
	III	5.0 (7.55)	5.6 (11.29)	3.0 (16.71)	11.9 (11.40)	6.8 (30.00)
	IV	4.8 (0.01)	2.7 (21.67)	1.5 (26.18)	2.9 (24.61)	3.4 (21.11)
A地区 上部ひずみ	I	12.8 (0.01)	13.0 (1.33)	11.1 (0.01)	14.7 (0.01)	16.4 (0.01)
	II	37.9 (0.01)	37.0 (0.01)	36.6 (0.01)	25.9 (0.01)	34.6 (0.01)
	III	33.2 (0.01)	32.4 (0.01)	32.2 (0.01)	21.6 (0.02)	30.4 (0.01)
	IV	18.3 (0.01)	17.9 (0.01)	16.2 (0.01)	19.4 (0.01)	21.1 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	3.4 (7.76)	7.3 (7.65)	4.4 (28.97)	9.1 (9.02)	6.8 (1.76)
	II	3.5 (7.76)	7.5 (7.65)	4.5 (28.98)	9.3 (9.02)	7.0 (1.76)

付表 1.2(1) 伸縮ひずみ ϵ_y の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン ¹⁾	EQ-1	EQ-2	EQ-3	EQ-4	EQ-5
A地区 下部ひずみ	I	5.8 (23.72) ²⁾	7.9 (13.53)	5.3 (8.37)	5.3 (13.82)	4.6 (3.10)
	II	5.7 (23.72)	7.9 (13.53)	5.3 (8.37)	5.3 (13.82)	4.6 (3.10)
	III	7.9 (32.70)	7.9 (43.66)	7.4 (33.69)	7.5 (31.31)	4.8 (26.20)
	IV	7.9 (32.70)	7.9 (43.66)	7.4 (33.69)	7.5 (31.31)	4.8 (26.20)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-6	EQ-7	EQ-8	EQ-9	EQ-10
A地区 下部ひずみ	I	9.0 (12.77)	5.3 (4.81)	6.8 (9.89)	5.0 (22.13)	37.6 (11.95)
	II	9.0 (12.77)	5.3 (4.81)	6.8 (9.89)	5.0 (22.13)	37.5 (11.95)
	III	10.6 (10.56)	5.5 (20.80)	5.7 (3.43)	4.8 (13.97)	22.7 (15.85)
	IV	10.6 (10.56)	5.5 (20.80)	5.7 (3.43)	4.8 (13.97)	22.7 (15.85)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-11	EQ-12	EQ-13	EQ-14	EQ-15
A地区 下部ひずみ	I	29.1 (7.68)	55.9 (19.10)	14.3 (25.93)	5.4 (33.89)	3.7 (21.81)
	II	29.1 (7.68)	55.9 (19.10)	14.3 (25.93)	5.4 (33.89)	3.7 (21.81)
	III	21.7 (22.13)	19.8 (37.80)	17.3 (35.06)	12.7 (10.45)	7.0 (22.63)
	IV	21.7 (22.13)	19.8 (37.80)	17.3 (35.06)	12.7 (10.45)	7.0 (22.63)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	17.9 (22.01)	13.9 (10.51)	6.4 (12.32)
	II	—	—	13.6 (30.34)	10.8 (10.51)	4.9 (12.32)
	III	—	—	14.9 (26.49)	10.7 (10.53)	4.3 (14.73)
	IV	—	—	14.6 (59.40)	12.8 (10.52)	5.6 (14.73)
B地区 下部ひずみ	I	—	—	11.3 (55.46)	4.8 (29.79)	4.5 (3.89)
	II	—	—	11.3 (55.46)	4.7 (29.79)	4.4 (3.89)

1) 図 4.1 参照

2) () 内は最大値をとる時刻 (単位: 秒)

付表 1. 2 (2) 伸縮ひずみ ϵ_y の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-16	EQ-17	EQ-18	EQ-19	EQ-20
A地区 下部ひずみ	I	11.9 (26.84)	2.7 (8.48)	4.0 (26.98)	3.1 (0.40)	3.1 (26.01)
	II	11.9 (26.84)	2.7 (8.48)	4.0 (26.98)	3.1 (0.40)	3.1 (26.01)
	III	15.4 (30.68)	3.0 (8.16)	4.3 (21.47)	3.1 (0.35)	7.5 (0.01)
	IV	15.4 (30.68)	3.0 (8.16)	4.3 (21.47)	3.1 (0.35)	7.5 (0.01)
A地区 上部ひずみ	I	32.0 (8.02)	3.0 (6.90)	9.7 (12.54)	4.6 (13.59)	76.1 (6.88)
	II	23.9 (8.03)	2.1 (6.90)	8.0 (12.54)	6.2 (10.26)	73.0 (6.88)
	III	23.4 (8.03)	3.3 (20.01)	4.5 (12.32)	8.1 (10.28)	12.1 (0.01)
	IV	29.2 (8.03)	2.2 (16.78)	6.0 (10.70)	5.4 (10.28)	8.0 (1.49)
B地区 下部ひずみ	I	9.7 (28.99)	2.6 (16.28)	3.5 (26.27)	3.0 (14.85)	2.5 (15.32)
	II	9.7 (28.99)	2.5 (16.28)	3.5 (26.27)	2.9 (14.85)	2.5 (15.32)

	ゾーン	EQ-21	EQ-22	EQ-23	EQ-24	EQ-25
A地区 下部ひずみ	I	10.0 (27.07)	42.2 (45.48)	12.4 (0.01)	5.0 (16.99)	9.4 (1.22)
	II	10.0 (27.07)	42.2 (45.48)	12.4 (0.01)	5.0 (16.99)	9.4 (1.22)
	III	24.0 (9.68)	53.5 (35.01)	5.0 (22.71)	10.2 (16.95)	5.5 (11.18)
	IV	24.0 (9.68)	53.5 (35.01)	5.0 (22.71)	10.2 (16.95)	5.5 (11.18)
A地区 上部ひずみ	I	28.7 (11.01)	416.3 (36.18)	14.3 (1.33)	16.0 (0.01)	12.3 (0.01)
	II	25.0 (0.01)	365.1 (36.15)	10.8 (1.33)	12.7 (0.03)	9.6 (0.01)
	III	25.8 (0.01)	39.5 (36.37)	19.7 (0.01)	22.3 (0.01)	19.2 (0.01)
	IV	26.0 (0.01)	69.4 (31.91)	21.9 (1.36)	24.5 (0.01)	21.1 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	15.8 (10.72)	67.7 (36.41)	4.0 (1.47)	4.1 (1.29)	2.7 (16.67)
	II	15.9 (10.72)	67.4 (36.41)	4.0 (1.47)	4.0 (1.29)	2.7 (16.67)

	ゾーン	EQ-26	EQ-27	EQ-28	EQ-29	EQ-30
A地区 下部ひずみ	I	7.9 (0.01)	10.0 (0.01)	30.0 (25.45)	5.0 (1.47)	5.2 (15.78)
	II	7.9 (0.01)	10.0 (0.01)	30.0 (25.45)	5.0 (1.47)	5.2 (15.78)
	III	5.9 (1.40)	4.9 (0.01)	72.2 (9.49)	4.9 (0.01)	7.7 (0.01)
	IV	5.9 (1.40)	4.9 (0.01)	72.3 (9.49)	4.9 (0.01)	7.7 (0.01)
A地区 上部ひずみ	I	8.1 (21.80)	12.2 (7.41)	87.0 (9.09)	13.7 (1.29)	8.0 (1.28)
	II	6.6 (21.80)	9.6 (7.41)	72.1 (9.11)	10.3 (1.32)	6.6 (1.33)
	III	21.7 (0.01)	8.4 (7.41)	66.4 (21.32)	18.8 (0.01)	24.3 (0.01)
	IV	21.7 (0.01)	10.3 (7.41)	77.6 (21.32)	21.0 (1.33)	25.2 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	3.7 (17.18)	4.2 (0.01)	38.1 (23.41)	5.2 (0.01)	5.6 (1.31)
	II	3.7 (17.18)	4.2 (0.01)	38.0 (23.41)	5.2 (0.01)	5.6 (1.31)

付表 1. 2 (3) 伸縮ひずみ ε_y の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-31	EQ-32	EQ-33	EQ-34	EQ-35
A地区 下部ひずみ	I	6.8 (46.07)	10.4 (34.13)	——	7.7 (0.01)	1.8 (8.76)
	II	6.8 (46.07)	10.4 (34.13)	——	7.7 (0.01)	1.8 (8.76)
	III	9.4 (37.36)	8.0 (19.46)	6.2 (6.84)	8.7 (9.19)	3.0 (2.59)
	IV	9.4 (37.36)	8.0 (19.46)	6.2 (6.84)	8.7 (9.19)	3.0 (2.59)
A地区 上部ひずみ	I	14.4 (10.31)	16.5 (10.30)	27.3 (0.01)	14.8 (11.33)	21.8 (0.01)
	II	11.3 (10.32)	12.8 (10.30)	21.4 (0.01)	12.4 (8.06)	17.6 (0.01)
	III	16.2 (10.34)	17.2 (10.22)	29.4 (0.01)	22.2 (1.36)	22.1 (0.01)
	IV	18.4 (10.34)	20.2 (10.22)	33.7 (0.01)	23.2 (1.36)	25.1 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	6.7 (26.20)	5.1 (37.22)	3.6 (25.18)	14.1 (11.50)	2.7 (11.13)
	II	6.7 (26.20)	5.1 (37.22)	3.6 (25.18)	14.0 (11.50)	2.7 (11.13)

	ゾーン	EQ-36	EQ-37	EQ-38	EQ-39	EQ-40
A地区 下部ひずみ	I	2.2 (11.38)	2.0 (1.57)	3.6 (1.22)	8.7 (79.82)	4.2 (0.01)
	II	2.2 (11.38)	2.0 (1.57)	3.6 (1.22)	8.7 (79.82)	4.3 (0.01)
	III	5.8 (7.66)	3.3 (1.45)	4.4 (10.77)	15.3 (73.48)	5.6 (16.97)
	IV	5.8 (7.66)	3.3 (1.45)	4.4 (10.77)	15.3 (73.48)	5.6 (16.97)
A地区 上部ひずみ	I	21.8 (0.01)	18.9 (0.01)	16.2 (0.01)	40.5 (58.32)	10.4 (0.01)
	II	17.0 (0.01)	15.2 (0.01)	12.5 (0.01)	34.3 (58.33)	8.0 (0.01)
	III	22.3 (0.01)	20.4 (0.01)	18.5 (0.01)	24.8 (0.01)	24.4 (0.01)
	IV	25.8 (0.01)	23.0 (0.01)	21.2 (0.01)	28.5 (0.01)	26.0 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	4.2 (17.35)	3.3 (0.01)	5.5 (22.02)	10.3 (92.49)	7.9 (16.95)
	II	4.2 (17.27)	3.3 (0.01)	5.5 (22.19)	10.2 (92.49)	7.9 (16.94)

	ゾーン	EQ-41	EQ-42	EQ-43	EQ-44	EQ-45
A地区 下部ひずみ	I	3.4 (7.36)	5.0 (23.18)	6.7 (30.95)	7.7 (1.16)	23.2 (24.64)
	II	3.4 (7.36)	5.0 (23.18)	6.7 (30.95)	7.7 (1.16)	23.2 (24.64)
	III	3.0 (19.16)	8.5 (48.45)	12.4 (19.93)	8.4 (11.95)	43.6 (24.49)
	IV	3.0 (19.16)	8.5 (48.45)	12.4 (19.93)	8.4 (11.95)	43.6 (24.49)
A地区 上部ひずみ	I	13.3 (1.41)	12.4 (0.05)	19.7 (9.85)	10.6 (0.01)	94.8 (8.41)
	II	10.5 (0.01)	9.6 (0.06)	15.1 (9.85)	8.7 (11.80)	74.5 (8.41)
	III	16.1 (0.01)	12.5 (0.04)	17.3 (9.87)	24.8 (0.01)	72.9 (8.42)
	IV	17.8 (0.01)	14.6 (0.04)	20.8 (9.86)	26.6 (0.01)	88.3 (8.42)
B地区 下部ひずみ	I	2.8 (11.15)	7.7 (20.80)	9.0 (47.10)	4.7 (18.67)	21.2 (26.29)
	II	2.7 (11.15)	7.7 (20.80)	9.0 (47.10)	28.2 (8.22)	21.1 (26.28)

付表 1. 2 (4) 伸縮ひずみ ϵ_y の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	E Q - 46	E Q - 47	E Q - 48	E Q - 49	E Q - 50
A 地区 下部ひずみ	I	5.9 (1.15)	2.5 (16.86)	2.2 (8.25)	2.9 (19.52)	4.0 (28.12)
	II	5.9 (1.15)	2.5 (16.86)	2.2 (8.25)	2.9 (19.52)	4.0 (28.12)
	III	2.1 (11.22)	7.6 (9.81)	4.9 (17.28)	11.1 (11.40)	7.7 (17.90)
	IV	2.1 (11.22)	7.6 (9.81)	4.9 (17.28)	11.1 (11.40)	7.7 (17.90)
A 地区 上部ひずみ	I	13.7 (0.01)	18.7 (0.01)	20.3 (0.01)	11.9 (8.51)	18.2 (0.01)
	II	11.2 (0.01)	14.9 (0.01)	16.0 (0.01)	9.7 (8.51)	14.7 (0.01)
	III	17.9 (0.01)	21.8 (0.01)	21.0 (0.01)	25.4 (0.01)	19.4 (0.01)
	IV	19.5 (0.01)	24.5 (0.01)	24.2 (0.01)	26.9 (0.01)	21.9 (0.01)
B 地区 下部ひずみ	I	2.5 (11.17)	10.9 (7.63)	3.4 (5.93)	8.6 (6.67)	6.0 (27.97)
	II	2.5 (11.17)	10.9 (7.63)	3.3 (5.93)	8.6 (6.67)	6.0 (27.97)

付表 1.3 (1) 伸縮ひずみ ϵ_z の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン ¹⁾	EQ-1	EQ-2	EQ-3	EQ-4	EQ-5
A地区 下部ひずみ	I	6.1 (17.06) ²⁾	6.4 (23.70)	8.5 (4.13)	7.2 (12.59)	6.9 (7.98)
	II	6.2 (17.05)	6.8 (21.91)	8.6 (4.18)	7.2 (12.59)	7.1 (7.98)
	III	6.4 (17.06)	7.2 (23.69)	8.8 (4.18)	7.5 (12.59)	7.3 (7.98)
	IV	6.3 (17.06)	6.8 (23.69)	8.7 (4.18)	7.5 (12.59)	7.1 (7.98)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-6	EQ-7	EQ-8	EQ-9	EQ-10
A地区 下部ひずみ	I	5.6 (15.35)	4.6 (26.32)	5.9 (4.81)	5.0 (19.77)	10.5 (5.98)
	II	5.7 (14.53)	4.7 (26.33)	5.8 (4.81)	5.0 (19.77)	10.5 (5.98)
	III	5.9 (14.53)	4.8 (26.33)	5.8 (4.81)	5.1 (19.77)	10.6 (5.97)
	IV	5.7 (15.35)	4.7 (26.33)	5.9 (4.81)	5.1 (19.77)	10.6 (5.97)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-11	EQ-12	EQ-13	EQ-14	EQ-15
A地区 下部ひずみ	I	14.6 (19.82)	16.9 (50.22)	12.9 (22.42)	5.0 (19.73)	4.3 (11.69)
	II	14.5 (19.82)	16.9 (50.22)	12.9 (22.43)	5.0 (19.73)	4.3 (13.44)
	III	14.4 (19.82)	16.9 (50.22)	12.4 (22.42)	5.1 (19.73)	4.5 (13.44)
	IV	14.6 (19.82)	16.8 (50.22)	12.4 (22.42)	5.0 (19.73)	4.5 (11.69)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	13.2 (22.42)	5.2 (21.45)	5.7 (37.52)
	II	—	—	12.5 (22.42)	5.1 (19.73)	5.3 (37.53)
	III	—	—	11.9 (22.42)	5.0 (19.73)	5.1 (37.53)
	IV	—	—	12.3 (22.42)	5.0 (19.73)	5.4 (37.53)
B地区 下部ひずみ	I	—	—	36.6 (33.23)	5.4 (30.40)	4.0 (16.33)
	II	—	—	37.2 (34.94)	5.3 (37.53)	6.7 (16.50)

1) 図 4.1 参照

2) () 内は最大値をとる時刻 (単位: 秒)

付表 1.3(2) 伸縮ひずみ ϵ_z の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-16	EQ-17	EQ-18	EQ-19	EQ-20
A地区 下部ひずみ	I	14.2 (25.79)	2.9 (4.39)	4.3 (30.17)	4.4 (0.52)	3.2 (25.06)
	II	14.3 (25.79)	2.9 (4.39)	4.5 (30.17)	4.5 (2.42)	3.2 (25.06)
	III	14.4 (25.79)	2.9 (4.38)	4.6 (30.18)	4.7 (2.43)	3.3 (25.06)
	IV	14.2 (25.79)	2.9 (4.39)	4.4 (30.18)	4.6 (2.43)	3.2 (25.06)
A地区 上部ひずみ	I	15.1 (25.80)	3.0 (4.39)	4.4 (30.18)	4.9 (2.43)	3.4 (0.02)
	II	14.0 (25.80)	2.8 (15.67)	4.5 (30.18)	4.3 (2.44)	3.1 (25.06)
	III	13.7 (25.79)	2.8 (15.61)	4.4 (30.18)	4.2 (2.43)	3.0 (25.06)
	IV	14.4 (25.80)	2.8 (4.38)	4.4 (30.18)	4.7 (2.42)	3.4 (0.02)
B地区 下部ひずみ	I	11.0 (19.04)	1.8 (3.66)	3.1 (31.29)	3.0 (8.75)	3.2 (7.46)
	II	11.2 (33.53)	3.1 (16.81)	2.8 (0.97)	2.4 (20.05)	2.4 (16.39)

	ゾーン	EQ-21	EQ-22	EQ-23	EQ-24	EQ-25
A地区 下部ひずみ	I	67.7 (4.59)	51.2 (33.57)	7.9 (17.62)	4.7 (0.01)	6.9 (13.46)
	II	72.0 (4.59)	51.3 (33.57)	8.1 (17.63)	5.0 (1.16)	7.0 (13.46)
	III	76.2 (4.59)	51.1 (33.57)	8.2 (17.62)	5.1 (1.16)	7.1 (13.46)
	IV	72.0 (4.59)	51.0 (33.57)	8.1 (17.62)	4.8 (1.29)	7.0 (13.46)
A地区 上部ひずみ	I	71.7 (4.59)	52.9 (33.57)	8.8 (17.62)	5.0 (1.16)	7.7 (13.46)
	II	71.7 (4.59)	50.0 (33.57)	8.2 (17.62)	4.1 (1.06)	7.5 (0.01)
	III	72.0 (4.59)	49.6 (33.57)	8.9 (0.01)	3.8 (25.33)	8.3 (0.01)
	IV	72.1 (4.59)	51.7 (33.57)	8.6 (0.01)	3.9 (1.06)	8.2 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	17.2 (10.93)	38.8 (36.26)	4.2 (8.63)	3.4 (1.54)	2.1 (15.28)
	II	7.8 (0.01)	27.0 (31.82)	3.1 (14.11)	5.2 (0.01)	4.1 (15.16)

	ゾーン	EQ-26	EQ-27	EQ-28	EQ-29	EQ-30
A地区 下部ひずみ	I	4.8 (1.25)	4.9 (1.48)	48.0 (21.23)	4.4 (12.00)	4.0 (21.96)
	II	4.8 (1.25)	4.9 (1.48)	48.3 (21.23)	4.6 (12.00)	4.0 (21.96)
	III	4.8 (1.25)	4.9 (8.76)	48.3 (21.23)	4.7 (12.00)	4.0 (21.96)
	IV	4.8 (1.25)	4.9 (1.48)	48.0 (21.23)	4.5 (12.00)	4.0 (21.96)
A地区 上部ひずみ	I	5.7 (1.25)	5.5 (1.48)	48.8 (21.23)	4.9 (12.00)	4.3 (21.96)
	II	6.9 (1.25)	6.0 (1.48)	47.5 (21.23)	5.2 (0.01)	4.1 (21.96)
	III	7.3 (1.25)	6.1 (1.34)	46.7 (21.23)	6.0 (0.01)	3.9 (21.96)
	IV	6.5 (1.25)	5.8 (1.48)	47.6 (21.23)	5.7 (0.01)	4.0 (21.96)
B地区 下部ひずみ	I	27.1 (0.89)	2.5 (8.58)	30.3 (17.95)	4.3 (0.01)	6.8 (1.28)
	II	4.4 (1.35)	6.2 (0.01)	19.7 (9.72)	4.4 (2.43)	4.5 (0.13)

付表 1.3(3) 伸縮ひずみ ϵ_z の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-31	EQ-32	EQ-33	EQ-34	EQ-35
A地区 下部ひずみ	I	6.3 (41.20)	7.9 (37.02)	——	8.9 (1.38)	3.2 (0.01)
	II	6.4 (41.20)	8.1 (37.02)	0.1 (0.80)	9.1 (1.38)	3.2 (0.01)
	III	6.3 (41.20)	8.4 (37.02)	0.2 (0.80)	9.1 (1.38)	3.2 (0.01)
	IV	6.3 (41.20)	8.2 (37.02)	0.1 (0.81)	9.0 (1.38)	3.2 (0.01)
A地区 上部ひずみ	I	6.6 (41.20)	8.0 (37.02)	0.4 (1.13)	8.6 (1.38)	3.4 (0.01)
	II	6.2 (41.20)	8.2 (37.02)	1.0 (1.35)	11.1 (1.38)	2.5 (0.01)
	III	6.0 (41.20)	8.5 (37.02)	2.3 (0.01)	12.3 (1.38)	1.9 (12.73)
	IV	6.3 (41.20)	8.4 (37.02)	1.7 (0.01)	10.6 (1.38)	2.1 (1.04)
B地区 下部ひずみ	I	6.2 (25.36)	1651.0 (28.90)	2719.3 (0.68)	117.0 (0.90)	5.5 (1.30)
	II	5.3 (22.92)	1713.5 (28.90)	2820.3 (0.68)	15.3 (1.40)	3.4 (11.05)

	ゾーン	EQ-36	EQ-37	EQ-38	EQ-39	EQ-40
A地区 下部ひずみ	I	2.9 (0.88)	6.1 (1.28)	3.6 (20.41)	13.0 (66.31)	3.2 (1.24)
	II	3.1 (0.88)	6.4 (1.28)	3.5 (20.41)	12.9 (66.31)	3.4 (1.24)
	III	3.3 (0.88)	6.6 (1.28)	3.5 (20.40)	12.8 (66.31)	3.5 (1.24)
	IV	3.1 (0.88)	6.3 (1.28)	3.5 (20.41)	12.9 (66.31)	3.4 (1.24)
A地区 上部ひずみ	I	3.0 (0.88)	6.4 (1.28)	3.7 (20.41)	13.4 (66.31)	3.7 (1.24)
	II	2.7 (0.79)	5.6 (1.28)	3.6 (20.41)	12.8 (66.31)	5.1 (1.24)
	III	2.7 (0.67)	4.9 (1.19)	3.6 (20.41)	12.4 (66.31)	5.5 (1.24)
	IV	2.9 (0.79)	5.4 (1.19)	3.7 (20.41)	12.9 (66.31)	4.6 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	3.3 (0.01)	4.2 (1.21)	5.0 (31.88)	11.6 (66.34)	3.8 (0.81)
	II	4.1 (17.60)	4.8 (1.99)	6.0 (24.57)	9.0 (116.30)	6.3 (17.06)

	ゾーン	EQ-41	EQ-42	EQ-43	EQ-44	EQ-45
A地区 下部ひずみ	I	4.0 (1.17)	7.2 (24.76)	9.2 (39.00)	6.2 (1.24)	25.4 (25.11)
	II	4.0 (1.17)	7.2 (24.76)	9.0 (39.00)	6.4 (1.24)	25.7 (25.11)
	III	4.1 (1.17)	7.2 (24.76)	9.0 (39.00)	6.7 (1.24)	25.6 (25.11)
	IV	4.1 (1.17)	7.2 (24.76)	9.2 (39.00)	6.5 (1.24)	25.4 (25.11)
A地区 上部ひずみ	I	4.7 (1.17)	7.4 (24.77)	9.0 (38.23)	6.8 (1.41)	27.1 (25.12)
	II	5.0 (1.31)	7.2 (24.76)	9.0 (39.00)	8.3 (1.24)	25.8 (25.11)
	III	5.6 (1.31)	7.1 (24.76)	9.0 (39.00)	9.0 (1.24)	25.0 (25.11)
	IV	5.4 (1.31)	7.2 (24.76)	8.9 (39.00)	7.8 (1.24)	25.9 (25.12)
B地区 下部ひずみ	I	4.9 (1.14)	8.4 (29.82)	8.8 (66.40)	7.3 (1.16)	13.3 (14.82)
	II	3.9 (1.07)	7.5 (50.87)	8.3 (37.97)	7.7 (31.61)	16.8 (26.39)

付表 1. 3(4) 伸縮ひずみ ϵ_z の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-46	EQ-47	EQ-48	EQ-49	EQ-50
A地区 下部ひずみ	I	5.2 (1.16)	3.5 (0.01)	1.9 (1.00)	4.9 (1.56)	2.5 (1.46)
	II	5.3 (1.16)	3.7 (0.01)	1.9 (1.00)	5.1 (1.56)	2.5 (1.47)
	III	5.5 (1.16)	3.8 (0.01)	1.8 (1.00)	5.3 (1.56)	2.5 (1.63)
	IV	5.4 (1.16)	3.6 (0.01)	1.8 (1.00)	5.0 (1.56)	2.4 (1.47)
A地区 上部ひずみ	I	5.8 (1.16)	3.9 (0.01)	2.0 (1.00)	6.1 (1.56)	3.2 (1.46)
	II	6.2 (1.16)	4.5 (0.01)	2.6 (0.01)	6.6 (1.56)	3.4 (1.46)
	III	6.6 (1.16)	5.5 (0.01)	3.5 (0.01)	6.8 (1.56)	4.0 (0.01)
	IV	6.4 (1.16)	5.2 (0.01)	3.1 (0.01)	6.4 (1.56)	3.9 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	4.0 (1.21)	5.5 (1.24)	3.8 (8.08)	5.5 (0.96)	3.8 (1.05)
	II	4.0 (11.31)	10.8 (8.89)	5.1 (5.97)	10.9 (6.66)	8.1 (27.98)

付表 1.4(1) せん断ひずみ γ_{xy} の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン ¹⁾	EQ-1	EQ-2	EQ-3	EQ-4	EQ-5
A地区 下部ひずみ	I	10.5 (22.71) ²⁾	8.8 (35.85)	7.7 (20.64)	10.6 (32.49)	8.1 (7.30)
	II	16.1 (20.25)	19.2 (8.50)	13.3 (18.73)	14.9 (12.42)	11.0 (7.02)
	III	16.3 (26.97)	21.5 (11.54)	14.4 (0.02)	16.5 (32.35)	9.7 (17.36)
	IV	5.0 (5.73)	8.7 (10.13)	6.4 (5.47)	6.6 (37.89)	7.6 (5.06)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-6	EQ-7	EQ-8	EQ-9	EQ-10
A地区 下部ひずみ	I	6.4 (12.94)	7.2 (18.24)	8.1 (21.39)	7.2 (16.15)	10.8 (22.34)
	II	34.0 (13.48)	7.7 (3.76)	14.0 (12.50)	8.7 (4.54)	93.8 (12.02)
	III	38.1 (13.50)	8.2 (16.78)	9.2 (12.95)	9.0 (4.65)	105.4 (11.98)
	IV	8.9 (31.28)	5.7 (3.49)	4.0 (7.93)	5.7 (16.91)	17.9 (11.68)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-11	EQ-12	EQ-13	EQ-14	EQ-15
A地区 下部ひずみ	I	20.7 (23.32)	19.5 (22.94)	13.1 (26.47)	6.6 (25.17)	6.6 (19.84)
	II	65.1 (7.67)	85.5 (8.11)	12.8 (22.86)	14.6 (10.50)	7.1 (26.38)
	III	83.0 (7.66)	99.0 (8.12)	19.9 (49.20)	26.8 (10.50)	10.3 (0.01)
	IV	16.1 (31.40)	17.8 (46.28)	19.1 (22.17)	13.9 (10.38)	6.1 (10.28)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	35.7 (11.96)	23.0 (10.22)	9.3 (0.01)
	II	—	—	37.7 (24.06)	22.4 (12.77)	16.9 (0.01)
	III	—	—	50.2 (24.04)	29.0 (10.25)	19.0 (7.10)
	IV	—	—	34.1 (26.07)	9.0 (12.15)	7.2 (32.89)
B地区 下部ひずみ	I	—	—	15.9 (71.59)	7.7 (10.55)	10.3 (0.01)
	II	—	—	16.1 (71.59)	7.7 (10.55)	10.4 (0.01)

1) 図 4.1 参照

2) () 内は最大値をとる時刻 (単位: 秒)

付表 1.4(2) セン断ひずみ γ_{xy} の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-16	EQ-17	EQ-18	EQ-19	EQ-20
A地区 下部ひずみ	I	9.8 (20.85)	2.4 (5.86)	6.3 (19.17)	4.7 (0.05)	5.0 (18.61)
	II	14.4 (19.33)	2.6 (18.13)	5.7 (18.88)	3.8 (0.44)	4.6 (27.82)
	III	18.1 (36.70)	3.6 (8.16)	7.1 (12.10)	3.4 (17.19)	5.0 (18.51)
	IV	14.6 (36.68)	2.6 (6.66)	6.3 (16.93)	4.7 (4.42)	5.7 (4.90)
A地区 上部ひずみ	I	52.7 (8.06)	4.2 (16.77)	14.5 (10.41)	8.2 (20.62)	14.5 (6.99)
	II	108.0 (9.98)	12.6 (20.01)	14.2 (8.76)	22.7 (10.37)	40.3 (0.01)
	III	58.9 (9.18)	7.9 (20.01)	17.9 (10.69)	13.5 (10.55)	21.9 (0.01)
	IV	79.9 (9.98)	5.9 (20.01)	6.8 (27.13)	11.0 (10.30)	17.1 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	20.4 (28.83)	4.5 (16.78)	5.1 (27.37)	4.9 (20.29)	5.1 (24.38)
	II	20.6 (28.83)	4.6 (16.77)	5.2 (27.38)	5.0 (20.29)	5.2 (24.38)

	ゾーン	EQ-21	EQ-22	EQ-23	EQ-24	EQ-25
A地区 下部ひずみ	I	11.9 (20.24)	49.0 (36.02)	7.0 (11.81)	5.3 (18.33)	4.6 (15.48)
	II	18.0 (19.84)	48.9 (27.72)	5.9 (1.54)	8.4 (19.62)	5.9 (11.45)
	III	27.1 (9.59)	160.2 (32.87)	7.2 (7.39)	18.9 (16.92)	9.0 (1.20)
	IV	20.3 (19.68)	127.2 (32.89)	12.4 (0.01)	7.6 (16.77)	9.9 (1.20)
A地区 上部ひずみ	I	45.9 (11.50)	323.0 (33.20)	17.6 (9.96)	14.5 (16.92)	10.3 (17.74)
	II	62.5 (9.92)	432.8 (33.31)	30.6 (0.01)	36.9 (1.30)	32.3 (0.01)
	III	66.8 (9.88)	439.3 (33.18)	75.8 (0.01)	75.2 (0.01)	75.3 (0.01)
	IV	40.5 (13.14)	219.8 (33.30)	58.4 (0.01)	55.1 (0.01)	59.1 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	14.2 (25.92)	95.7 (34.59)	6.6 (14.26)	8.4 (16.85)	5.2 (16.75)
	II	14.3 (25.92)	95.0 (34.60)	6.6 (14.26)	8.5 (16.85)	5.2 (16.75)

	ゾーン	EQ-26	EQ-27	EQ-28	EQ-29	EQ-30
A地区 下部ひずみ	I	7.8 (11.43)	6.4 (17.96)	49.0 (20.33)	5.2 (12.96)	6.9 (0.01)
	II	5.7 (11.50)	6.0 (1.33)	49.0 (20.47)	5.7 (20.38)	4.9 (17.19)
	III	11.6 (11.40)	9.7 (0.01)	73.2 (20.96)	7.9 (6.95)	11.0 (7.13)
	IV	12.0 (1.30)	13.8 (0.01)	42.7 (19.66)	9.1 (6.63)	5.4 (6.94)
A地区 上部ひずみ	I	20.2 (0.01)	20.4 (0.01)	122.5 (21.30)	10.7 (17.36)	14.9 (7.28)
	II	25.7 (0.01)	14.1 (0.01)	173.4 (9.09)	34.8 (1.34)	27.7 (0.01)
	III	61.0 (0.01)	22.6 (0.01)	254.6 (9.34)	72.7 (0.01)	67.9 (0.01)
	IV	60.8 (0.01)	27.0 (0.01)	231.0 (9.27)	56.6 (0.01)	59.9 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	8.1 (17.16)	7.4 (0.01)	52.9 (27.01)	9.6 (0.01)	11.7 (1.37)
	II	8.2 (17.16)	7.6 (0.01)	52.9 (27.01)	9.8 (0.01)	11.9 (1.37)

付表 1. 4 (3) セン断ひずみ γ_{xy} の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-31	EQ-32	EQ-33	EQ-34	EQ-35
A地区 下部ひずみ	I	7.7 (12.73)	6.1 (31.75)	—	5.6 (11.29)	2.6 (16.80)
	II	8.4 (35.30)	11.5 (29.25)	6.8 (6.87)	10.6 (0.01)	5.5 (8.68)
	III	10.9 (0.01)	9.8 (6.40)	6.5 (1.51)	13.5 (5.05)	10.3 (2.16)
	IV	8.8 (24.99)	9.4 (29.22)	3.1 (11.13)	10.0 (7.64)	8.2 (1.81)
A地区 上部ひずみ	I	16.4 (23.92)	22.7 (37.31)	16.3 (0.01)	34.1 (11.31)	12.1 (12.41)
	II	26.9 (10.27)	36.6 (10.15)	41.9 (1.37)	41.1 (0.01)	38.9 (1.29)
	III	55.8 (10.32)	64.3 (10.37)	89.6 (0.01)	69.5 (0.01)	75.8 (0.01)
	IV	36.7 (10.36)	44.1 (10.56)	51.5 (0.01)	55.8 (0.01)	49.0 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	6.8 (18.88)	5.4 (7.68)	7.0 (16.94)	24.6 (11.52)	4.6 (0.01)
	II	6.7 (0.01)	5.4 (7.68)	7.1 (16.94)	24.7 (11.52)	4.7 (0.01)

	ゾーン	EQ-36	EQ-37	EQ-38	EQ-39	EQ-40
A地区 下部ひずみ	I	1.9 (22.83)	3.5 (11.88)	5.9 (0.01)	11.7 (77.18)	4.7 (1.02)
	II	7.8 (7.28)	5.1 (1.15)	12.0 (0.01)	13.3 (77.25)	12.6 (0.01)
	III	11.5 (2.02)	8.2 (7.02)	11.2 (0.01)	20.0 (55.99)	10.3 (0.01)
	IV	6.0 (9.14)	8.9 (17.25)	5.7 (11.61)	15.2 (57.13)	4.4 (17.13)
A地区 上部ひずみ	I	10.0 (9.25)	11.0 (7.02)	13.7 (20.45)	37.6 (58.28)	11.2 (0.01)
	II	42.5 (0.01)	40.1 (1.34)	38.1 (0.01)	46.5 (0.01)	33.9 (0.01)
	III	79.2 (0.01)	71.9 (0.01)	75.0 (0.01)	88.2 (0.01)	67.3 (0.01)
	IV	46.9 (0.01)	48.2 (0.01)	51.0 (0.01)	54.7 (0.01)	52.7 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	5.6 (17.38)	4.8 (0.01)	14.1 (20.49)	18.9 (58.92)	13.4 (17.02)
	II	5.7 (17.38)	4.9 (0.01)	14.2 (20.49)	18.6 (58.92)	13.6 (17.02)

	ゾーン	EQ-41	EQ-42	EQ-43	EQ-44	EQ-45
A地区 下部ひずみ	I	3.3 (1.49)	5.5 (25.79)	9.8 (32.26)	5.2 (14.63)	23.8 (32.14)
	II	9.8 (7.25)	8.9 (42.97)	10.3 (31.62)	19.4 (0.01)	29.1 (14.88)
	III	5.6 (7.51)	11.4 (44.61)	15.7 (69.96)	18.2 (0.01)	61.4 (25.09)
	IV	5.6 (0.01)	7.0 (43.86)	11.5 (57.75)	9.5 (10.10)	38.6 (23.82)
A地区 上部ひずみ	I	8.6 (0.01)	15.5 (35.47)	21.4 (47.06)	19.1 (8.94)	94.5 (24.53)
	II	34.7 (1.36)	30.0 (10.13)	26.3 (9.84)	40.1 (0.01)	99.0 (10.34)
	III	70.5 (0.01)	46.2 (0.01)	53.2 (0.01)	74.2 (0.01)	137.8 (9.88)
	IV	55.5 (0.01)	33.7 (10.55)	60.8 (10.45)	57.5 (0.01)	103.8 (9.85)
B地区 下部ひずみ	I	2.5 (11.10)	12.6 (20.57)	12.0 (21.54)	8.2 (11.33)	36.2 (27.00)
	II	2.6 (11.26)	12.8 (20.57)	12.1 (21.54)	143.6 (8.24)	36.6 (27.00)

付表 1.4(4) せん断ひずみ γ_{xy} の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-46	EQ-47	EQ-48	EQ-49	EQ-50
A地区 下部ひずみ	I	3.3 (1.44)	4.0 (11.05)	2.0 (7.47)	6.0 (32.26)	4.8 (0.01)
	II	11.1 (1.33)	10.0 (0.01)	5.5 (0.07)	11.1 (0.01)	7.4 (22.10)
	III	4.7 (11.34)	13.0 (11.40)	8.6 (16.87)	23.6 (11.50)	13.7 (17.89)
	IV	5.5 (1.22)	6.0 (17.90)	4.3 (16.78)	14.1 (11.45)	7.3 (28.25)
A地区 上部ひずみ	I	5.8 (10.94)	12.5 (9.89)	9.0 (15.22)	14.5 (11.59)	10.4 (17.77)
	II	29.7 (0.01)	36.8 (1.29)	39.9 (1.37)	33.0 (0.01)	38.4 (0.01)
	III	71.1 (0.01)	75.8 (0.01)	76.8 (0.01)	70.2 (0.01)	74.2 (0.01)
	IV	57.3 (0.01)	51.9 (0.01)	48.3 (0.01)	56.0 (0.01)	51.6 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	6.4 (17.90)	19.9 (8.95)	7.2 (28.93)	20.0 (8.86)	13.0 (27.97)
	II	6.5 (17.90)	20.2 (8.95)	7.3 (28.93)	20.2 (8.81)	13.2 (27.97)

付表 1.5(1) セン断ひずみ r_{yz} の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン ¹⁾	EQ-1	EQ-2	EQ-3	EQ-4	EQ-5
A地区 下部ひずみ	I	10.3 (20.17) ²⁾	13.4 (23.69)	10.2 (4.31)	10.2 (12.21)	9.0 (3.44)
	II	10.6 (20.17)	13.6 (23.69)	10.1 (4.31)	10.4 (12.21)	9.1 (3.44)
	III	7.1 (21.97)	12.5 (6.94)	10.6 (18.86)	8.8 (34.85)	10.9 (3.41)
	IV	7.2 (21.97)	12.0 (6.94)	10.3 (18.86)	8.7 (9.34)	10.7 (3.41)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-6	EQ-7	EQ-8	EQ-9	EQ-10
A地区 下部ひずみ	I	12.0 (14.91)	11.5 (5.07)	9.3 (11.49)	9.7 (22.21)	26.2 (5.23)
	II	12.4 (3.89)	11.5 (5.07)	9.2 (11.49)	9.8 (22.21)	25.8 (5.23)
	III	14.8 (6.63)	12.6 (5.07)	11.8 (2.98)	9.9 (0.90)	25.4 (5.23)
	IV	14.3 (6.63)	12.6 (5.07)	11.9 (2.98)	10.0 (0.90)	25.8 (5.23)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-11	EQ-12	EQ-13	EQ-14	EQ-15
A地区 下部ひずみ	I	50.6 (6.54)	57.0 (10.68)	57.0 (11.06)	13.9 (12.78)	9.4 (6.90)
	II	51.0 (6.54)	58.1 (10.68)	57.4 (11.06)	13.9 (12.78)	9.4 (6.90)
	III	47.9 (6.54)	56.9 (7.52)	54.8 (10.74)	18.0 (10.78)	9.3 (7.44)
	IV	47.6 (6.54)	54.5 (7.53)	54.9 (10.74)	18.4 (10.78)	9.3 (7.44)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	53.9 (11.06)	14.6 (23.04)	12.1 (6.91)
	II	—	—	54.4 (11.06)	12.7 (23.04)	11.2 (6.90)
	III	—	—	55.6 (11.06)	15.9 (12.77)	10.4 (6.90)
	IV	—	—	56.9 (11.06)	17.5 (12.77)	9.2 (7.09)
B地区 下部ひずみ	I	—	—	54.7 (10.70)	10.7 (15.65)	9.4 (16.17)
	II	—	—	42.4 (33.26)	9.9 (15.85)	10.5 (12.42)

1) 図4.1参照

2) () 内は最大値をとる時刻(単位:秒)

付表 1.5 (2) セン断ひずみ γ_{yz} の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-16	EQ-17	EQ-18	EQ-19	EQ-20
A地区 下部ひずみ	I	45.0 (20.34)	2.0 (6.01)	7.3 (19.81)	4.3 (4.54)	17.3 (7.19)
	II	45.1 (20.34)	2.1 (6.01)	7.4 (19.81)	4.4 (4.54)	17.3 (7.19)
	III	45.8 (20.33)	1.7 (1.95)	8.5 (10.69)	3.7 (2.43)	16.2 (7.19)
	IV	45.7 (20.33)	1.7 (1.95)	8.4 (10.69)	3.8 (2.43)	16.2 (7.19)
A地区 上部ひずみ	I	42.2 (20.35)	4.3 (6.00)	6.2 (9.52)	8.8 (10.48)	17.5 (7.19)
	II	40.1 (20.35)	3.6 (18.41)	5.9 (9.51)	9.2 (10.48)	16.5 (7.19)
	III	35.4 (20.33)	2.6 (7.07)	7.3 (32.01)	6.8 (10.28)	15.6 (7.19)
	IV	34.7 (20.03)	3.0 (7.07)	7.4 (32.01)	4.5 (10.65)	16.2 (7.02)
B地区 下部ひずみ	I	23.0 (18.53)	2.6 (9.20)	5.0 (30.18)	3.9 (20.06)	10.7 (6.99)
	II	15.7 (38.77)	7.0 (16.65)	5.3 (27.13)	7.4 (20.18)	6.5 (6.78)

	ゾーン	EQ-21	EQ-22	EQ-23	EQ-24	EQ-25
A地区 下部ひずみ	I	101.1 (10.00)	155.5 (36.21)	14.9 (0.01)	9.7 (7.15)	12.3 (1.35)
	II	101.5 (10.00)	155.4 (36.21)	15.1 (0.01)	9.7 (7.15)	12.3 (1.35)
	III	94.4 (9.81)	127.4 (31.31)	13.3 (0.01)	9.5 (7.16)	10.0 (1.14)
	IV	94.5 (9.81)	128.1 (31.31)	13.1 (0.01)	9.5 (7.16)	10.0 (1.14)
A地区 上部ひずみ	I	81.7 (10.00)	150.0 (36.19)	19.4 (1.42)	17.2 (0.01)	12.6 (0.01)
	II	82.7 (10.00)	137.6 (36.19)	18.3 (0.01)	15.1 (0.01)	12.6 (0.01)
	III	84.5 (10.00)	141.9 (36.18)	14.4 (0.06)	25.3 (0.01)	15.8 (0.02)
	IV	86.6 (9.81)	158.9 (34.40)	16.0 (0.04)	27.9 (0.01)	16.8 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	82.4 (10.11)	87.9 (28.92)	9.0 (8.15)	4.4 (7.13)	5.7 (6.94)
	II	51.3 (9.73)	80.4 (32.48)	8.2 (7.79)	9.1 (16.94)	5.4 (0.01)

	ゾーン	EQ-26	EQ-27	EQ-28	EQ-29	EQ-30
A地区 下部ひずみ	I	14.0 (0.01)	18.2 (7.39)	190.2 (9.32)	15.3 (7.12)	8.5 (7.49)
	II	14.2 (0.01)	18.2 (7.39)	189.2 (9.32)	15.4 (7.12)	8.7 (7.49)
	III	11.7 (1.22)	17.0 (7.40)	198.5 (9.32)	14.7 (7.12)	9.3 (18.55)
	IV	11.7 (1.22)	17.1 (7.40)	199.6 (9.33)	14.6 (7.12)	9.3 (18.55)
A地区 上部ひずみ	I	11.5 (0.01)	14.8 (7.40)	156.4 (9.32)	15.2 (7.12)	8.7 (7.49)
	II	9.6 (11.24)	14.8 (7.40)	164.4 (9.32)	14.5 (7.12)	8.6 (7.49)
	III	18.8 (0.02)	18.7 (7.39)	221.6 (9.33)	18.0 (0.01)	28.3 (0.01)
	IV	20.4 (0.01)	20.0 (7.39)	231.7 (9.33)	19.7 (0.01)	30.7 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	3.6 (0.05)	13.8 (7.62)	193.6 (9.34)	87.8 (1.07)	97.1 (1.04)
	II	10.1 (1.34)	11.8 (0.01)	83.3 (23.16)	93.9 (1.07)	105.7 (1.06)

付表 1.5(3) せん断ひずみ γ_{yz} の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-31	EQ-32	EQ-33	EQ-34	EQ-35
A地区 下部ひずみ	I	14.0 (25.54)	12.0 (28.77)	——	39.3 (8.01)	4.1 (0.01)
	II	14.3 (25.54)	12.3 (2.27)	0.2 (6.87)	39.4 (8.01)	4.1 (0.01)
	III	16.0 (25.54)	9.3 (27.49)	2.1 (17.56)	36.9 (8.01)	4.9 (2.16)
	IV	15.7 (25.54)	9.2 (27.48)	2.0 (17.56)	36.7 (8.01)	5.0 (2.16)
A地区 上部ひずみ	I	17.5 (25.56)	13.9 (2.19)	15.9 (1.22)	41.8 (8.02)	12.6 (0.01)
	II	16.6 (25.56)	12.6 (2.20)	13.7 (0.01)	41.3 (8.02)	10.9 (0.01)
	III	19.6 (25.54)	15.0 (0.03)	31.9 (0.01)	39.1 (8.01)	27.0 (0.01)
	IV	19.6 (25.54)	17.6 (0.03)	35.5 (0.01)	41.1 (1.57)	29.7 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	12.0 (25.59)	1569.7 (28.90)	2584.1 (0.68)	33.3 (8.10)	2.7 (17.66)
	II	7.7 (27.22)	1556.3 (28.90)	2559.2 (0.68)	31.9 (11.41)	5.7 (12.37)

	ゾーン	EQ-36	EQ-37	EQ-38	EQ-39	EQ-40
A地区 下部ひずみ	I	5.4 (0.91)	8.2 (1.39)	8.8 (17.15)	47.7 (58.82)	5.7 (0.01)
	II	5.6 (0.90)	8.4 (1.39)	8.7 (17.15)	47.7 (58.82)	6.0 (0.01)
	III	6.1 (8.90)	4.0 (19.39)	9.5 (15.97)	44.7 (58.83)	7.2 (7.46)
	IV	6.3 (8.90)	3.9 (19.39)	9.5 (15.97)	44.7 (58.83)	7.3 (7.46)
A地区 上部ひずみ	I	12.4 (0.01)	7.6 (0.01)	15.6 (1.67)	42.2 (58.83)	7.6 (1.09)
	II	11.1 (0.02)	6.3 (0.01)	13.7 (1.67)	45.2 (58.83)	6.2 (7.28)
	III	24.8 (0.01)	26.4 (0.01)	22.5 (0.01)	52.7 (58.83)	22.0 (0.01)
	IV	27.6 (0.01)	28.8 (0.01)	25.0 (0.01)	53.4 (58.82)	23.7 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	4.9 (13.61)	2.8 (7.30)	10.1 (23.42)	42.5 (63.16)	6.3 (7.48)
	II	7.2 (17.49)	6.0 (1.87)	10.6 (20.17)	24.3 (57.14)	13.0 (17.01)

	ゾーン	EQ-41	EQ-42	EQ-43	EQ-44	EQ-45
A地区 下部ひずみ	I	9.2 (0.01)	13.3 (22.60)	20.9 (10.79)	21.3 (8.77)	55.7 (11.34)
	II	9.5 (0.01)	13.3 (22.60)	21.1 (10.79)	21.3 (8.77)	56.4 (11.34)
	III	5.2 (0.01)	12.4 (22.85)	21.1 (10.79)	26.0 (8.77)	57.4 (11.35)
	IV	5.0 (0.01)	12.4 (22.85)	21.0 (19.97)	26.0 (8.77)	56.7 (11.35)
A地区 上部ひずみ	I	12.0 (0.01)	11.9 (40.52)	36.1 (10.79)	32.8 (1.07)	58.9 (10.17)
	II	11.4 (0.01)	11.5 (20.80)	32.8 (10.79)	23.9 (1.04)	53.1 (11.35)
	III	13.9 (0.01)	14.4 (0.01)	34.1 (10.55)	28.0 (8.77)	59.6 (11.35)
	IV	15.1 (0.01)	16.2 (0.01)	36.2 (10.56)	31.0 (1.13)	58.3 (11.35)
B地区 下部ひずみ	I	3.0 (5.73)	13.2 (20.70)	21.8 (25.90)	24.1 (9.00)	61.5 (27.06)
	II	4.4 (9.07)	11.2 (20.38)	17.3 (35.33)	7147.9 (8.24)	35.2 (26.94)

付表 1.5(4) せん断ひずみ γ_{yz} の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-46	EQ-47	EQ-48	EQ-49	EQ-50
A地区 下部ひずみ	I	11.4 (1.19)	12.2 (8.50)	7.3 (6.78)	18.3 (8.89)	4.3 (28.78)
	II	11.6 (1.19)	12.3 (8.50)	7.4 (6.78)	18.2 (8.89)	4.2 (28.78)
	III	5.8 (1.15)	11.7 (8.50)	7.0 (6.78)	24.5 (8.89)	7.2 (28.17)
	IV	5.5 (1.15)	11.7 (8.50)	6.9 (6.78)	24.6 (8.89)	7.2 (28.17)
A地区 上部ひずみ	I	12.2 (1.20)	12.2 (8.50)	10.9 (0.09)	15.2 (8.60)	6.8 (17.90)
	II	11.5 (1.20)	12.4 (8.50)	10.0 (0.10)	15.0 (8.89)	6.1 (8.20)
	III	16.9 (0.04)	20.9 (0.01)	20.4 (0.01)	23.0 (8.88)	19.0 (0.01)
	IV	17.7 (0.03)	22.7 (0.01)	22.7 (0.01)	23.9 (8.88)	20.1 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	5.1 (1.12)	9.3 (8.56)	7.8 (1.05)	20.0 (8.94)	7.2 (18.10)
	II	6.2 (17.85)	21.7 (8.84)	9.5 (11.08)	20.9 (9.15)	12.8 (27.96)

付表 1.6(1) せん断ひずみ γ_{zx} の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン ¹⁾	EQ-1	EQ-2	EQ-3	EQ-4	EQ-5
A地区 下部ひずみ	I	6.1 (28.21) ²⁾	11.7 (1.48)	7.6 (5.27)	8.5 (17.61)	8.6 (3.39)
	II	13.6 (20.25)	16.6 (21.85)	11.7 (5.27)	13.0 (31.33)	11.1 (20.67)
	III	13.8 (20.25)	16.8 (21.85)	11.7 (1.96)	12.9 (31.33)	11.1 (20.67)
	IV	6.4 (28.21)	11.7 (6.36)	7.9 (4.13)	8.7 (17.61)	8.9 (3.39)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-6	EQ-7	EQ-8	EQ-9	EQ-10
A地区 下部ひずみ	I	11.0 (4.81)	3.9 (3.91)	5.4 (3.01)	7.4 (13.83)	25.4 (0.38)
	II	12.7 (4.80)	7.2 (9.28)	13.1 (3.02)	8.7 (27.76)	22.5 (0.37)
	III	12.7 (4.80)	7.3 (9.28)	13.1 (3.02)	8.6 (27.76)	22.6 (0.37)
	IV	11.1 (4.81)	4.1 (3.87)	5.4 (3.01)	7.6 (13.83)	25.5 (0.38)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—
B地区 下部ひずみ	I	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—

	ゾーン	EQ-11	EQ-12	EQ-13	EQ-14	EQ-15
A地区 下部ひずみ	I	35.3 (7.84)	56.3 (9.18)	59.9 (12.71)	11.0 (7.63)	5.8 (7.44)
	II	34.7 (7.85)	62.6 (9.18)	60.4 (12.71)	14.8 (8.64)	5.4 (22.10)
	III	35.2 (7.85)	62.6 (9.18)	60.4 (12.71)	14.5 (8.64)	5.4 (22.10)
	IV	35.8 (7.84)	56.4 (9.18)	59.9 (12.71)	11.1 (7.63)	5.9 (7.44)
A地区 上部ひずみ	I	—	—	68.0 (12.73)	14.4 (10.23)	8.6 (7.44)
	II	—	—	49.8 (12.69)	41.0 (0.18)	12.0 (11.53)
	III	—	—	51.9 (12.69)	38.3 (0.17)	11.2 (11.53)
	IV	—	—	68.3 (12.72)	13.3 (7.64)	7.9 (7.44)
B地区 下部ひずみ	I	—	—	42.5 (18.41)	12.3 (8.17)	6.6 (16.07)
	II	—	—	37.6 (34.87)	9.0 (10.69)	11.5 (16.61)

1) 図 4.1 参照

2) () 内は最大値をとる時刻 (単位: 秒)

付表 1.6(2) せん断ひずみ γ_{zx} の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-16	EQ-17	EQ-18	EQ-19	EQ-20
A地区 下部ひずみ	I	29.9 (17.98)	4.0 (0.38)	13.6 (8.49)	3.9 (6.98)	7.8 (23.10)
	II	32.9 (18.32)	5.7 (0.01)	12.4 (8.49)	3.3 (4.55)	7.8 (1.17)
	III	32.8 (18.32)	5.8 (0.01)	12.4 (8.49)	3.4 (4.54)	7.8 (1.17)
	IV	29.9 (17.98)	4.0 (0.38)	13.7 (8.49)	4.0 (6.99)	7.9 (23.10)
A地区 上部ひずみ	I	40.3 (18.34)	6.6 (20.01)	13.0 (8.28)	7.7 (0.13)	14.9 (0.11)
	II	29.6 (17.98)	9.2 (0.26)	17.5 (10.46)	12.3 (0.12)	30.8 (0.03)
	III	30.7 (17.98)	9.0 (0.26)	16.3 (10.46)	13.5 (0.09)	33.0 (0.02)
	IV	39.1 (18.34)	6.4 (20.01)	12.3 (8.28)	7.4 (0.11)	14.1 (0.10)
B地区 下部ひずみ	I	36.8 (12.64)	2.1 (9.63)	10.9 (8.57)	3.9 (20.02)	4.7 (20.18)
	II	22.6 (12.19)	2.8 (16.79)	7.3 (8.14)	4.9 (20.30)	4.4 (24.45)

	ゾーン	EQ-21	EQ-22	EQ-23	EQ-24	EQ-25
A地区 下部ひずみ	I	78.6 (9.86)	98.7 (25.66)	6.5 (10.44)	7.4 (0.95)	8.6 (25.13)
	II	75.7 (12.32)	115.0 (34.14)	6.3 (9.14)	8.3 (16.90)	5.2 (19.78)
	III	75.8 (12.32)	119.0 (34.14)	6.1 (9.14)	8.0 (19.65)	5.3 (19.78)
	IV	78.9 (9.86)	99.9 (25.66)	6.6 (10.44)	7.5 (0.95)	8.8 (25.13)
A地区 上部ひずみ	I	80.4 (9.85)	153.5 (34.15)	19.3 (0.01)	13.2 (0.01)	23.2 (0.01)
	II	52.8 (9.85)	106.7 (26.61)	37.0 (1.42)	41.0 (0.01)	33.8 (1.31)
	III	56.2 (9.85)	99.8 (26.62)	32.3 (1.41)	35.3 (0.01)	30.3 (1.31)
	IV	79.2 (9.85)	148.2 (34.14)	21.5 (0.01)	16.6 (0.01)	24.8 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	58.7 (9.96)	111.2 (32.25)	5.1 (20.34)	3.6 (16.82)	5.5 (10.46)
	II	30.6 (10.36)	64.4 (30.91)	5.1 (14.47)	8.1 (16.88)	5.0 (16.84)

	ゾーン	EQ-26	EQ-27	EQ-28	EQ-29	EQ-30
A地区 下部ひずみ	I	5.1 (11.38)	7.8 (18.30)	286.9 (9.32)	9.2 (24.47)	6.4 (20.77)
	II	6.7 (2.56)	9.9 (9.68)	285.1 (9.32)	7.7 (16.81)	6.4 (1.09)
	III	6.7 (2.56)	9.8 (9.68)	285.1 (9.32)	7.9 (16.81)	6.5 (21.40)
	IV	5.6 (11.38)	7.9 (18.30)	286.9 (9.32)	9.3 (24.47)	6.5 (20.77)
A地区 上部ひずみ	I	19.9 (1.56)	11.9 (11.01)	327.0 (9.33)	18.9 (0.01)	15.0 (1.41)
	II	53.4 (1.34)	26.3 (1.30)	248.1 (9.31)	36.3 (0.01)	55.6 (1.28)
	III	50.5 (1.34)	25.3 (1.30)	261.5 (9.31)	31.9 (0.01)	52.2 (1.28)
	IV	21.3 (1.46)	11.1 (11.01)	329.9 (9.32)	20.8 (0.01)	17.0 (0.01)
B地区 下部ひずみ	I	2.9 (25.89)	8.6 (7.31)	231.0 (9.30)	7.1 (0.01)	3.8 (11.58)
	II	6.6 (17.19)	7.5 (0.01)	136.9 (9.44)	11.1 (0.01)	9.3 (1.39)

付表 1.6(3) せん断ひずみ τ_{zx} の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-31	EQ-32	EQ-33	EQ-34	EQ-35
A地区 下部ひずみ	I	14.9 (20.89)	7.4 (10.24)	——	49.9 (7.87)	2.4 (6.82)
	II	14.8 (21.20)	8.5 (2.61)	2.7 (0.80)	55.4 (7.87)	5.4 (11.43)
	III	14.7 (21.20)	8.5 (2.61)	2.7 (0.80)	55.3 (7.87)	5.4 (11.43)
	IV	14.9 (20.89)	7.3 (10.23)	0.1 (11.13)	49.8 (7.87)	2.4 (6.83)
A地区 上部ひずみ	I	16.2 (24.84)	9.3 (47.50)	10.6 (1.47)	51.8 (7.88)	9.2 (0.06)
	II	25.1 (10.25)	28.3 (10.32)	41.5 (0.01)	69.4 (1.46)	35.9 (0.01)
	III	22.0 (10.24)	24.5 (10.25)	35.0 (1.26)	63.2 (1.46)	30.6 (0.01)
	IV	15.2 (24.84)	9.3 (47.50)	13.6 (1.47)	51.5 (7.88)	12.4 (0.03)
B地区 下部ひずみ	I	13.6 (22.24)	1530.6 (28.90)	2520.8 (0.68)	47.7 (7.96)	5.4 (12.43)
	II	10.6 (24.43)	1596.7 (28.90)	2630.3 (0.68)	33.1 (11.45)	5.3 (11.06)

	ゾーン	EQ-36	EQ-37	EQ-38	EQ-39	EQ-40
A地区 下部ひずみ	I	3.5 (10.74)	4.8 (1.34)	9.2 (24.97)	45.9 (56.80)	3.0 (23.95)
	II	6.5 (9.69)	5.1 (1.12)	8.8 (19.55)	48.4 (56.80)	5.8 (9.92)
	III	6.4 (9.69)	5.3 (1.12)	8.8 (19.55)	48.6 (56.80)	5.8 (9.92)
	IV	3.6 (10.74)	4.6 (1.34)	9.2 (24.97)	46.0 (56.80)	3.1 (7.41)
A地区 上部ひずみ	I	9.3 (0.04)	11.5 (0.04)	14.7 (1.19)	50.1 (56.80)	21.5 (1.56)
	II	34.4 (0.01)	33.8 (0.01)	37.4 (0.01)	48.8 (0.01)	54.6 (1.20)
	III	29.3 (0.01)	29.2 (0.01)	32.7 (0.01)	42.1 (0.01)	51.9 (1.21)
	IV	12.3 (0.02)	14.3 (0.02)	16.4 (1.28)	50.1 (56.80)	22.4 (1.56)
B地区 下部ひずみ	I	4.8 (15.37)	5.7 (0.01)	7.9 (32.92)	32.4 (63.17)	8.7 (1.05)
	II	5.9 (17.89)	4.7 (7.39)	13.7 (20.30)	21.9 (58.68)	12.8 (16.99)

	ゾーン	EQ-41	EQ-42	EQ-43	EQ-44	EQ-45
A地区 下部ひずみ	I	3.5 (1.26)	16.1 (14.90)	27.3 (13.40)	50.6 (8.74)	82.4 (15.08)
	II	6.0 (0.01)	16.2 (31.67)	26.0 (13.40)	54.8 (8.94)	82.7 (15.08)
	III	6.3 (0.01)	16.3 (31.67)	26.1 (13.40)	54.6 (8.94)	83.0 (15.08)
	IV	3.7 (1.26)	16.1 (14.90)	27.4 (13.40)	50.7 (8.74)	82.6 (15.08)
A地区 上部ひずみ	I	26.4 (0.01)	28.2 (10.38)	33.1 (13.41)	60.7 (8.95)	104.5 (15.08)
	II	38.4 (0.01)	22.2 (10.37)	36.9 (10.49)	70.2 (1.14)	67.6 (15.09)
	III	34.5 (0.01)	21.1 (10.37)	32.5 (10.49)	64.4 (1.14)	71.8 (15.09)
	IV	28.0 (0.01)	27.8 (10.38)	32.4 (13.41)	60.9 (8.95)	103.0 (15.08)
B地区 下部ひずみ	I	3.0 (8.86)	18.0 (15.03)	22.7 (11.06)	48.6 (9.00)	64.2 (17.10)
	II	3.0 (9.89)	14.6 (20.80)	15.6 (20.65)	29.0 (8.58)	39.1 (26.13)

付表 1.6 (4) せん断ひずみ γ_{zx} の最大値 ($\times 10^{-6}$)

	ゾーン	EQ-46	EQ-47	EQ-48	EQ-49	EQ-50
A地区 下部ひずみ	I	6.2 (0.01)	6.9 (8.70)	2.5 (14.98)	15.1 (8.59)	7.4 (8.13)
	II	10.0 (0.01)	9.4 (8.44)	3.9 (6.72)	17.2 (8.91)	6.6 (8.13)
	III	10.2 (0.01)	9.3 (8.44)	3.9 (6.71)	17.0 (8.91)	6.6 (8.13)
	IV	6.4 (0.01)	7.0 (8.70)	2.6 (14.98)	15.2 (8.59)	7.4 (8.13)
A地区 上部ひずみ	I	29.5 (0.01)	19.1 (1.21)	14.1 (0.01)	26.7 (0.01)	23.7 (1.32)
	II	38.8 (0.01)	34.3 (0.01)	33.6 (0.01)	58.5 (1.19)	29.8 (0.01)
	III	34.8 (0.01)	29.7 (0.01)	29.8 (1.35)	55.0 (1.19)	26.2 (0.01)
	IV	30.8 (0.01)	20.1 (0.01)	16.4 (0.01)	26.9 (0.01)	24.7 (1.32)
B地区 下部ひずみ	I	3.5 (17.86)	13.4 (8.52)	7.4 (11.19)	17.9 (8.96)	9.1 (27.89)
	II	5.3 (11.27)	16.6 (7.62)	10.6 (29.00)	23.6 (9.05)	12.9 (17.52)

付属資料 2

最大速度の一覧

000000

第一〇五五八八

付表 2 (1) 最大速度の一覧 (単位: cm/秒)

観測点	成 分	EQ - 1	EQ - 2	EQ - 3	EQ - 4	EQ - 5
A46C0	v_x	0.12 (8.76) ¹⁾	0.27 (0.03)	0.18 (0.04)	0.18 (0.15)	0.14 (4.76)
	v_y	0.12 (4.47)	0.31 (6.82)	0.15 (5.48)	0.16 (11.08)	0.19 (3.13)
	v_z	0.11 (19.56)	0.14 (8.31)	0.09 (0.59)	0.16 (7.17)	0.10 (7.89)
	$(v_x+v_y)/2$	0.12	0.29	0.17	0.17	0.17
	$(v_y+v_z)/2$	0.12	0.23	0.12	0.16	0.15
	$(v_z+v_x)/2$	0.12	0.21	0.14	0.17	0.12
A2C0	v_x	0.22 (4.23)	0.60 (1.03)	0.27 (0.12)	0.24 (2.30)	0.21 (3.28)
	v_y	0.27 (4.06)	0.31 (1.15)	0.17 (1.46)	0.16 (4.24)	0.25 (3.33)
	v_z	0.11 (8.80)	0.21 (3.12)	0.18 (1.23)	0.22 (7.15)	0.13 (4.76)
	$(v_x+v_y)/2$	0.25	0.46	0.22	0.20	0.23
	$(v_y+v_z)/2$	0.19	0.26	0.18	0.19	0.19
	$(v_z+v_x)/2$	0.17	0.41	0.23	0.23	0.17
B53C0	v_x	0.13 (5.78)	0.26 (2.37)	0.15 (2.35)	0.18 (3.38)	0.16 (3.03)
	v_y	0.11 (24.38)	0.31 (1.49)	0.13 (1.33)	0.18 (0.94)	0.17 (3.97)
	v_z	0.09 (5.52)	0.17 (8.75)	0.11 (7.90)	0.11 (21.69)	0.09 (3.37)
	$(v_x+v_y)/2$	0.12	0.29	0.14	0.18	0.17
	$(v_y+v_z)/2$	0.10	0.24	0.12	0.15	0.13
	$(v_z+v_x)/2$	0.11	0.22	0.13	0.15	0.13

観測点	成 分	EQ - 6	EQ - 7	EQ - 8	EQ - 9	EQ - 10
A46C0	v_x	0.37 (4.49)	0.09 (3.76)	0.22 (2.74)	0.10 (9.27)	0.78 (15.40)
	v_y	0.38 (13.70)	0.14 (3.28)	0.21 (3.28)	0.10 (4.13)	0.73 (5.59)
	v_z	0.16 (10.16)	0.08 (1.16)	0.10 (13.42)	0.08 (26.35)	0.31 (15.85)
	$(v_x+v_y)/2$	0.38	0.12	0.22	0.10	0.76
	$(v_y+v_z)/2$	0.27	0.11	0.16	0.09	0.52
	$(v_z+v_x)/2$	0.27	0.09	0.16	0.09	0.55
A2C0	v_x	0.65 (4.43)	0.17 (3.58)	0.48 (2.95)	0.15 (3.52)	0.88 (15.50)
	v_y	0.59 (13.90)	0.48 (3.49)	0.45 (3.38)	0.30 (0.17)	1.27 (5.37)
	v_z	0.22 (32.58)	0.09 (14.06)	0.13 (7.35)	0.13 (3.44)	0.44 (15.84)
	$(v_x+v_y)/2$	0.62	0.33	0.47	0.23	1.08
	$(v_y+v_z)/2$	0.41	0.29	0.29	0.22	0.86
	$(v_z+v_x)/2$	0.44	0.13	0.31	0.14	0.66
B53C0	v_x	0.33 (1.60)	0.10 (3.13)	0.28 (5.91)	0.10 (2.92)	0.78 (13.30)
	v_y	0.36 (16.43)	0.19 (3.23)	0.37 (2.82)	0.11 (0.48)	0.74 (5.52)
	v_z	0.16 (19.98)	0.07 (0.98)	0.10 (3.40)	0.08 (0.92)	0.31 (23.00)
	$(v_x+v_y)/2$	0.35	0.15	0.33	0.11	0.76
	$(v_y+v_z)/2$	0.26	0.13	0.24	0.10	0.53
	$(v_z+v_x)/2$	0.25	0.09	0.19	0.09	0.55

1) () 内は最大値をとる時刻 (単位: 秒)

付表 2 (2) 最大速度の一覧 (単位: cm/秒)

観測点	成 分	EQ-11	EQ-12	EQ-13	EQ-14	EQ-15
A46C0	v_x	0.93 (9.54)	1.02 (9.56)	1.03 (12.31)	0.28 (7.86)	0.14 (7.57)
	v_y	0.73 (7.14)	1.27 (8.84)	1.19 (12.37)	0.49 (7.95)	0.19 (7.01)
	v_z	0.41 (8.78)	0.60 (21.22)	0.54 (24.77)	0.46 (0.37)	0.07 (8.42)
	$(v_x+v_y)/2$	0.83	1.15	1.11	0.39	0.17
	$(v_y+v_z)/2$	0.57	0.94	0.87	0.48	0.13
	$(v_z+v_x)/2$	0.67	0.81	0.79	0.37	0.11
A2C0	v_x	1.70 (7.76)	2.55 (9.35)	2.48 (12.89)	0.65 (8.69)	0.29 (8.20)
	v_y	1.21 (8.18)	2.44 (7.09)	2.40 (10.62)	0.84 (7.46)	0.53 (8.39)
	v_z	0.66 (9.51)	0.74 (21.87)	0.79 (25.40)	1.18 (0.39)	0.12 (15.96)
	$(v_x+v_y)/2$	1.46	2.50	2.44	0.75	0.41
	$(v_y+v_z)/2$	0.94	1.59	1.60	1.01	0.33
	$(v_z+v_x)/2$	1.18	1.65	1.64	0.92	0.21
B53C0	v_x	0.95 (9.56)	1.04 (8.70)	1.17 (12.23)	0.31 (8.51)	0.19 (8.05)
	v_y	0.66 (8.43)	1.24 (23.98)	1.22 (27.51)	0.43 (7.72)	0.24 (7.40)
	v_z	0.46 (8.16)	0.57 (39.04)	0.77 (32.04)	0.52 (0.37)	0.07 (8.09)
	$(v_x+v_y)/2$	0.81	1.14	1.20	0.37	0.22
	$(v_y+v_z)/2$	0.56	0.91	1.00	0.48	0.16
	$(v_z+v_x)/2$	0.71	0.81	0.97	0.42	0.13

観測点	成 分	EQ-16	EQ-17	EQ-18	EQ-19	EQ-20
A46C0	v_x	0.79 (22.51)	0.05 (7.34)	0.33 (8.20)	0.05 (11.47)	0.14 (9.42)
	v_y	0.83 (19.13)	0.05 (7.58)	0.18 (8.29)	0.10 (10.34)	0.48 (6.92)
	v_z	0.45 (26.02)	0.05 (0.30)	0.23 (0.54)	0.03 (4.60)	0.10 (1.19)
	$(v_x+v_y)/2$	0.81	0.05	0.26	0.08	0.31
	$(v_y+v_z)/2$	0.64	0.05	0.21	0.07	0.29
	$(v_z+v_x)/2$	0.62	0.05	0.28	0.04	0.12
A2C0	v_x	1.49 (18.16)	0.10 (7.12)	0.68 (8.41)	0.07 (10.71)	0.26 (10.51)
	v_y	1.51 (20.17)	0.10 (7.53)	0.35 (10.78)	0.20 (10.68)	1.10 (7.11)
	v_z	0.79 (26.60)	0.15 (0.27)	0.35 (0.51)	0.07 (4.63)	0.19 (1.22)
	$(v_x+v_y)/2$	1.50	0.10	0.52	0.14	0.68
	$(v_y+v_z)/2$	1.15	0.13	0.35	0.14	0.65
	$(v_z+v_x)/2$	1.14	0.13	0.52	0.07	0.23
B53C0	v_x	0.73 (18.53)	0.04 (6.81)	0.28 (8.21)	0.08 (10.26)	0.18 (6.77)
	v_y	0.60 (24.45)	0.07 (6.92)	0.13 (9.68)	0.11 (10.30)	0.39 (6.88)
	v_z	0.42 (24.86)	0.05 (0.20)	0.17 (0.55)	0.03 (7.59)	0.08 (1.16)
	$(v_x+v_y)/2$	0.67	0.06	0.21	0.10	0.29
	$(v_y+v_z)/2$	0.51	0.06	0.15	0.07	0.24
	$(v_z+v_x)/2$	0.58	0.05	0.23	0.06	0.13

付表 2 (3) 最大速度の一覧 (単位: cm/秒)

観測点	成分	EQ-21	EQ-22	EQ-23	EQ-24	EQ-25
A46C0	v_x	1.24 (9.76)	3.21 (36.83)	0.16 (8.11)	0.12 (17.70)	0.08 (11.31)
	v_y	2.05 (9.72)	4.58 (33.52)	0.26 (7.91)	0.15 (6.88)	0.15 (6.85)
	v_z	0.97 (5.08)	1.29 (34.45)	0.11 (7.37)	0.07 (17.30)	0.08 (6.18)
	$(v_x+v_y)/2$	1.65	3.90	0.21	0.14	0.12
	$(v_y+v_z)/2$	1.51	2.94	0.19	0.11	0.12
	$(v_z+v_x)/2$	1.11	2.25	0.14	0.10	0.08
A2C0	v_x	3.37 (9.95)	5.24 (30.26)	0.37 (8.30)	0.18 (7.04)	0.10 (10.47)
	v_y	4.93 (9.92)	7.20 (33.33)	0.57 (8.11)	0.38 (7.08)	0.34 (7.09)
	v_z	1.54 (11.39)	2.09 (33.31)	0.25 (7.52)	0.11 (8.67)	0.08 (15.98)
	$(v_x+v_y)/2$	4.15	6.22	0.47	0.28	0.22
	$(v_y+v_z)/2$	3.24	4.65	0.41	0.25	0.21
	$(v_z+v_x)/2$	2.46	3.67	0.31	0.15	0.09
B53C0	v_x	1.47 (9.82)	3.04 (31.89)	0.18 (10.32)	0.08 (7.32)	0.09 (6.75)
	v_y	2.24 (9.79)	4.69 (32.04)	0.41 (8.43)	0.14 (6.83)	0.15 (6.80)
	v_z	0.57 (15.26)	1.94 (34.67)	0.14 (7.46)	0.06 (0.88)	0.04 (7.85)
	$(v_x+v_y)/2$	1.86	3.87	0.30	0.11	0.12
	$(v_y+v_z)/2$	1.41	3.32	0.28	0.10	0.10
	$(v_z+v_x)/2$	1.02	2.49	0.16	0.07	0.07

観測点	成分	EQ-26	EQ-27	EQ-28	EQ-29	EQ-30
A46C0	v_x	0.12 (11.86)	0.17 (10.96)	4.44 (8.93)	0.14 (7.53)	0.13 (11.65)
	v_y	0.08 (7.47)	0.54 (7.27)	4.69 (8.97)	0.39 (7.03)	0.26 (7.23)
	v_z	0.14 (1.29)	0.17 (1.35)	1.68 (23.37)	0.10 (1.23)	0.11 (1.26)
	$(v_x+v_y)/2$	0.10	0.36	4.57	0.27	0.20
	$(v_y+v_z)/2$	0.11	0.36	3.19	0.25	0.19
	$(v_z+v_x)/2$	0.13	0.17	3.06	0.12	0.12
A2C0	v_x	0.18 (7.75)	0.35 (8.50)	12.34 (9.16)	0.26 (7.13)	0.18 (7.42)
	v_y	0.16 (7.76)	1.12 (7.48)	8.80 (9.21)	0.95 (7.21)	0.56 (7.42)
	v_z	0.23 (1.23)	0.32 (1.32)	2.13 (22.86)	0.20 (1.21)	0.17 (1.23)
	$(v_x+v_y)/2$	0.17	0.74	10.57	0.61	0.37
	$(v_y+v_z)/2$	0.20	0.72	5.47	0.58	0.37
	$(v_z+v_x)/2$	0.21	0.34	7.24	0.23	0.18
B53C0	v_x	0.09 (7.40)	0.28 (7.46)	4.92 (8.89)	0.18 (7.36)	0.12 (7.15)
	v_y	0.09 (7.45)	0.50 (7.22)	3.48 (23.43)	0.30 (6.92)	0.26 (7.12)
	v_z	0.12 (1.23)	0.19 (1.32)	1.45 (28.51)	0.09 (1.20)	0.13 (1.23)
	$(v_x+v_y)/2$	0.09	0.39	4.2	0.24	0.19
	$(v_y+v_z)/2$	0.11	0.35	2.47	0.20	0.20
	$(v_z+v_x)/2$	0.11	0.24	3.19	0.14	0.13

付表 2(4) 最大速度の一覧 (単位: cm/秒)

観測点	成 分	EQ-31	EQ-32	EQ-33	EQ-34	EQ-35
A46C0	v_x	0.35 (21.50)	0.14 (32.14)	0.0	1.16 (7.58)	0.09 (2.75)
	v_y	0.37 (21.16)	0.15 (37.81)	0.0	0.84 (8.16)	0.06 (9.53)
	v_z	0.21 (32.80)	0.15 (37.78)	0.0	1.03 (1.33)	0.07 (2.75)
	$(v_x+v_y)/2$	0.36	0.15	0.0	1.00	0.08
	$(v_y+v_z)/2$	0.29	0.15	0.0	0.94	0.07
	$(v_z+v_x)/2$	0.28	0.15	0.0	1.10	0.08
A2C0	v_x	0.71 (21.33)	0.17 (37.77)	0.0	2.98 (7.79)	0.08 (2.77)
	v_y	0.60 (21.37)	0.11 (14.05)	0.0	2.14 (7.94)	0.09 (9.46)
	v_z	0.34 (20.31)	0.11 (34.45)	0.0	1.54 (1.31)	0.09 (2.78)
	$(v_x+v_y)/2$	0.66	0.14	0.0	2.56	0.09
	$(v_y+v_z)/2$	0.47	0.11	0.0	1.84	0.09
	$(v_z+v_x)/2$	0.53	0.14	0.0	2.26	0.09
B53C0	v_x	0.41 (25.73)	0.23 (14.25)	0.15 (7.44)	1.02 (7.60)	0.04 (0.57)
	v_y	0.43 (27.34)	0.17 (10.12)	0.26 (7.46)	0.65 (8.26)	0.03 (9.09)
	v_z	0.20 (27.90)	23.18 (29.73)	32.54 (0.28)	1.09 (1.33)	0.04 (1.31)
	$(v_x+v_y)/2$	0.42	0.20	0.21	0.84	0.04
	$(v_y+v_z)/2$	0.32	11.68	16.40	0.87	0.04
	$(v_z+v_x)/2$	0.31	11.71	16.35	1.06	0.04

観測点	成 分	EQ-36	EQ-37	EQ-38	EQ-39	EQ-40
A46C0	v_x	0.12 (8.27)	0.04 (18.37)	0.18 (24.61)	0.74 (63.79)	0.07 (7.08)
	v_y	0.08 (8.31)	0.03 (0.75)	0.22 (20.84)	1.09 (58.39)	0.16 (7.21)
	v_z	0.08 (8.31)	0.04 (1.29)	0.11 (15.48)	0.49 (71.62)	0.07 (1.25)
	$(v_x+v_y)/2$	0.10	0.04	0.20	0.92	0.12
	$(v_y+v_z)/2$	0.08	0.04	0.17	0.79	0.12
	$(v_z+v_x)/2$	0.10	0.04	0.15	0.62	0.07
A2C0	v_x	0.15 (7.35)	0.04 (8.61)	0.36 (24.83)	1.59 (56.90)	0.15 (7.38)
	v_y	0.13 (7.50)	0.04 (7.64)	0.50 (12.57)	2.02 (62.86)	0.29 (7.36)
	v_z	0.10 (8.29)	0.07 (1.26)	0.17 (26.34)	0.87 (66.58)	0.19 (1.22)
	$(v_x+v_y)/2$	0.14	0.04	0.43	1.81	0.22
	$(v_y+v_z)/2$	0.12	0.06	0.34	1.45	0.24
	$(v_z+v_x)/2$	0.13	0.06	0.27	1.23	0.17
B53C0	v_x	0.08 (7.21)	0.03 (7.65)	0.23 (29.59)	0.88 (57.85)	0.14 (7.06)
	v_y	0.08 (10.16)	0.02 (7.23)	0.21 (33.13)	1.08 (58.42)	0.29 (7.10)
	v_z	0.04 (0.94)	0.04 (1.31)	0.13 (33.71)	0.41 (62.04)	0.06 (7.78)
	$(v_x+v_y)/2$	0.08	0.03	0.22	0.98	0.22
	$(v_y+v_z)/2$	0.06	0.03	0.17	0.75	0.18
	$(v_z+v_x)/2$	0.06	0.04	0.18	0.65	0.10

付表 2 (5) 最大速度の一覧 (単位: cm/秒)

観測点	成 分	EQ-41	EQ-42	EQ-43	EQ-44	EQ-45
A46C0	v_x	0.05 (7.89)	0.33 (19.95)	0.56 (23.49)	1.12 (8.65)	1.78 (15.44)
	v_y	0.04 (18.03)	0.36 (25.87)	0.55 (32.87)	0.71 (9.02)	2.16 (24.59)
	v_z	0.03 (1.21)	0.16 (31.64)	0.28 (29.40)	0.35 (1.19)	0.71 (24.57)
	$(v_x+v_y)/2$	0.05	0.35	0.56	0.92	1.97
	$(v_y+v_z)/2$	0.04	0.26	0.42	0.53	1.44
	$(v_z+v_x)/2$	0.04	0.25	0.42	0.74	1.25
A2C0	v_x	0.06 (7.56)	0.71 (24.69)	1.03 (13.50)	3.01 (8.85)	3.35 (14.16)
	v_y	0.05 (7.70)	0.72 (15.13)	0.85 (20.58)	1.00 (8.83)	2.83 (10.39)
	v_z	0.08 (1.15)	0.33 (24.39)	0.53 (29.32)	0.66 (1.21)	1.20 (22.95)
	$(v_x+v_y)/2$	0.06	0.72	0.94	2.01	3.09
	$(v_y+v_z)/2$	0.07	0.53	0.69	0.83	2.02
	$(v_z+v_x)/2$	0.07	0.52	0.78	1.84	2.28
B53C0	v_x	0.03 (7.84)	0.52 (11.35)	0.56 (24.00)	1.24 (8.63)	1.83 (17.18)
	v_y	0.04 (7.50)	0.36 (12.39)	0.59 (10.74)	0.44 (8.72)	1.78 (27.46)
	v_z	0.04 (1.27)	0.27 (15.21)	0.34 (49.67)	0.29 (1.19)	0.85 (32.76)
	$(v_x+v_y)/2$	0.04	0.44	0.58	0.84	1.81
	$(v_y+v_z)/2$	0.04	0.32	0.47	0.37	1.32
	$(v_z+v_x)/2$	0.04	0.40	0.45	0.77	1.34

観測点	成 分	EQ-46	EQ-47	EQ-48	EQ-49	EQ-50
A46C0	v_x	0.04 (8.36)	0.21 (8.75)	0.08 (7.43)	0.41 (8.74)	0.13 (8.44)
	v_y	0.03 (12.18)	0.23 (8.24)	0.22 (6.63)	0.38 (8.99)	0.16 (8.78)
	v_z	0.06 (1.15)	0.09 (10.96)	0.05 (17.59)	0.23 (1.60)	0.08 (1.22)
	$(v_x+v_y)/2$	0.04	0.22	0.15	0.40	0.15
	$(v_y+v_z)/2$	0.05	0.16	0.14	0.31	0.12
	$(v_z+v_x)/2$	0.05	0.15	0.07	0.32	0.11
A2C0	v_x	0.05 (0.62)	0.47 (8.29)	0.16 (10.24)	0.82 (8.52)	0.37 (8.20)
	v_y	0.04 (11.67)	0.83 (8.56)	0.42 (6.86)	1.17 (8.82)	0.28 (8.28)
	v_z	0.11 (1.18)	0.15 (10.69)	0.12 (8.25)	0.46 (1.27)	0.10 (1.26)
	$(v_x+v_y)/2$	0.05	0.65	0.29	1.00	0.33
	$(v_y+v_z)/2$	0.08	0.49	0.27	0.82	0.19
	$(v_z+v_x)/2$	0.08	0.31	0.14	0.64	0.24
B53C0	v_x	0.03 (8.08)	0.28 (8.29)	0.14 (7.17)	0.41 (9.17)	0.27 (7.98)
	v_y	0.02 (8.76)	0.26 (8.03)	0.24 (6.59)	0.43 (8.77)	0.19 (7.97)
	v_z	0.04 (1.15)	0.08 (8.79)	0.05 (7.38)	0.19 (1.28)	0.08 (8.56)
	$(v_x+v_y)/2$	0.03	0.27	0.19	0.42	0.23
	$(v_y+v_z)/2$	0.03	0.17	0.15	0.31	0.14
	$(v_z+v_x)/2$	0.04	0.18	0.10	0.30	0.18

線状地中構造物の耐震設計に用
いる地震時地盤ひずみの解析

——(1) 土木研究所構内三次元同時地震観測
記録の解析——

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第1991号

昭和58年3月(1983年)

荒川 直 土
川 島 彦
田 村 一
相 沢 敬
高 橋 和 興
之

キーワード 応答変位法, 地盤ひずみ, 三次元同時地震観測

要 旨 本資料は, 土木研究所構内の三次元同時地震観測記録
をもとに, 地中構造物の耐震設計に重要な地震時の地盤ひず
みについて検討した結果をとりまとめたものである。



郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい。

305-□□

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
振動研究室 御中

No. 185

No. 185

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第1991号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印

土木研究所資料第1991号
線状地中構造物の耐震設計に用いる地震時地盤
ひずみの解析

——(1) 土木研究所構内三次元同時地震
観測記録の解析——