

土 木 研 究 所 資 料

土木研究所構内の高密度強震観測記録の解析

—— 地震時地盤ひずみと地震のマグニチュード
および震央距離との関係式の検討 ——



昭和61年10月

建設省土木研究所
地震防災部・振動研究室

Copyright ©(1986) 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。

土木研究所構内の高密度強震観測記録の解析 ——地震時地盤ひずみと地震のマグニチュード および震央距離との関係式の検討——

振動研究室 室 長 佐々木 康
研 究 員 田 村 敬 一
相 沢 興

要 旨 土木研究所構内の高密度強震観測記録の解析

——地震時地盤ひずみと地震のマグニチュードおよび震央距離との関係式の検討——

応答変位法に基づく地中構造物の耐震計算では、地震時に地盤に生ずる変形（ひずみ）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かったのが実情である。

以上のような観点を踏まえ、土木研究所では構内で得られた高密度強震観測記録をもとに、有限要素法の手法を用いて地震時地盤ひずみの試算を行ってきた。本資料は、上記の結果をもとに、さらに重回帰分析により、地震のマグニチュードを M 、震央距離を Δ [km] として、最大ひずみ ϵ_{max} を $\epsilon_{max} = a \times 10^{bM} \times (\Delta + 30)^c$ (a, b, c は係数) なる回帰式で表すことについて予備的に検討したものである。

キーワード：高密度強震観測，地震動，地震時地盤ひずみ，距離減衰式，耐震設計

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、地震時に地盤に生ずる変形（ひずみ）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かったのが実情である。

そこで、土木研究所では構内で得られた高密度強震観測記録をもとに、有限要素法の手法を用いて地震時地盤ひずみの試算を行ってきた^{1)~3)}。本資料は、上記の結果をもとに、さらに重回帰分析により、地震時地盤ひずみと地震のマグニチュードおよび震央距離との関係について予備的に検討した結果をとりまとめたものである。

昭和 61 年 10 月

建設省土木研究所地震防災部振動研究室

室 長 佐々木 康

研 究 員 田 村 敬 一

相 沢 興

目 次

まえがき

1. 観測システムおよび観測記録	1
1.1 土木研究所構内の高密度強震観測システムの概要	1
1.2 観測地点の地盤条件	2
1.3 観測記録	2
2. 地震時地盤ひずみの解析法	13
2.1 計器補正および変位の計算法	13
2.2 地震時地盤ひずみの計算法	14
3. 地震時地盤ひずみの計算	17
4. 地震時地盤ひずみと地震のマグニチュードおよび震央距離との関係	55
5. 結 論	65
謝 辞	66
参 考 文 献	67

1. 観測システムおよび観測記録

1.1 土木研究所構内の高密度強震観測システムの概要^{1),4)}

(1) 観測システム

建設省土木研究所の構内における高密度強震観測場は、図 1.1 に示す A, B の両地区に設置されている。

観測システムは図 1.2 に示すとおりである。A 地区では一辺の長さが 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。換振器の設置位置は、図 1.3 に示すとおりであり、測線の向きは、両地区とも、それぞれ南北もしくは東西と一致している。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 両地区を合すると $3 \times 19 = 57$ 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 1.1 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。

A, B 両地区は A 46 C 0 点または B 96 C 0 点（図 1.3 参照）の上下動が 4 gal を越えた場合、または、A 46 C 0 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。

(2) 収録システムおよび処理システム

A, B 両地区で採取された記録は、図 1.4 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（A 2 C 0 点は除く）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 1.2 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 1.2 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 1.2 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。

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断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 1.5 に示すような容量 192 kW 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ペ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。

1.2 観測地点の地盤条件

筑波研究学園都市周辺の表層地質は図 1.6 に示すとおりであり、関東ロームにより覆われている。また、土木研究所構内の地盤条件は図 1.7 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、それ以深は粘性土と砂質土の互層が水平に堆積している。ローム、粘性土および砂質土の N 値は、それぞれ、10 以下、10 以下および 10~50 程度である。図 1.8 は A 2 C 0 点および B 2 C 0 点近傍の土質柱状図であり、せん断波速度は地下 50 m 程度までは 250 m/sec、それ以深では 400 m/sec 程度であることがわかる。

1.3 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 57 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 61 年 7 月現在までに表 1.3 に示す合計 65 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 1.1 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 1.2 観測点と収録チャンネルの関係

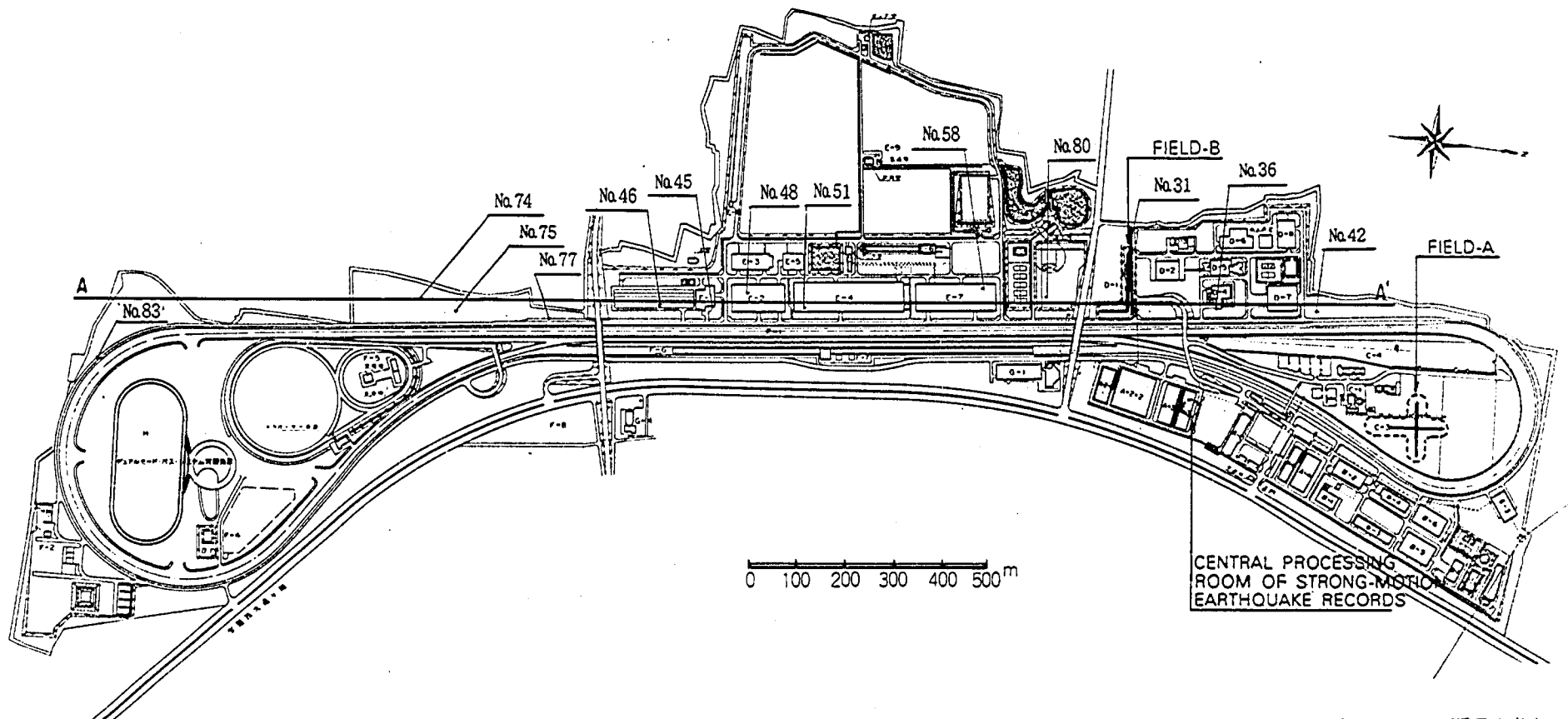
地 区	観 測 点 ¹⁾	チ ャ ン ネ ル		
		南北成分	東西成分	上下成分
A	A2C0	1	2	3
	A46C0	4	5	6
	A47N2	7	8	9
	A47E2	10	11	12
	A45S2	13	14	15
	A46W2	16	17	18
B	B2C0	19	20	21
	B53C0	22	23	24
	B96C0	25	26	27
	B53W2	28	29	30
	B52W1	31	32	33
	B53S1	34	35	36
A	A2W2 ²⁾	37	38	39
	A2N2	40	41	42
	A2S2	43	44	45
	A0S1	46	47	48
	A0W1	49	50	51
	A0N1	52	53	54
	A2E2	55	56	57

1) 図 1.3 参照

2) 昭和57年9月16日まではA0E1

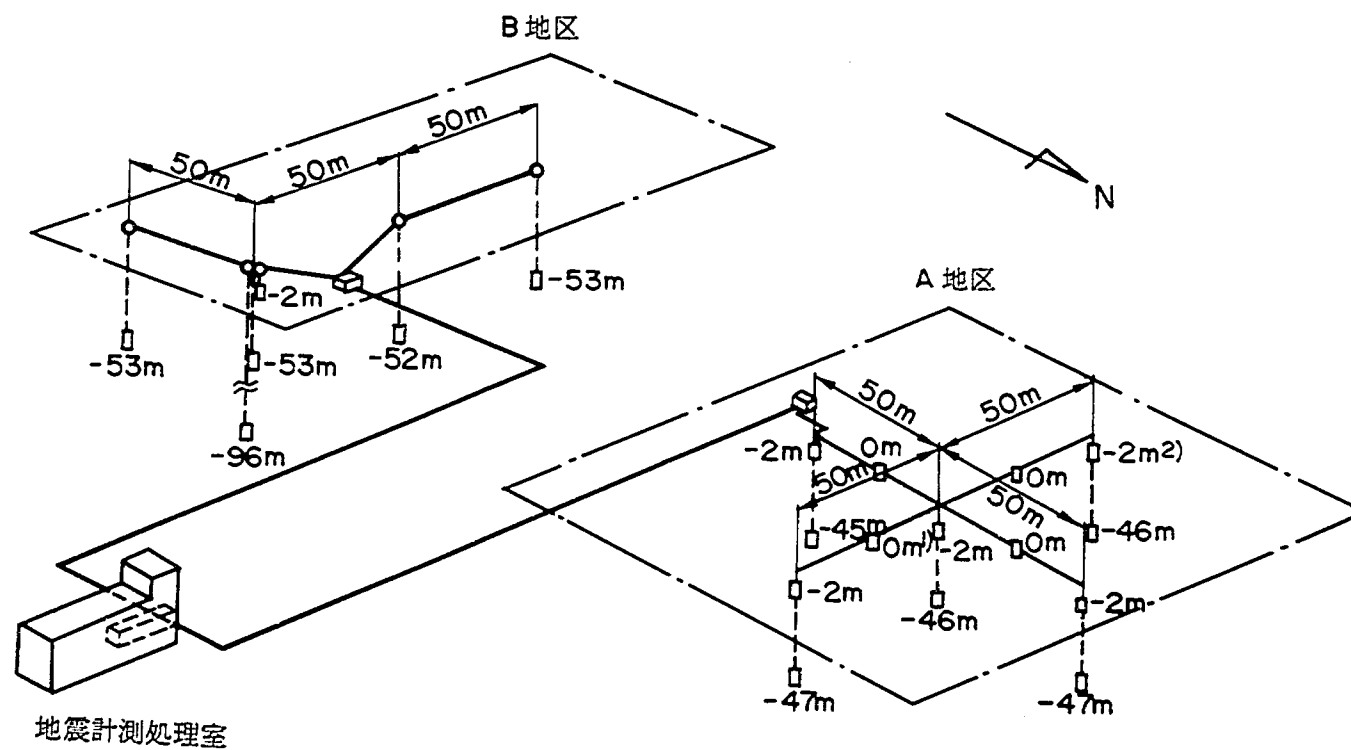
表 1.3 観測記録の一覧

地震 番号	発生年月日	震 央 地 名	発 震 時 刻	震 源			マグニ チュード	震央距離 (km)
				東 経	北 緯	深さ (km)		
1	791009	SW IBARAKI PREF	1979.10.09 14:18:49	139 50.0	36 9.0	50	4.1	22.0
2	791125	OFF IBARAKI PREF	1979.11.25 19:15:23	141 0.0	36 41.0	90	5.4	103.7
3	791215	CENTRAL CHIBA PREF	1979.12.15 12:27:21	140 22.0	35 31.0	80	4.2	72.4
4	791217	COAST OF IBARAKI PREF	1979.12.17 08:23:49	140 35.0	36 28.0	60	4.3	59.6
5	800202	NORTHERN KANTO	1980.02.02 18:57:16	139 51.0	36 6.0	50	4.2	20.4
6	800422	S OFF CHUBU	1980.04.22 14:34:16	137 55.0	32 9.0	400	6.6	484.2
7	800507	NORTHERN KANTO	1980.05.07 03:07:36	139 57.0	36 4.0	50	4.0	12.8
8	800512	NORTHERN KANTO	1980.05.12 01:01:03	140 4.0	36 12.0	60	4.4	8.8
9	800618	TOKYO BAY REGION	1980.06.18 16:25:08	140 1.0	35 38.0	80	4.6	54.7
10	800629	IZU PEN REGION	1980.06.29 16:20:08	139 14.0	34 55.0	10	6.7	154.2
11	800924	SOUTHERN KANTO	1980.09.24 04:10:23	139 48.0	35 58.0	80	5.4	30.2
12	800925	SE COAST OF KANTO	1980.09.25 02:54:23	140 13.0	35 31.0	80	6.1	68.6
13	800925	SE COAST OF KANTO	1980.09.25 02:54:23	140 13.0	35 31.0	80	6.1	68.6
14	810128	NORTHERN KANTO	1981.01.28 12:47:44	139 51.0	36 10.0	60	5.0	21.0
15	810312	SOUTHERN KANTO	1981.03.12 04:16:41	140 16.0	35 54.0	60	4.7	30.4
16	810902	E OFF KANTO	1981.09.02 18:24:44	141 8.0	35 48.0	40	5.8	101.9
17	810903	NORTHERN KANTO	1981.09.03 21:52:12	139 48.0	36 10.0	60	3.5	25.3
18	810914	NORTHERN KANTO	1981.09.14 05:24:08	140 7.0	36 12.0	70	4.8	9.8
19	811014	NORTHERN KANTO	1981.10.14 06:35:41	139 56.0	36 3.0	50	3.5	15.2
20	811130	NORTHERN KANTO	1981.11.30 09:27:00	139 54.0	36 4.0	50	4.4	17.0
21	820307	E COAST OF KANTO	1982.03.07 08:14:36	140 39.0	36 28.0	60	5.5	64.2
22	820723	E OFF KANTO	1982.07.23 23:23:51	141 57.0	36 11.0	30	7.0	168.5
23	821025	E COAST OF KANTO	1982.10.25 00:50:01	140 31.0	35 54.0	40	4.2	46.9
24	821208	NORTHERN KANTO	1982.12.08 06:45:47	139 53.0	36 6.0	50	4.2	17.5
25	821216	NORTHERN KANTO	1982.12.16 08:55:53	139 55.0	36 2.0	50	3.9	17.5
26	821229	NORTHERN KANTO	1982.12.29 19:31:03	139 59.0	36 12.0	50	4.0	12.0
27	830108	NORTHERN KANTO	1983.01.08 03:18:59	139 54.1	36 5.2	52	4.9	16.2
28	830227	SOUTHERN KANTO	1983.02.27 21:14:21	140 9.3	35 56.2	72	6.0	22.0
29	830424	NORTHERN KANTO	1983.04.24 20:21:55	139 56.4	36 1.9	55	4.4	16.0
30	830504	NORTHERN KANTO	1983.05.04 10:05:47	139 53.5	36 4.6	55	4.3	17.6
31	830702	E COAST OF S TOHOKU	1983.07.02 07:03:42	141 11.5	36 54.3	54	5.8	132.4
32	830902	E OFF KANTO	1983.09.02 12:05:47	141 1.1	36 40.0	49	5.2	103.9
33	831015	NORTHERN KANTO	1983.10.15 11:58:08	139 53.4	36 5.3	56	4.7	17.2
34	831028	NORTHERN KANTO	1983.10.28 10:50:32	140 1.4	36 12.2	60	5.1	10.3
35	831028	NORTHERN KANTO	1983.10.28 12:41:14	139 59.8	36 13.0	56	3.8	12.6
36	831211	NORTHERN KANTO	1983.12.11 04:53:28	140 7.6	36 15.1	56	4.3	15.2
37	831212	NORTHERN KANTO	1983.12.12 18:18:08	140 1.0	36 13.0	52	3.6	11.8
38	831230	E COAST OF KANTO	1983.12.30 11:30:40	140 45.0	35 40.5	52	5.3	78.7
39	840101	S OFF KINKI	1984.01.01 18:03:41	136 50.5	33 37.2	388	7.3	405.4
40	840102	NORTHERN KANTO	1984.01.02 18:22:27	139 54.0	36 5.3	52	4.1	16.3
41	840109	NORTHERN KANTO	1984.01.09 19:23:56	140 1.8	36 12.3	59	3.6	10.3
42	840117	E OFF KANTO	1984.01.17 20:13:41	141 14.8	36 26.9	43	5.6	111.1
43	840118	E OFF KANTO	1984.01.18 00:31:56	141 16.0	36 26.7	43	5.9	112.7
44	840221	NORTHERN KANTO	1984.02.21 20:51:52	140 7.7	36 8.0	79	5.0	5.4
45	840306	NEAR TORISHIMA	1984.03.06 11:17:20	139 12.3	29 20.4	452	7.9	758.5
46	840325	NORTHERN KANTO	1984.03.25 07:25:12	140 2.9	36 5.0	55	3.5	5.4
47	840523	NORTHERN KANTO	1984.05.23 07:38:12	139 51.2	36 8.9	61	4.6	20.3
48	840530	NORTHERN KANTO	1984.05.30 09:49:37	139 56.6	36 1.9	54	4.2	15.9
49	840630	NORTHERN KANTO	1984.06.30 02:45:26	139 51.7	36 8.7	61	5.0	19.2
50	840630	NORTHERN KANTO	1984.06.30 07:09:57	139 49.5	36 9.5	60	4.3	22.8
51	840726	NORTHERN KANTO	1984.07.26 13:52:19	140 3.3	36 11.0	61	4.8	7.3
52	841111	NORTHERN KANTO	1984.11.11 21:33:18	140 4.6	36 11.6	56	4.0	8.2
53	841201	NORTHERN KANTO	1984.12.01 22:16:56	139 52.9	36 4.2	51	3.7	18.4
54	850203	SW IBARAKI PREF	1985.02.03 18:20:21	139 50.4	36 10.4	58	3.8	22.1
55	850320	SW IBARAKI PREF	1985.03.20 14:53:50	139 53.3	36 4.4	54	4.6	17.9
56	850522	SW IBARAKI PREF	1985.05.22 16:16:43	139 56.6	36 1.7	56	4.3	16.0
57	850711	SOUTHERN IBARAKI PREF	1985.07.11 23:58:19	140 17.5	35 56.7	46	4.2	27.8
58	850810	??? ??? ??? ???	1985.08.10					
59	850813	SW IBARAKI PREF	1985.08.13 19:58:02	139 54.5	36 9.1	56	4.0	15.4
60	850912	SW IBARAKI PREF	1985.09.12 09:33:07	139 54.5	36 4.4	50	4.1	16.2
61	851004	SOUTHERN IBARAKI PREF	1985.10.04 21:25:52	140 9.5	35 52.1	78	6.1	29.4
62	851122		1985.11.22					
63	860212		1986.02.12					
64	860615		1986.06.15					
65	860624		1986.06.24					



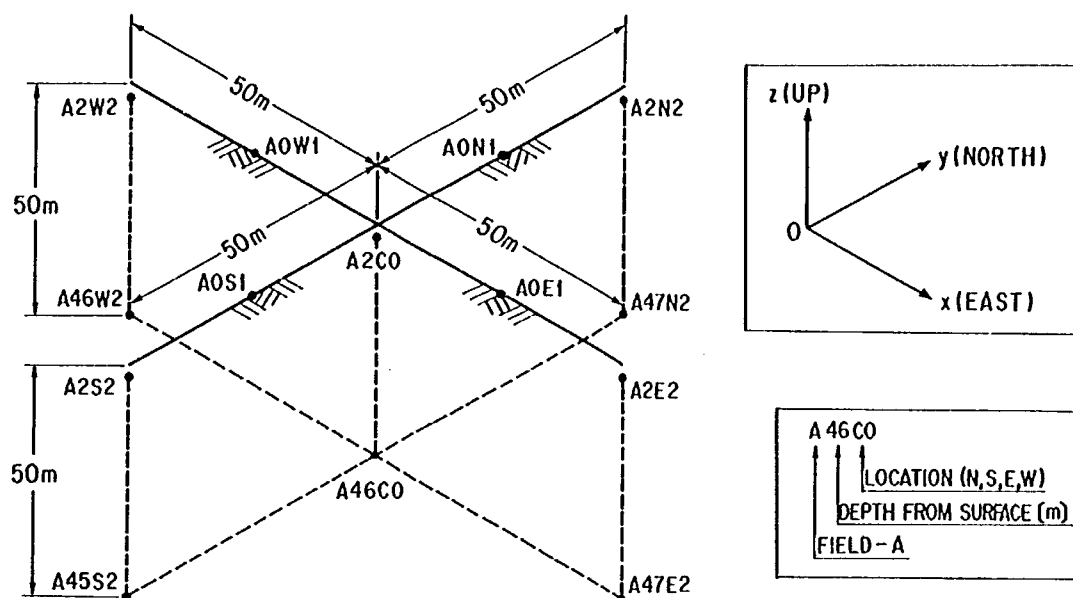
注) Noは図 1.7 に示すボーリング番号を表す。

図 1.1 土木研究所構内における高密度強震観測場の配置



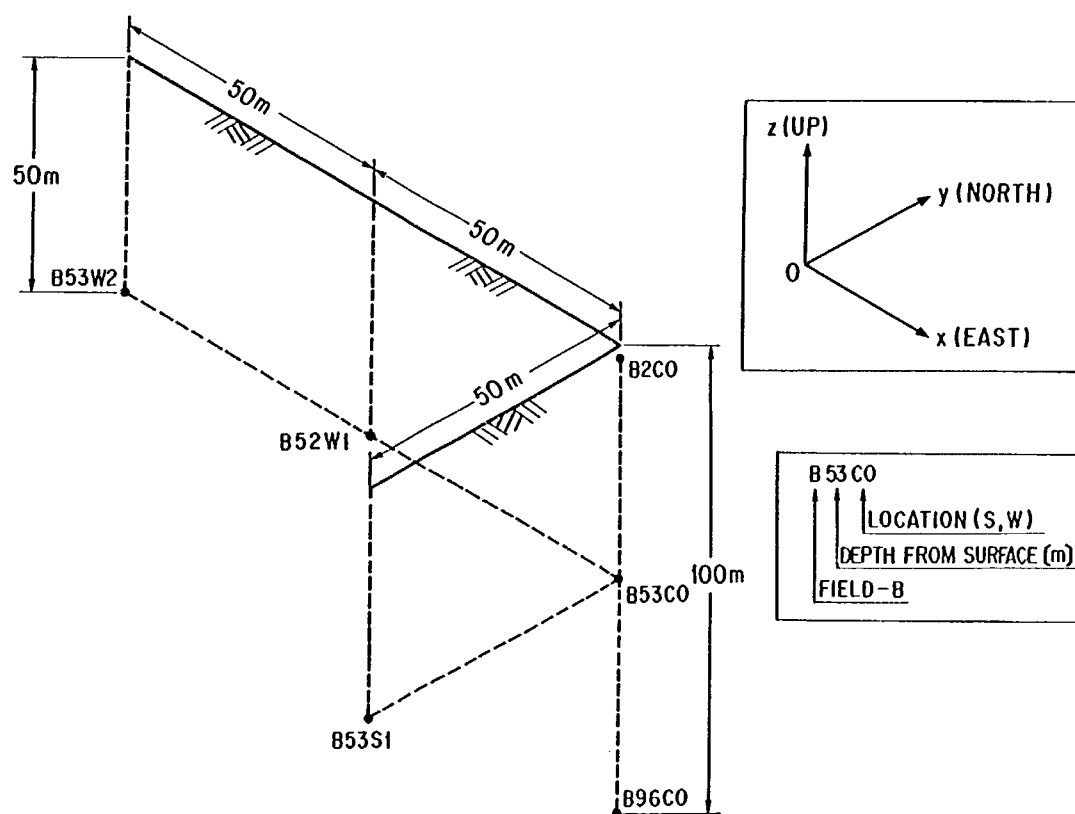
- 1) 昭和 57 年 9 月 16 日まで観測
- 2) 昭和 57 年 9 月 16 日より観測

図 1.2 観測システムの概要



注) A0E1 点は昭和 57 年 9 月 16 日まで観測
A2W2 点は昭和 57 年 9 月 16 日より観測

(a) A 地区



(b) B 地区

図 1.3 換振器の設置位置

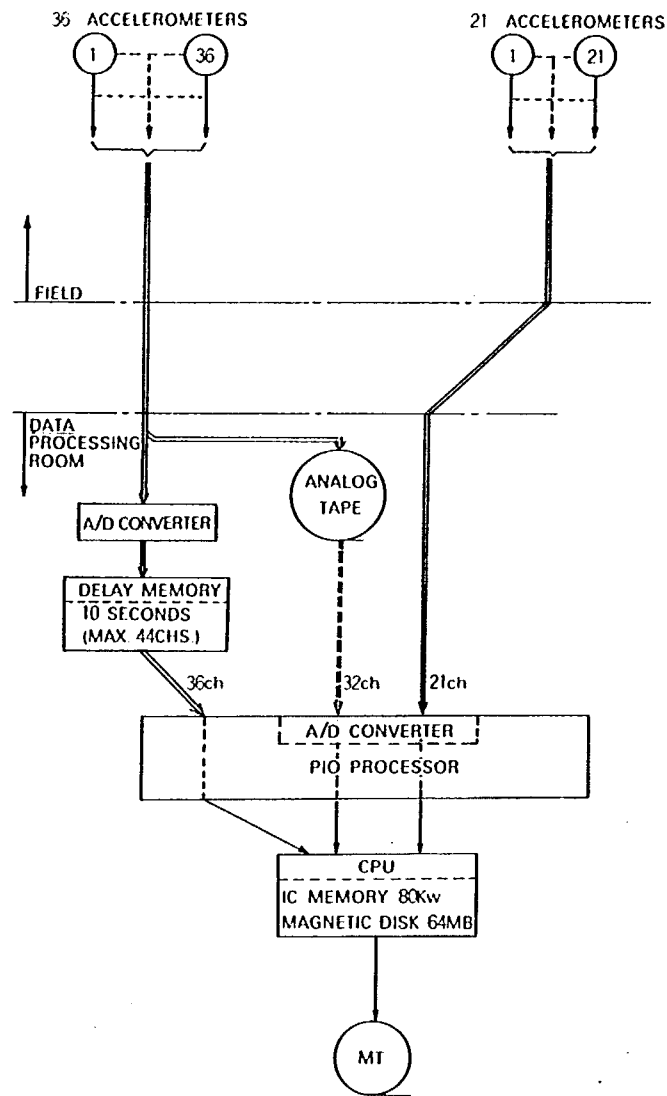


図 1.4 データ収録システムの概要

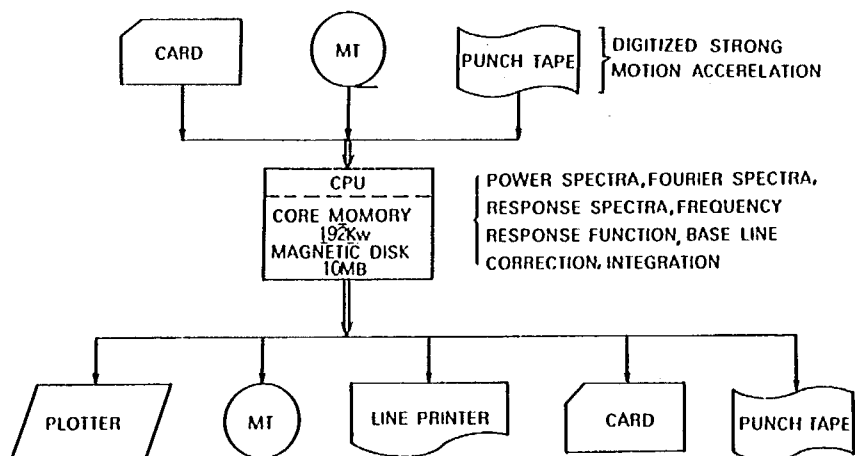


図 1.5 データ処理システムの概要

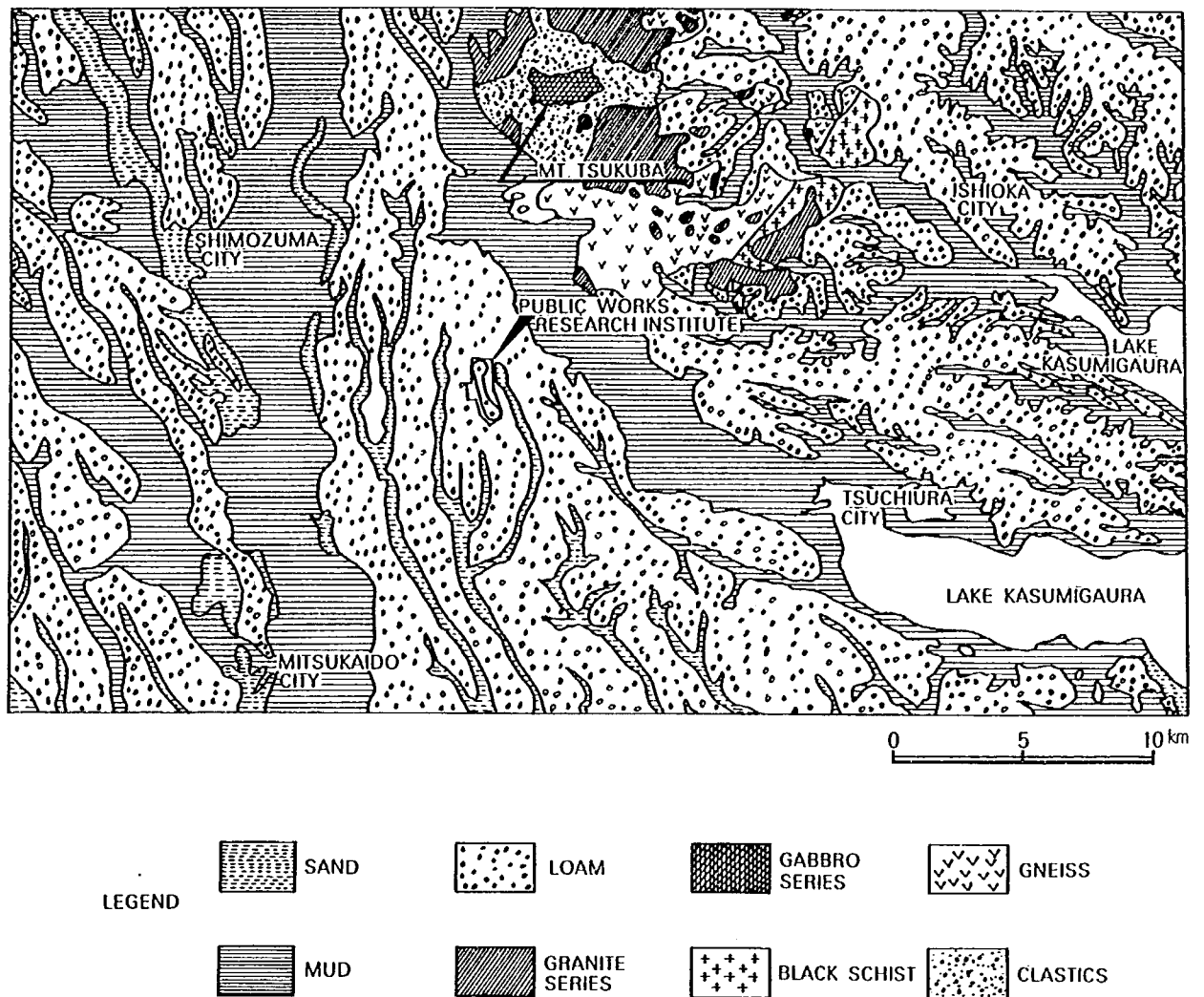


図 1.6 筑波研究学園都市周辺の表層地質

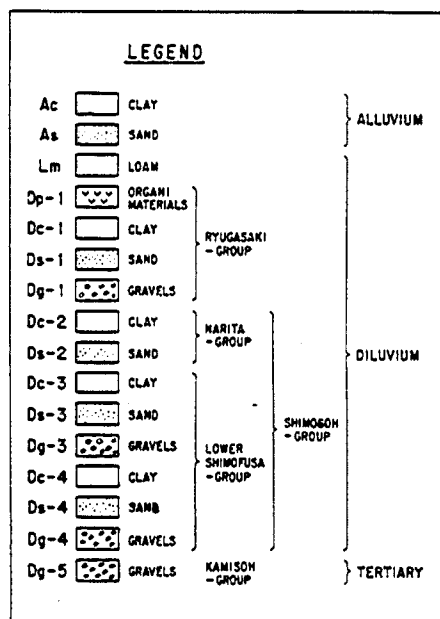
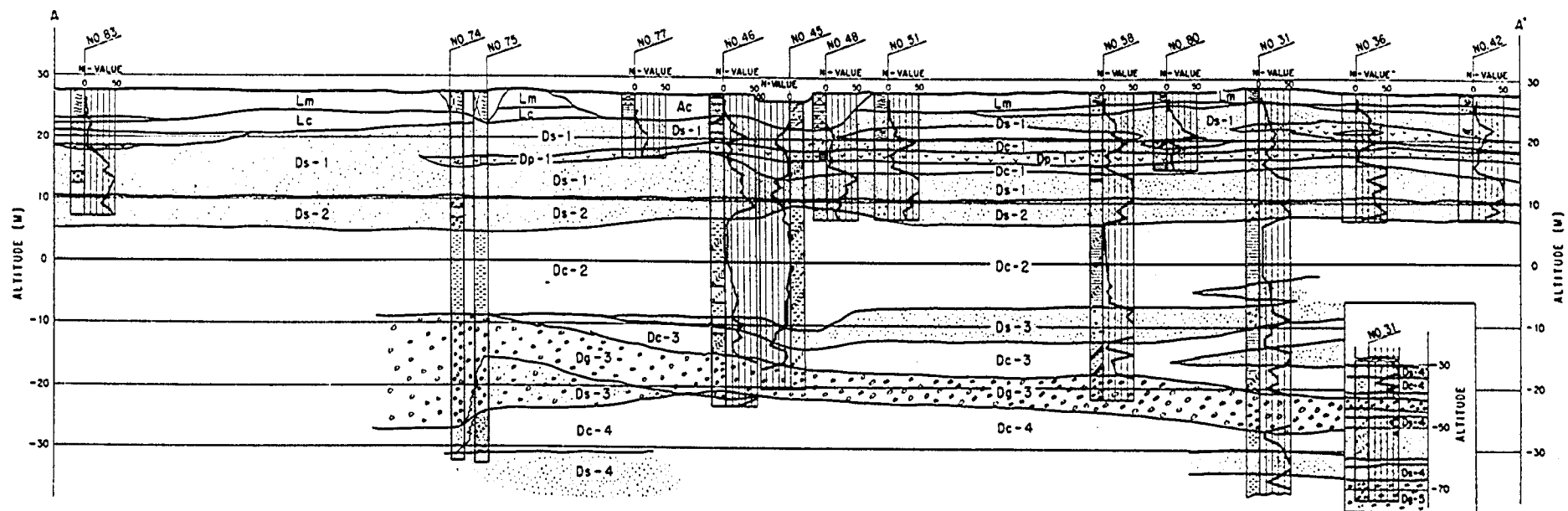
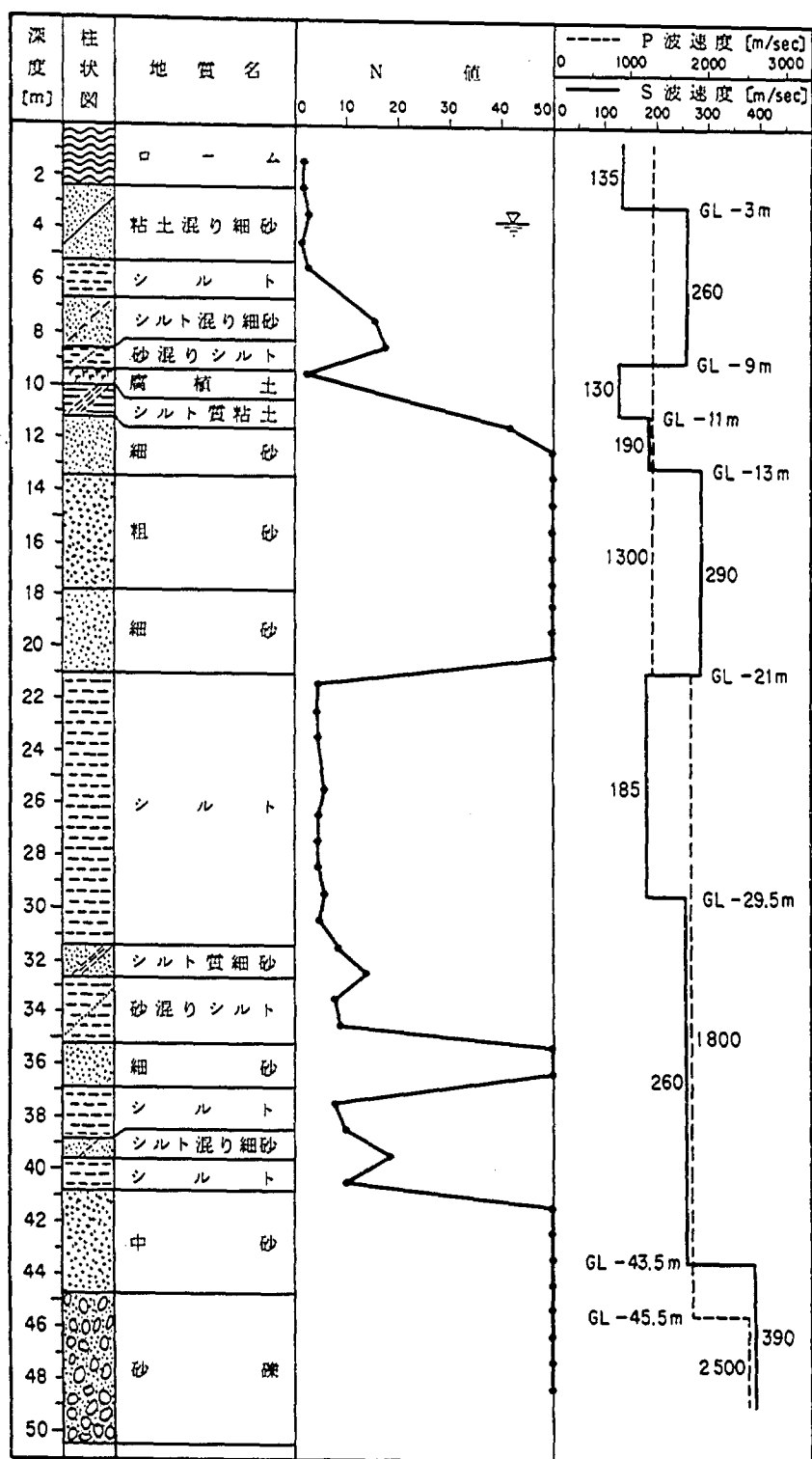
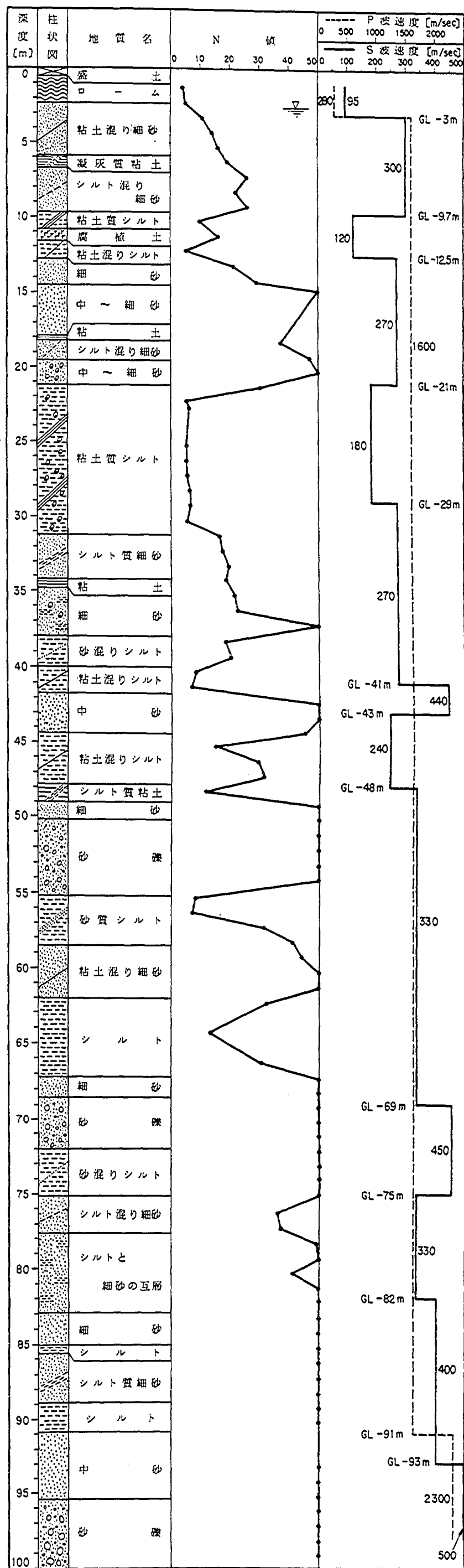


図 1.7 図 1.1 に示した A-A'線に沿う土木研究所地質断面図



(a) A2C0 点近傍



(b) B2C0 点近傍

図1.8 土質柱状図

2. 地震時地盤ひずみの解析法

2.1 計器補正および変位の計算法^{5),6)}

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。

$$F_0(f) = \int_{-\infty}^{\infty} a_0(t) e^{-i2\pi ft} dt \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

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。

$$a(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F(f) e^{i2\pi ft} df \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

ここで、

$$F(f) = F_0(f) \cdot F_c(f) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$$F_c(f) = \begin{cases} 0 & f < f_{lu} \\ \frac{f - f_{lu}}{f_{uu} - f_{lu}} \frac{\exp\{\phi(f)\}}{R(f)} & f_{lu} \leq f \leq f_{lu} \\ \frac{\exp\{\phi(f)\}}{R(f)} & f_{lu} < f < f_{ul} \\ \frac{f_{uu} - f}{f_{uu} - f_{ul}} \frac{\exp\{\phi(f)\}}{R(f)} & f_{ul} \leq f \leq f_{uu} \\ 0 & f_{uu} < f \end{cases} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

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_{lu} 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 (2.2) より速度 $v(t)$ および変位 $d(t)$ は次のように求められる。

$$v(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{F(f)}{2\pi i f} e^{i2\pi ft} df \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$d(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{F(f)}{-4\pi^2 f^2} e^{i2\pi ft} df \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

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^{6),7)}を参考にして、 $f_{lu}=1/5[\text{Hz}]$ 、 $f_{lu}=1/6[\text{Hz}]$ 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、 $f_{ul}=20[\text{Hz}]$ 、 $f_{uu}=21[\text{Hz}]$ とした。また、式 (2.4) 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。

$$R(f) = \sqrt{\left\{ \frac{1 - (f/f_0)^2}{2hf/f_0} \right\}^2 + 1} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\phi(f) = \tan^{-1} \left\{ \frac{2hf/f_0}{1 - (f/f_0)^2} \right\} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

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 2.1 に示すとおりである。

2.2 地震時地盤ひずみの計算法¹⁾

いま、図 2.1 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⁸⁾。

$$\begin{aligned} u &= a_1 + a_2x + a_3y + a_4z \\ v &= a_5 + a_6x + a_7y + a_8z \quad \dots\dots\dots (2.9) \\ w &= a_9 + a_{10}x + a_{11}y + a_{12}z \end{aligned}$$

ここで、 $a_i (i=1 \sim 12)$ 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(2.9)は次のようになる。

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} = \frac{1}{6V} \begin{bmatrix} u_i & u_j & u_m & u_p \\ v_i & v_j & v_m & v_p \\ w_i & w_j & w_m & w_p \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_i + b_i x + c_i y + d_i z \\ a_j + b_j x + c_j y + d_j z \\ a_m + b_m x + c_m y + d_m z \\ a_p + b_p x + c_p y + d_p z \end{Bmatrix} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

ここで、

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

$$a_i = \begin{vmatrix} x_j & y_j & z_j \\ x_m & y_m & z_m \\ x_p & y_p & z_p \end{vmatrix}, \quad b_i = - \begin{vmatrix} 1 & y_j & z_j \\ 1 & y_m & z_m \\ 1 & y_p & z_p \end{vmatrix}, \quad c_i = - \begin{vmatrix} x_j & 1 & z_j \\ x_m & 1 & z_m \\ x_p & 1 & z_p \end{vmatrix}, \quad d_i = - \begin{vmatrix} x_j & y_j & 1 \\ x_m & y_m & 1 \\ x_p & y_p & 1 \end{vmatrix} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

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。

$$6V = \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i & z_i \\ 1 & x_j & y_j & z_j \\ 1 & x_m & y_m & z_m \\ 1 & x_p & y_p & z_p \end{vmatrix} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

いま、地盤ひずみ $\{\epsilon\}$ を次式で定義する。

$$\{\epsilon\} = \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial z} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{Bmatrix} \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

式(2.10) を式(2.13) に代入すると、次のようになる。

$$\begin{aligned} \{\epsilon\} &= [B]\{\delta\} \\ &= [B_i, B_j, B_m, B_p]\{\delta\} \quad \dots\dots\dots (2.14) \end{aligned}$$

ここで,

$$[B_k] = \frac{1}{6V} \begin{bmatrix} b_k & 0 & 0 \\ 0 & c_k & 0 \\ 0 & 0 & d_k \\ c_k & b_k & 0 \\ 0 & d_k & c_k \\ d_k & 0 & b_k \end{bmatrix} \quad (k=i, j, m, p) \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\{\delta\} = \{\delta_i, \delta_j, \delta_m, \delta_p\}^T \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\{\delta_k\} = \{u_k, v_k, w_k\}^T \quad (k=i, j, m, p) \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

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(2.14) によるひずみ $\{\epsilon\}$ は、式(2.9) のように変位を座標の 1 次関数で表しているため、 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 2.1 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 $f_0(\text{Hz})$	減 衰 定 数	
		$f \leq f_0$	$f_0 \leq f$
1～39 ²⁾	5	100	50
40～57 ³⁾	5	50	50

1) 表 1.2 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 37～57 チャンネル

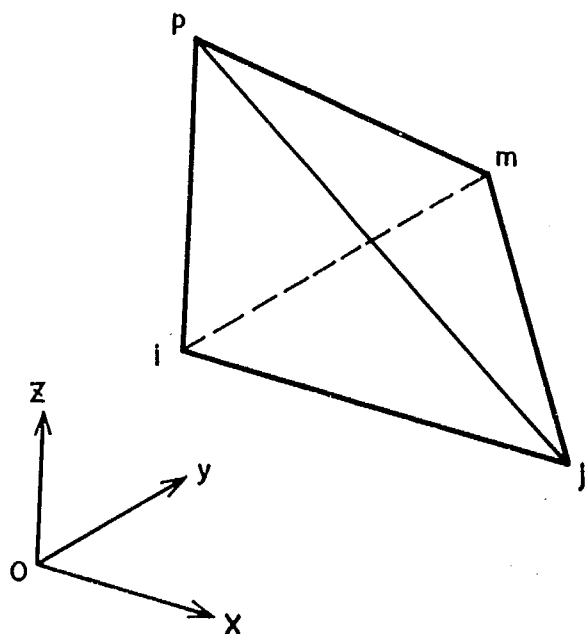


図 2.1 座標軸と 4 観測点から構成される 4 面体の定義

3. 地震時地盤ひずみの計算

2.2 節に示した手法により、土木研究所構内で得られた高密度強震記録をもとに、地震時地盤ひずみの計算を行った。解析の対象とした記録は表 1.3 に示した EQ-1～EQ-50 の 50 地震のうち次に示す 8 地震を除く、計 42 地震による記録である。

- 1) 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

- 2) マグニチュード 4 未満の地震による記録

EQ-17, EQ-19, EQ-25, EQ-35, EQ-37, EQ-41, EQ-46

このうち、昭和 55 年 9 月 24 日以前の記録 (EQ-1～EQ-11) は表 1.2 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 A 2 C 0 点を除く地表および深度 2 m の観測点での記録が得られていない。また、B 地区では B 53 S 1 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 3.1(a) に示すように、A 2 C 0 を頂点とし、A 46 C 0, A 47 N 2, A 47 E 2, A 45 S 2, A 46 W 2 の 6 点で構成される 4 個の 4 面体 (A 2 C 0 および A 46 C 0 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 3.1(b) に示すように、A 46 C 0 を頂点とし、A 2 C 0, A 2 N 2, A 2 E 2, A 2 S 2, A 2 W 2 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 A 2 W 2 の位置ではなく A 0 E 1 に換振器が設置されていたので、A 2 W 2 ではなく A 0 W 1 の記録を用いることとした。また、B 地区については、図 3.1(c) に示すように、B 2 C 0, B 53 C 0, B 53 S 1, B 52 W 1 の 4 点および B 96 C 0, B 53 C 0, B 53 S 1, B 52 W 1 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(2.14)より地盤ひずみ $\{\varepsilon\}$ を算出した。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 3.2, 図 3.3 および図 3.4 のようになる。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。各記録について地盤ひずみの最大値を示すと、表 3.1 のようになる。ここで、() を付した値は、上述の解析対象外とした地震による地盤ひずみおよび波形に異常が認められる地盤ひずみであり、これらの値は以降の解析には使用しないものとする。なお、異常なひずみが生ずる原因としては、加速度測定時の感度が正常でないこと、加速度記録の 0 点がずれていること、等が挙げられる²⁾。

表 3.1 (1) 地盤ひずみの最大値

地盤 番号	ひずみ種別 ¹⁾	ゾ ー ン I	ゾ ー ン II	ゾ ー ン III	ゾ ー ン IV	平 均 値
1	A-LO EX	0.5925E-05	0.1171E-04	0.1171E-04	0.5924E-05	0.8817E-05
1	A-LO EY	0.5751E-05	0.5749E-05	0.7858E-05	0.7857E-05	0.6804E-05
1	A-LO EXY	0.1050E-04 ²⁾	0.1605E-04	0.1633E-04	0.4970E-05	0.1196E-04
1	A-UP EX	(0.2375E-05)	(0.4269E-05)	(0.3597E-05)	(0.1867E-05)	----
1	A-UP EY	(0.3856E-05)	(0.2637E-05)	(0.2606E-05)	(0.3557E-05)	----
1	A-UP EXY	(0.6097E-05)	(0.5547E-05)	(0.7537E-05)	(0.9618E-06)	----
1	B-LO EX	(0.5127E-06)	(0.6115E-06)	----	----	----
1	B-LO EY	(0.3267E-05)	(0.3252E-05)	----	----	----
1	B-LO EXY	(0.6930E-06)	(0.7808E-06)	----	----	----
2	A-LO EX	0.6680E-05	0.1059E-04	0.1059E-04	0.6682E-05	0.8634E-05
2	A-LO EY	0.7907E-05	0.7910E-05	0.7942E-05	0.7947E-05	0.7927E-05
2	A-LO EXY	0.8761E-05	0.1916E-04	0.2148E-04	0.8685E-05	0.1452E-04
2	A-UP EX	(0.3396E-05)	(0.6111E-05)	(0.5150E-05)	(0.2669E-05)	----
2	A-UP EY	(0.5622E-05)	(0.3863E-05)	(0.3819E-05)	(0.5187E-05)	----
2	A-UP EXY	(0.3693E-05)	(0.1147E-04)	(0.7300E-05)	(0.6197E-05)	----
2	B-LO EX	(0.2690E-05)	(0.2713E-05)	----	----	----
2	B-LO EY	(0.1032E-05)	(0.1041E-05)	----	----	----
2	B-LO EXY	(0.3305E-05)	(0.3375E-05)	----	----	----
3	A-LO EX	0.6639E-05	0.1254E-04	0.1254E-04	0.6647E-05	0.9592E-05
3	A-LO EY	0.5319E-05	0.5319E-05	0.7401E-05	0.7405E-05	0.6361E-05
3	A-LO EXY	0.7650E-05	0.1332E-04	0.1435E-04	0.6370E-05	0.1042E-04
3	A-UP EX	(0.9033E-05)	(0.1630E-04)	(0.1375E-04)	(0.7099E-05)	----
3	A-UP EY	(0.7548E-05)	(0.5218E-05)	(0.5157E-05)	(0.6964E-05)	----
3	A-UP EXY	(0.1654E-04)	(0.7300E-05)	(0.1731E-04)	(0.2489E-05)	----
3	B-LO EX	(0.1905E-05)	(0.1877E-05)	----	----	----
3	B-LO EY	(0.1988E-05)	(0.2001E-05)	----	----	----
3	B-LO EXY	(0.4996E-05)	(0.4876E-05)	----	----	----
4	A-LO EX	0.6059E-05	0.1178E-04	0.1178E-04	0.6056E-05	0.8918E-05
4	A-LO EY	0.5290E-05	0.5293E-05	0.7522E-05	0.7526E-05	0.6408E-05
4	A-LO EXY	0.1064E-04	0.1485E-04	0.1653E-04	0.6600E-05	0.1215E-04
4	A-UP EX	(0.1394E-05)	(0.2370E-05)	(0.1969E-05)	(0.1096E-05)	----
4	A-UP EY	(0.3307E-05)	(0.2250E-05)	(0.2224E-05)	(0.3051E-05)	----
4	A-UP EXY	(0.4701E-05)	(0.5530E-05)	(0.6225E-05)	(0.1811E-05)	----
4	B-LO EX	(0.2487E-05)	(0.2414E-05)	----	----	----
4	B-LO EY	(0.2529E-05)	(0.2486E-05)	----	----	----
4	B-LO EXY	(0.7299E-06)	(0.9207E-06)	----	----	----
5	A-LO EX	0.5439E-05	0.8907E-05	0.8907E-05	0.5440E-05	0.7173E-05
5	A-LO EY	0.4565E-05	0.4568E-05	0.4783E-05	0.4784E-05	0.4675E-05
5	A-LO EXY	0.8138E-05	0.1101E-04	0.9690E-05	0.7635E-05	0.9119E-05
5	A-UP EX	(0.6751E-06)	(0.1212E-05)	(0.1021E-05)	(0.5306E-06)	----
5	A-UP EY	(0.1344E-05)	(0.9282E-06)	(0.9175E-06)	(0.1240E-05)	----
5	A-UP EXY	(0.2019E-05)	(0.1951E-05)	(0.2468E-05)	(0.8625E-06)	----
5	B-LO EX	(0.1521E-05)	(0.1495E-05)	----	----	----
5	B-LO EY	(0.1753E-05)	(0.1749E-05)	----	----	----
5	B-LO EXY	(0.1486E-05)	(0.1498E-05)	----	----	----

1) A-LO : A 地区下部ひずみ, A-UP : A 地区上部ひずみ, B-LO : B 地区下部ひずみ

2) () を付した値は解析に用いない値である

表 3.1 (2) 地盤ひずみの最大値

地震 番号	ひずみ種別 ¹⁾	ゾ ー ン I	ゾ ー ン II	ゾ ー ン III	ゾ ー ン IV	平 均 値
6	A-LO EX	0.8250E-05	0.2440E-04	0.2440E-04	0.8255E-05	0.1633E-04
6	A-LO EY	0.8983E-05	0.8971E-05	0.1062E-04	0.1064E-04	0.9803E-05
6	A-LO EXY	0.6417E-05	0.3396E-04	0.3813E-04	0.8884E-05	0.2185E-04
6	A-UP EX	(0.4896E-05)	(0.9119E-05)	(0.7748E-05)	(0.3848E-05)	----
6	A-UP EY	(0.4917E-05)	(0.3357E-05)	(0.3318E-05)	(0.4537E-05)	----
6	A-UP EXY	(0.9538E-05)	(0.6762E-05)	(0.1076E-04)	(0.1325E-05)	----
6	B-LO EX	(0.2276E-06)	(0.3435E-06)	----	----	----
6	B-LO EY	(0.2084E-05)	(0.2070E-05)	----	----	----
6	B-LO EXY	(0.8060E-05)	(0.7968E-05)	----	----	----
7	A-LO EX	0.3975E-05	0.6885E-05	0.6884E-05	0.3975E-05	0.5430E-05
7	A-LO EY	0.5271E-05	0.5271E-05	0.5533E-05	0.5537E-05	0.5403E-05
7	A-LO EXY	0.7167E-05	0.7676E-05	0.8226E-05	0.5748E-05	0.7204E-05
7	A-UP EX	(0.1574E-05)	(0.2919E-05)	(0.2478E-05)	(0.1237E-05)	----
7	A-UP EY	(0.2215E-05)	(0.1504E-05)	(0.1487E-05)	(0.2044E-05)	----
7	A-UP EXY	(0.3789E-05)	(0.3096E-05)	(0.4612E-05)	(0.2888E-06)	----
7	B-LO EX	(0.6128E-06)	(0.6005E-06)	----	----	----
7	B-LO EY	(0.3016E-05)	(0.2998E-05)	----	----	----
7	B-LO EXY	(0.3972E-05)	(0.4044E-05)	----	----	----
8	A-LO EX	0.4163E-05	0.7986E-05	0.7987E-05	0.4166E-05	0.6075E-05
8	A-LO EY	0.6772E-05	0.6771E-05	0.5736E-05	0.5734E-05	0.6253E-05
8	A-LO EXY	0.8102E-05	0.1396E-04	0.9212E-05	0.4038E-05	0.8828E-05
8	A-UP EX	(0.3111E-05)	(0.5622E-05)	(0.4743E-05)	(0.2445E-05)	----
8	A-UP EY	(0.9691E-06)	(0.6911E-06)	(0.6831E-06)	(0.8941E-06)	----
8	A-UP EXY	(0.4080E-05)	(0.1762E-05)	(0.3357E-05)	(0.2223E-05)	----
8	B-LO EX	(0.7787E-06)	(0.8124E-06)	----	----	----
8	B-LO EY	(0.1132E-05)	(0.1121E-05)	----	----	----
8	B-LO EXY	(0.8051E-06)	(0.7496E-06)	----	----	----
9	A-LO EX	0.4582E-05	0.8297E-05	0.8296E-05	0.4586E-05	0.6440E-05
9	A-LO EY	0.4982E-05	0.4983E-05	0.4779E-05	0.4786E-05	0.4882E-05
9	A-LO EXY	0.7228E-05	0.8672E-05	0.9001E-05	0.5719E-05	0.7655E-05
9	A-UP EX	(0.2510E-05)	(0.4477E-05)	(0.3765E-05)	(0.1973E-05)	----
9	A-UP EY	(0.8220E-05)	(0.5630E-05)	(0.5565E-05)	(0.7584E-05)	----
9	A-UP EXY	(0.1073E-04)	(0.1330E-04)	(0.1443E-04)	(0.4144E-05)	----
9	B-LO EX	(0.2207E-05)	(0.2150E-05)	----	----	----
9	B-LO EY	(0.1616E-05)	(0.1610E-05)	----	----	----
9	B-LO EXY	(0.8758E-06)	(0.9166E-06)	----	----	----
10	A-LO EX	0.8671E-05	0.5996E-04	0.5996E-04	0.8681E-05	0.3432E-04
10	A-LO EY	0.3755E-04	0.3750E-04	0.2266E-04	0.2272E-04	0.3011E-04
10	A-LO EXY	0.1079E-04	0.9382E-04	0.1054E-03	0.1788E-04	0.5698E-04
10	A-UP EX	(0.5893E-05)	(0.1112E-04)	(0.9479E-05)	(0.4631E-05)	----
10	A-UP EY	(0.1457E-04)	(0.1004E-04)	(0.9923E-05)	(0.1344E-04)	----
10	A-UP EXY	(0.1293E-04)	(0.2720E-04)	(0.2090E-04)	(0.1539E-04)	----
10	B-LO EX	(0.1911E-05)	(0.1981E-05)	----	----	----
10	B-LO EY	(0.1455E-04)	(0.1455E-04)	----	----	----
10	B-LO EXY	(0.5219E-05)	(0.5159E-05)	----	----	----

1) A-LO : A 地区下部ひずみ, A-UP : A 地区上部ひずみ, B-LO : B 地区下部ひずみ

2) () を付した値は解析に用いない値である

表 3.1 (3) 地盤ひずみの最大値

地震 番号	ひずみ種別 ¹⁾	ゾ ー ン I	ゾ ー ン II	ゾ ー ン III	ゾ ー ン IV	平 均 値
11	A-LO EX	0.1238E-04	(0.7103E-04)	(0.7103E-04)	0.1239E-04	0.1239E-04
11	A-LO EY	(0.2909E-04)	(0.2913E-04)	0.2168E-04	0.2169E-04	0.2169E-04
11	A-LO EXY	0.2067E-04	(0.6512E-04)	(0.8298E-04)	0.1614E-04	0.1840E-04
11	A-UP EX	(0.2889E-04)	(0.5129E-04)	(0.4308E-04)	(0.2270E-04)	----
11	A-UP EY	(0.2739E-04)	(0.1892E-04)	(0.1870E-04)	(0.2527E-04)	----
11	A-UP EXY	(0.5628E-04)	(0.2874E-04)	(0.6065E-04)	(0.6738E-05)	----
11	B-LO EX	(0.1068E-05)	(0.1001E-05)	----	----	----
11	B-LO EY	(0.1482E-04)	(0.1483E-04)	----	----	----
11	B-LO EXY	(0.9697E-05)	(0.9620E-05)	----	----	----
12	A-LO EX	(0.1272E-04)	(0.5932E-04)	(0.5931E-04)	(0.1272E-04)	----
12	A-LO EY	(0.5586E-04)	(0.5591E-04)	(0.1980E-04)	(0.1983E-04)	----
12	A-LO EXY	(0.1948E-04)	(0.8546E-04)	(0.9903E-04)	(0.1784E-04)	----
12	A-UP EX	(0.3559E-04)	(0.6363E-04)	(0.5354E-04)	(0.2797E-04)	----
12	A-UP EY	(0.3405E-04)	(0.2347E-04)	(0.2320E-04)	(0.3142E-04)	----
12	A-UP EXY	(0.6949E-04)	(0.3658E-04)	(0.7547E-04)	(0.6537E-05)	----
12	B-LO EX	(0.1956E-05)	(0.2058E-05)	----	----	----
12	B-LO EY	(0.2326E-04)	(0.2329E-04)	----	----	----
12	B-LO EXY	(0.2510E-04)	(0.2486E-04)	----	----	----
13	A-LO EX	0.9398E-05	0.1093E-04	0.1093E-04	0.9406E-05	0.1017E-04
13	A-LO EY	0.1429E-04	0.1429E-04	0.1730E-04	0.1731E-04	0.1580E-04
13	A-LO EXY	0.1314E-04	0.1281E-04	0.1988E-04	0.1911E-04	0.1623E-04
13	A-UP EX	0.2736E-04	0.4083E-04	0.3662E-04	0.2438E-04	0.3230E-04
13	A-UP EY	0.1791E-04	0.1359E-04	0.1492E-04	0.1456E-04	0.1525E-04
13	A-UP EXY	0.3566E-04	0.3767E-04	0.5021E-04	0.3411E-04	0.3941E-04
13	B-LO EX	0.1119E-04	0.1156E-04	----	----	0.1137E-04
13	B-LO EY	0.1133E-04	0.1127E-04	----	----	0.1130E-04
13	B-LO EXY	0.1589E-04	0.1609E-04	----	----	0.1599E-04
14	A-LO EX	0.4379E-05	0.1535E-04	0.1535E-04	0.4383E-05	0.9867E-05
14	A-LO EY	0.5377E-05	0.5380E-05	0.1272E-04	0.1273E-04	0.9054E-05
14	A-LO EXY	0.6583E-05	0.1456E-04	0.2683E-04	0.1391E-04	0.1547E-04
14	A-UP EX	0.1269E-04	0.1911E-04	0.1671E-04	0.1050E-04	0.1475E-04
14	A-UP EY	0.1391E-04	(0.1075E-04)	(0.1072E-04)	0.1276E-04	0.1334E-04
14	A-UP EXY	0.2301E-04	0.2241E-04	0.2900E-04	0.8997E-05	0.2085E-04
14	B-LO EX	0.4210E-05	0.4347E-05	----	----	0.4278E-05
14	B-LO EY	0.4760E-05	0.4717E-05	----	----	0.4739E-05
14	B-LO EXY	0.7682E-05	0.7676E-05	----	----	0.7679E-05
15	A-LO EX	0.3172E-05	(0.5572E-05)	(0.5572E-05)	0.3175E-05	0.3173E-05
15	A-LO EY	0.3656E-05	0.3658E-05	0.7013E-05	0.7014E-05	0.5335E-05
15	A-LO EXY	0.6644E-05	0.7054E-05	(0.1025E-04)	0.6101E-05	0.6600E-05
15	A-UP EX	0.5883E-05	0.1026E-04	0.1003E-04	0.4642E-05	0.7702E-05
15	A-UP EY	0.6387E-05	0.4912E-05	0.4294E-05	0.5565E-05	0.5290E-05
15	A-UP EXY	(0.9252E-05)	(0.1688E-04)	(0.1896E-04)	0.7243E-05	0.7243E-05
15	B-LO EX	(0.7285E-05)	(0.7518E-05)	----	----	----
15	B-LO EY	0.4472E-05	0.4436E-05	----	----	0.4454E-05
15	B-LO EXY	(0.1031E-04)	(0.1038E-04)	----	----	----

- 1) A-LO: A 地区下部ひずみ, A-UP: A 地区上部ひずみ, B-LO: B 地区下部ひずみ
 2) ()を付した値は解析に用いない値である

表 3.1(4) 地盤ひずみの最大値

地震 番号	ひずみ種別 ¹⁾	ゾ ー ン I	ゾ ー ン II	ゾ ー ン III	ゾ ー ン IV	平 均 値
16	A-LO EX	0.7521E-05	0.9837E-05	0.9834E-05	0.7533E-05	0.8681E-05
16	A-LO EY	0.1192E-04	0.1192E-04	0.1536E-04	0.1537E-04	0.1364E-04
16	A-LO EXY	0.9841E-05	0.1440E-04	0.1805E-04	0.1464E-04	0.1423E-04
16	A-UP EX	0.4179E-04	(0.8357E-04)	(0.6790E-04)	0.3073E-04	0.3626E-04
16	A-UP EY	0.3196E-04	0.2392E-04	0.2340E-04	0.2923E-04	0.2713E-04
16	A-UP EXY	0.5274E-04	(0.1080E-03)	(0.5894E-04)	0.7985E-04	0.6629E-04
16	B-LO EX	0.1005E-04	0.1000E-04	----	----	0.1003E-04
16	B-LO EY	0.9709E-05	0.9660E-05	----	----	0.9684E-05
16	B-LO EXY	0.2043E-04	0.2055E-04	----	----	0.2049E-04
17	A-LO EX	(0.3710E-05)	(0.3427E-05)	(0.3427E-05)	(0.3712E-05)	----
17	A-LO EY	(0.2650E-05)	(0.2650E-05)	(0.3040E-05)	(0.3042E-05)	----
17	A-LO EXY	(0.2414E-05)	(0.2615E-05)	(0.3618E-05)	(0.2564E-05)	----
17	A-UP EX	(0.3307E-05)	(0.5847E-05)	(0.5682E-05)	(0.2658E-05)	----
17	A-UP EY	(0.2994E-05)	(0.2079E-05)	(0.3297E-05)	(0.2178E-05)	----
17	A-UP EXY	(0.4203E-05)	(0.1258E-04)	(0.7891E-05)	(0.5859E-05)	----
17	B-LO EX	(0.1733E-05)	(0.1745E-05)	----	----	----
17	B-LO EY	(0.2563E-05)	(0.2543E-05)	----	----	----
17	B-LO EXY	(0.4512E-05)	(0.4592E-05)	----	----	----
18	A-LO EX	0.4326E-05	0.5334E-05	0.5333E-05	0.4334E-05	0.4832E-05
18	A-LO EY	0.4032E-05	0.4034E-05	0.4283E-05	0.4285E-05	0.4158E-05
18	A-LO EXY	0.6282E-05	0.5706E-05	0.7088E-05	0.6335E-05	0.6353E-05
18	A-UP EX	0.8635E-05	0.1600E-04	0.1449E-04	0.7092E-05	0.1155E-04
18	A-UP EY	0.9697E-05	0.8031E-05	0.4472E-05	0.5979E-05	0.7045E-05
18	A-UP EXY	0.1450E-04	0.1420E-04	0.1790E-04	0.6750E-05	0.1334E-04
18	B-LO EX	0.3493E-05	0.3529E-05	----	----	0.3511E-05
18	B-LO EY	0.3496E-05	0.3473E-05	----	----	0.3484E-05
18	B-LO EXY	0.5112E-05	0.5232E-05	----	----	0.5172E-05
19	A-LO EX	(0.2825E-05)	(0.2400E-05)	(0.2400E-05)	(0.2826E-05)	----
19	A-LO EY	(0.3068E-05)	(0.3068E-05)	(0.3110E-05)	(0.3110E-05)	----
19	A-LO EXY	(0.4736E-05)	(0.3837E-05)	(0.3444E-05)	(0.4697E-05)	----
19	A-UP EX	(0.5814E-05)	(0.1520E-04)	(0.1767E-04)	(0.6704E-05)	----
19	A-UP EY	(0.4577E-05)	(0.6197E-05)	(0.8084E-05)	(0.5367E-05)	----
19	A-UP EXY	(0.8184E-05)	(0.2266E-04)	(0.1345E-04)	(0.1099E-04)	----
19	B-LO EX	(0.1964E-05)	(0.1990E-05)	----	----	----
19	B-LO EY	(0.2950E-05)	(0.2922E-05)	----	----	----
19	B-LO EXY	(0.4911E-05)	(0.4979E-05)	----	----	----
20	A-LO EX	0.7499E-05	(0.4307E-05)	(0.4307E-05)	0.7500E-05	0.7499E-05
20	A-LO EY	0.3109E-05	0.3110E-05	(0.7521E-05)	(0.7526E-05)	0.3110E-05
20	A-LO EXY	0.4998E-05	0.4567E-05	0.4989E-05	0.5730E-05	0.5071E-05
20	A-UP EX	(0.1070E-04)	(0.2535E-04)	(0.2976E-04)	(0.1213E-04)	----
20	A-UP EY	(0.7608E-04)	(0.7299E-04)	(0.1207E-04)	(0.7962E-05)	----
20	A-UP EXY	0.1453E-04	(0.4027E-04)	(0.2186E-04)	(0.1712E-04)	0.1453E-04
20	B-LO EX	0.3063E-05	0.3137E-05	----	----	0.3100E-05
20	B-LO EY	0.2500E-05	0.2478E-05	----	----	0.2489E-05
20	B-LO EXY	0.5142E-05	0.5191E-05	----	----	0.5167E-05

1) A-LO: A 地区下部ひずみ, A-UP: A 地区上部ひずみ, B-LO: B 地区下部ひずみ

2) ()を付した値は解析に用いない値である

表 3.1 (5) 地盤ひずみの最大値

地盤 番号	ひずみ種別 ¹⁾		ゾ ー ン I	ゾ ー ン II	ゾ ー ン III	ゾ ー ン IV	平 均 値
21	A-LO	EX	0.9515E-05	0.1173E-04	0.1172E-04	0.9525E-05	0.1062E-04
21	A-LO	EY	0.9950E-05	0.9951E-05	0.2398E-04	0.2400E-04	0.1697E-04
21	A-LO	EXY	0.1193E-04	0.1801E-04	0.2714E-04	0.2026E-04	0.1934E-04
21	A-UP	EX	0.3526E-04	0.4205E-04	0.3865E-04	0.3107E-04	0.3676E-04
21	A-UP	EY	(0.2867E-04)	(0.2498E-04)	(0.2578E-04)	(0.2595E-04)	----
21	A-UP	EXY	0.4594E-04	0.6250E-04	0.6677E-04	0.4050E-04	0.5393E-04
21	B-LO	EX	0.8405E-05	0.8648E-05	----	----	0.8526E-05
21	B-LO	EY	0.1576E-04	0.1590E-04	----	----	0.1583E-04
21	B-LO	EXY	0.1416E-04	0.1426E-04	----	----	0.1421E-04
22	A-LO	EX	0.5730E-04	0.5131E-04	0.5130E-04	0.5740E-04	0.5433E-04
22	A-LO	EY	0.4219E-04	0.4220E-04	0.5345E-04	0.5347E-04	0.4783E-04
22	A-LO	EXY	0.4903E-04	0.4894E-04	0.1602E-03	0.1272E-03	0.9634E-04
22	A-UP	EX	0.1141E-03	0.1470E-03	0.1394E-03	0.1010E-03	0.1254E-03
22	A-UP	EY	(0.4163E-03)	(0.3651E-03)	0.3952E-04	0.6944E-04	0.5448E-04
22	A-UP	EXY	(0.3230E-03)	(0.4328E-03)	0.4393E-03	0.2198E-03	0.3295E-03
22	B-LO	EX	0.5449E-04	0.5341E-04	----	----	0.5395E-04
22	B-LO	EY	0.6766E-04	0.6744E-04	----	----	0.6755E-04
22	B-LO	EXY	0.9574E-04	0.9504E-04	----	----	0.9539E-04
23	A-LO	EX	0.5093E-05	0.6547E-05	0.6547E-05	0.5096E-05	0.5821E-05
23	A-LO	EY	(0.1244E-04)	(0.1244E-04)	0.5004E-05	0.5004E-05	0.5004E-05
23	A-LO	EXY	0.7034E-05	0.5934E-05	0.7194E-05	(0.1237E-04)	0.6721E-05
23	A-UP	EX	(0.1023E-04)	(0.3702E-04)	(0.3209E-04)	(0.1385E-04)	----
23	A-UP	EY	(0.1427E-04)	(0.1076E-04)	(0.1970E-04)	(0.2186E-04)	----
23	A-UP	EXY	(0.1761E-04)	(0.3062E-04)	(0.7582E-04)	(0.5838E-04)	----
23	B-LO	EX	0.3029E-05	0.2989E-05	----	----	0.3009E-05
23	B-LO	EY	0.4016E-05	0.3995E-05	----	----	0.4006E-05
23	B-LO	EXY	0.6567E-05	0.6584E-05	----	----	0.6576E-05
24	A-LO	EX	(0.4381E-05)	0.9821E-05	0.9820E-05	(0.4384E-05)	0.9820E-05
24	A-LO	EY	0.4983E-05	0.4989E-05	0.1020E-04	0.1021E-04	0.7595E-05
24	A-LO	EXY	0.5278E-05	0.8350E-05	0.1888E-04	0.7572E-05	0.1002E-04
24	A-UP	EX	(0.1002E-04)	(0.3539E-04)	(0.3053E-04)	(0.1442E-04)	----
24	A-UP	EY	(0.1604E-04)	(0.1272E-04)	(0.2225E-04)	(0.2454E-04)	----
24	A-UP	EXY	(0.1446E-04)	(0.3687E-04)	(0.7519E-04)	(0.5511E-04)	----
24	B-LO	EX	0.2813E-05	0.2904E-05	----	----	0.2858E-05
24	B-LO	EY	0.4058E-05	0.4029E-05	----	----	0.4044E-05
24	B-LO	EXY	0.8363E-05	0.8468E-05	----	----	0.8415E-05
25	A-LO	EX	(0.6492E-05)	(0.5181E-05)	(0.5180E-05)	(0.6485E-05)	----
25	A-LO	EY	(0.9435E-05)	(0.9436E-05)	(0.5506E-05)	(0.5510E-05)	----
25	A-LO	EXY	(0.4624E-05)	(0.5885E-05)	(0.8951E-05)	(0.9949E-05)	----
25	A-UP	EX	(0.1160E-04)	(0.3443E-04)	(0.2958E-04)	(0.1716E-04)	----
25	A-UP	EY	(0.1230E-04)	(0.9602E-05)	(0.1921E-04)	(0.2106E-04)	----
25	A-UP	EXY	(0.1032E-04)	(0.3226E-04)	(0.7534E-04)	(0.5912E-04)	----
25	B-LO	EX	(0.3451E-05)	(0.3440E-05)	----	----	----
25	B-LO	EY	(0.2674E-05)	(0.2668E-05)	----	----	----
25	B-LO	EXY	(0.5188E-05)	(0.5230E-05)	----	----	----

1) A-LO : A 地区下部ひずみ, A-UP : A 地区上部ひずみ, B-LO : B 地区下部ひずみ

2) () を付した値は解析に用いない値である

表 3.1 (6) 地盤ひずみの最大値

地震 番号	ひずみ種別 ¹⁾	ゾ ー ン I	ゾ ー ン II	ゾ ー ン III	ゾ ー ン IV	平 均 値
26	A-LO EX	0.6680E-05	0.1032E-04	0.1031E-04	0.6669E-05	0.8495E-05
26	A-LO EY	(0.7887E-05)	(0.7889E-05)	0.5858E-05	0.5858E-05	0.5858E-05
26	A-LO EXY	0.7802E-05	0.5730E-05	0.1155E-04	0.1203E-04	0.9280E-05
26	A-UP EX	(0.1626E-04)	(0.2016E-04)	(0.1617E-04)	(0.2048E-04)	----
26	A-UP EY	0.8115E-05	0.6611E-05	(0.2169E-04)	(0.2166E-04)	0.7363E-05
26	A-UP EXY	(0.2020E-04)	(0.2567E-04)	(0.6096E-04)	(0.6080E-04)	----
26	B-LO EX	0.3147E-05	0.3203E-05	----	----	0.3175E-05
26	B-LO EY	0.3677E-05	0.3653E-05	----	----	0.3665E-05
26	B-LO EXY	0.8137E-05	0.8221E-05	----	----	0.8179E-05
27	A-LO EX	0.5547E-05	0.5906E-05	0.5905E-05	0.5537E-05	0.5724E-05
27	A-LO EY	(0.9963E-05)	(0.9965E-05)	(0.4892E-05)	(0.4889E-05)	----
27	A-LO EXY	0.6385E-05	0.6046E-05	(0.9667E-05)	(0.1376E-04)	0.6216E-05
27	A-UP EX	(0.1452E-04)	0.8399E-05	0.7445E-05	(0.1522E-04)	0.7922E-05
27	A-UP EY	0.1218E-04	0.9619E-05	0.8386E-05	0.1034E-04	0.1013E-04
27	A-UP EXY	(0.2036E-04)	(0.1410E-04)	(0.2257E-04)	(0.2700E-04)	----
27	B-LO EX	0.3126E-05	0.3158E-05	----	----	0.3142E-05
27	B-LO EY	(0.4247E-05)	(0.4213E-05)	----	----	----
27	B-LO EXY	(0.7438E-05)	(0.7590E-05)	----	----	----
28	A-LO EX	0.3470E-04	0.3886E-04	0.3886E-04	0.3473E-04	0.3679E-04
28	A-LO EY	0.2997E-04	0.2997E-04	0.7220E-04	0.7225E-04	0.5110E-04
28	A-LO EXY	0.4895E-04	0.4899E-04	0.7321E-04	0.4266E-04	0.5345E-04
28	A-UP EX	0.1892E-03	0.1692E-03	0.1408E-03	0.1503E-03	0.1624E-03
28	A-UP EY	0.8701E-04	0.7210E-04	0.6643E-04	0.7757E-04	0.7578E-04
28	A-UP EXY	0.1225E-03	0.1734E-03	0.2546E-03	0.2310E-03	0.1954E-03
28	B-LO EX	0.2862E-04	0.2822E-04	----	----	0.2842E-04
28	B-LO EY	0.3813E-04	0.3802E-04	----	----	0.3808E-04
28	B-LO EXY	0.5290E-04	0.5288E-04	----	----	0.5289E-04
29	A-LO EX	(0.4890E-05)	0.4260E-05	0.4260E-05	(0.4885E-05)	0.4260E-05
29	A-LO EY	0.4997E-05	0.4997E-05	(0.4930E-05)	(0.4931E-05)	0.4997E-05
29	A-LO EXY	0.5168E-05	0.5706E-05	0.7921E-05	0.9105E-05	0.6975E-05
29	A-UP EX	(0.9902E-05)	(0.3587E-04)	(0.3118E-04)	(0.1537E-04)	----
29	A-UP EY	(0.1367E-04)	(0.1026E-04)	(0.1876E-04)	(0.2103E-04)	----
29	A-UP EXY	(0.1070E-04)	(0.3477E-04)	(0.7267E-04)	(0.5662E-04)	----
29	B-LO EX	0.2572E-05	0.2643E-05	----	----	0.2607E-05
29	B-LO EY	(0.5197E-05)	(0.5168E-05)	----	----	----
29	B-LO EXY	(0.9641E-05)	(0.9753E-05)	----	----	----
30	A-LO EX	0.5168E-05	0.7360E-05	0.7359E-05	0.5171E-05	0.6264E-05
30	A-LO EY	0.5198E-05	0.5201E-05	(0.7708E-05)	(0.7715E-05)	0.5199E-05
30	A-LO EXY	(0.6866E-05)	0.4927E-05	(0.1096E-04)	0.5360E-05	0.5144E-05
30	A-UP EX	(0.1110E-04)	(0.2375E-04)	(0.1919E-04)	(0.1612E-04)	----
30	A-UP EY	(0.8027E-05)	(0.6641E-05)	(0.2429E-04)	(0.2516E-04)	----
30	A-UP EXY	(0.1489E-04)	(0.2767E-04)	(0.6788E-04)	(0.5987E-04)	----
30	B-LO EX	0.3144E-05	0.3231E-05	----	----	0.3188E-05
30	B-LO EY	0.5641E-05	0.5595E-05	----	----	0.5618E-05
30	B-LO EXY	0.1171E-04	0.1190E-04	----	----	0.1181E-04

1) A-LO: A 地区下部ひずみ, A-UP: A 地区上部ひずみ, B-LO: B 地区下部ひずみ

2) ()を付した値は解析に用いない値である

表 3.1(7) 地盤ひずみの最大値

地震 番号	ひずみ種別 ¹⁾	ゾ ー ン I	ゾ ー ン II	ゾ ー ン III	ゾ ー ン IV	平 均 値
31	A-LO EX	0.5394E-05	(0.7671E-05)	(0.7670E-05)	0.5400E-05	0.5397E-05
31	A-LO EY	0.6842E-05	0.6844E-05	0.9368E-05	0.9376E-05	0.8107E-05
31	A-LO EXY	0.7715E-05	0.8354E-05	(0.1091E-04)	0.8831E-05	0.8300E-05
31	A-UP EX	(0.1278E-04)	(0.2780E-04)	(0.2448E-04)	(0.1400E-04)	----
31	A-UP EY	0.1442E-04	0.1131E-04	0.1624E-04	0.1842E-04	0.1510E-04
31	A-UP EXY	(0.1639E-04)	(0.2685E-04)	(0.5579E-04)	(0.3671E-04)	----
31	B-LO EX	0.4378E-05	0.4541E-05	----	----	0.4460E-05
31	B-LO EY	0.6666E-05	0.6653E-05	----	----	0.6660E-05
31	B-LO EXY	0.6824E-05	(0.6748E-05)	----	----	0.6824E-05
32	A-LO EX	0.9735E-05	0.7337E-05	0.7336E-05	0.9739E-05	0.8537E-05
32	A-LO EY	0.1042E-04	0.1042E-04	0.7966E-05	0.7975E-05	0.9197E-05
32	A-LO EXY	0.6081E-05	0.1151E-04	0.9767E-05	0.9358E-05	0.9178E-05
32	A-UP EX	(0.2083E-04)	(0.3361E-04)	(0.2893E-04)	(0.1943E-04)	----
32	A-UP EY	(0.1653E-04)	(0.1282E-04)	(0.1717E-04)	(0.2015E-04)	----
32	A-UP EXY	(0.2268E-04)	(0.3658E-04)	(0.6429E-04)	(0.4407E-04)	----
32	B-LO EX	0.2996E-05	0.3022E-05	----	----	0.3009E-05
32	B-LO EY	0.5064E-05	0.5063E-05	----	----	0.5063E-05
32	B-LO EXY	0.5368E-05	0.5376E-05	----	----	0.5372E-05
33	A-LO EX	----	(0.2166E-05)	(0.2166E-05)	(0.2208E-08)	----
33	A-LO EY	----	(0.3510E-08)	(0.6237E-05)	(0.6243E-05)	----
33	A-LO EXY	----	(0.6819E-05)	(0.6493E-05)	(0.3119E-05)	----
33	A-UP EX	(0.7838E-05)	(0.4245E-04)	(0.3675E-04)	(0.1167E-04)	----
33	A-UP EY	(0.2732E-04)	(0.2143E-04)	(0.2942E-04)	(0.3371E-04)	----
33	A-UP EXY	(0.1630E-04)	(0.4188E-04)	(0.8957E-04)	(0.5146E-04)	----
33	B-LO EX	(0.6672E-05)	(0.6768E-05)	----	----	----
33	B-LO EY	0.3647E-05	0.3633E-05	----	----	0.3640E-05
33	B-LO EXY	0.7029E-05	0.7065E-05	----	----	0.7047E-05
34	A-LO EX	0.5441E-05	0.1006E-04	0.1006E-04	0.5439E-05	0.7750E-05
34	A-LO EY	(0.7655E-05)	(0.7660E-05)	0.8698E-05	0.8701E-05	0.8700E-05
34	A-LO EXY	(0.5568E-05)	(0.1058E-04)	0.1351E-04	0.1000E-04	0.1175E-04
34	A-UP EX	(0.2306E-04)	(0.2179E-04)	(0.2215E-04)	(0.2640E-04)	----
34	A-UP EY	(0.1475E-04)	(0.1236E-04)	(0.2219E-04)	(0.2321E-04)	----
34	A-UP EXY	(0.3410E-04)	(0.4110E-04)	(0.6953E-04)	(0.5582E-04)	----
34	B-LO EX	0.1229E-04	0.1298E-04	----	----	0.1264E-04
34	B-LO EY	0.1407E-04	0.1401E-04	----	----	0.1404E-04
34	B-LO EXY	(0.2464E-04)	(0.2471E-04)	----	----	----
35	A-LO EX	(0.4074E-05)	(0.5658E-05)	(0.5657E-05)	(0.4079E-05)	----
35	A-LO EY	(0.1800E-05)	(0.1802E-05)	(0.3014E-05)	(0.3016E-05)	----
35	A-LO EXY	(0.2633E-05)	(0.5496E-05)	(0.1031E-04)	(0.8158E-05)	----
35	A-UP EX	(0.1397E-04)	(0.3499E-04)	(0.3051E-04)	(0.1911E-04)	----
35	A-UP EY	(0.2181E-04)	(0.1764E-04)	(0.2209E-04)	(0.2505E-04)	----
35	A-UP EXY	(0.1206E-04)	(0.3885E-04)	(0.7584E-04)	(0.4898E-04)	----
35	B-LO EX	(0.4835E-05)	(0.4837E-05)	----	----	----
35	B-LO EY	(0.2737E-05)	(0.2723E-05)	----	----	----
35	B-LO EXY	(0.4604E-05)	(0.4668E-05)	----	----	----

- 1) A-LO: A 地区下部ひずみ, A-UP: A 地区上部ひずみ, B-LO: B 地区下部ひずみ
2) ()を付した値は解析に用いない値である

表 3.1 (8) 地盤ひずみの最大値

地震 番号	ひずみ種別 ¹⁾	ゾ ー ン I	ゾ ー ン II	ゾ ー ン III	ゾ ー ン IV	平 均 値
36	A-LO EX	(0.2801E-05)	0.5214E-05	0.5214E-05	(0.2805E-05)	0.5214E-05
36	A-LO EY	0.2176E-05	0.2179E-05	0.5772E-05	0.5777E-05	0.3976E-05
36	A-LO EXY	0.1942E-05	0.7843E-05	0.1148E-04	0.5966E-05	0.6808E-05
36	A-UP EX	(0.1136E-04)	(0.3601E-04)	(0.3171E-04)	(0.1636E-04)	----
36	A-UP EY	(0.2180E-04)	(0.1697E-04)	(0.2227E-04)	(0.2584E-04)	----
36	A-UP EXY	(0.1003E-04)	(0.4245E-04)	(0.7919E-04)	(0.4692E-04)	----
36	B-LO EX	(0.3807E-05)	(0.3952E-05)	----	----	----
36	B-LO EY	0.4233E-05	0.4214E-05	----	----	0.4223E-05
36	B-LO EXY	0.5598E-05	0.5685E-05	----	----	0.5642E-05
37	A-LO EX	(0.2940E-05)	(0.4740E-05)	(0.4739E-05)	(0.2945E-05)	----
37	A-LO EY	(0.2010E-05)	(0.2012E-05)	(0.3315E-05)	(0.3320E-05)	----
37	A-LO EXY	(0.3528E-05)	(0.5079E-05)	(0.8207E-05)	(0.8913E-05)	----
37	A-UP EX	(0.1582E-04)	(0.3353E-04)	(0.2964E-04)	(0.2027E-04)	----
37	A-UP EY	(0.1891E-04)	(0.1523E-04)	(0.2035E-04)	(0.2295E-04)	----
37	A-UP EXY	(0.1096E-04)	(0.4014E-04)	(0.7185E-04)	(0.4820E-04)	----
37	B-LO EX	(0.3063E-05)	(0.3109E-05)	----	----	----
37	B-LO EY	(0.3283E-05)	(0.3262E-05)	----	----	----
37	B-LO EXY	(0.4796E-05)	(0.4907E-05)	----	----	----
38	A-LO EX	0.3234E-05	0.5393E-05	0.5393E-05	0.3237E-05	0.4314E-05
38	A-LO EY	0.3551E-05	0.3554E-05	0.4420E-05	0.4421E-05	0.3986E-05
38	A-LO EXY	(0.5853E-05)	(0.1196E-04)	(0.1123E-04)	(0.5733E-05)	----
38	A-UP EX	(0.1581E-04)	(0.3485E-04)	(0.3062E-04)	(0.1953E-04)	----
38	A-UP EY	(0.1616E-04)	(0.1253E-04)	(0.1850E-04)	(0.2115E-04)	----
38	A-UP EXY	(0.1367E-04)	(0.3810E-04)	(0.7499E-04)	(0.5097E-04)	----
38	B-LO EX	0.6684E-05	0.6945E-05	----	----	0.6815E-05
38	B-LO EY	0.5525E-05	0.5485E-05	----	----	0.5505E-05
38	B-LO EXY	0.1407E-04	0.1421E-04	----	----	0.1414E-04
39	A-LO EX	0.1047E-04	0.9977E-05	0.9975E-05	0.1048E-04	0.1023E-04
39	A-LO EY	0.8727E-05	0.8733E-05	0.1532E-04	0.1533E-04	0.1203E-04
39	A-LO EXY	0.1174E-04	0.1329E-04	0.1998E-04	0.1519E-04	0.1505E-04
39	A-UP EX	0.2947E-04	(0.4109E-04)	(0.3624E-04)	0.2501E-04	0.2724E-04
39	A-UP EY	0.4050E-04	0.3430E-04	(0.2480E-04)	(0.2849E-04)	0.3740E-04
39	A-UP EXY	0.3760E-04	(0.4654E-04)	(0.8815E-04)	(0.5468E-04)	0.3760E-04
39	B-LO EX	0.8659E-05	0.9104E-05	----	----	0.8881E-05
39	B-LO EY	0.1028E-04	0.1019E-04	----	----	0.1024E-04
39	B-LO EXY	0.1892E-04	0.1862E-04	----	----	0.1877E-04
40	A-LO EX	0.2541E-05	0.4247E-05	0.4246E-05	0.2545E-05	0.3395E-05
40	A-LO EY	(0.4245E-05)	(0.4250E-05)	0.5582E-05	0.5585E-05	0.5583E-05
40	A-LO EXY	0.4678E-05	(0.1258E-04)	(0.1033E-04)	0.4370E-05	0.4524E-05
40	A-UP EX	(0.1586E-04)	(0.2259E-04)	(0.1872E-04)	(0.2003E-04)	----
40	A-UP EY	(0.1043E-04)	(0.7980E-05)	(0.2443E-04)	(0.2595E-04)	----
40	A-UP EXY	(0.1116E-04)	(0.3388E-04)	(0.6734E-04)	(0.5268E-04)	----
40	B-LO EX	0.7254E-05	0.7412E-05	----	----	0.7333E-05
40	B-LO EY	0.7908E-05	0.7860E-05	----	----	0.7884E-05
40	B-LO EXY	0.1342E-04	0.1364E-04	----	----	0.1353E-04

- 1) A-LO : A 地区下部ひずみ, A-UP : A 地区上部ひずみ, B-LO : B 地区下部ひずみ
 2) () を付した値は解析に用いない値である

表 3.1 (9) 地盤ひずみの最大値

地震 番号	ひずみ種別 ¹⁾	ゾ ー ン I	ゾ ー ン II	ゾ ー ン III	ゾ ー ン IV	平 均 値
41	A-LO EX	(0.5468E-05)	(0.3077E-05)	(0.3077E-05)	(0.5474E-05)	----
41	A-LO EY	(0.3357E-05)	(0.3362E-05)	(0.2998E-05)	(0.3004E-05)	----
41	A-LO EXY	(0.3323E-05)	(0.9772E-05)	(0.5621E-05)	(0.5591E-05)	----
41	A-UP EX	(0.1529E-04)	(0.3481E-04)	(0.3076E-04)	(0.2014E-04)	----
41	A-UP EY	(0.1325E-04)	(0.1053E-04)	(0.1612E-04)	(0.1782E-04)	----
41	A-UP EXY	(0.8566E-05)	(0.3472E-04)	(0.7053E-04)	(0.5550E-04)	----
41	B-LO EX	(0.2161E-05)	(0.2230E-05)	----	----	----
41	B-LO EY	(0.2750E-05)	(0.2730E-05)	----	----	----
41	B-LO EXY	(0.2513E-05)	(0.2599E-05)	----	----	----
42	A-LO EX	0.3387E-05	(0.4672E-05)	(0.4671E-05)	0.3387E-05	0.3387E-05
42	A-LO EY	0.5014E-05	0.5017E-05	0.8519E-05	0.8517E-05	0.6767E-05
42	A-LO EXY	0.5490E-05	0.8874E-05	0.1139E-04	0.6962E-05	0.8180E-05
42	A-UP EX	0.1472E-04	(0.2234E-04)	(0.1960E-04)	0.1672E-04	0.1572E-04
42	A-UP EY	(0.1240E-04)	(0.9597E-05)	(0.1250E-04)	(0.1459E-04)	----
42	A-UP EXY	(0.1552E-04)	(0.2999E-04)	(0.4621E-04)	(0.3367E-04)	----
42	B-LO EX	0.6288E-05	0.6411E-05	----	----	0.6350E-05
42	B-LO EY	0.7721E-05	0.7668E-05	----	----	0.7695E-05
42	B-LO EXY	0.1257E-04	0.1277E-04	----	----	0.1267E-04
43	A-LO EX	0.5410E-05	0.9464E-05	0.9463E-05	0.5414E-05	0.7437E-05
43	A-LO EY	0.6660E-05	0.6659E-05	0.1239E-04	0.1239E-04	0.9525E-05
43	A-LO EXY	0.9789E-05	0.1026E-04	0.1572E-04	0.1146E-04	0.1181E-04
43	A-UP EX	0.2184E-04	(0.3616E-04)	(0.3151E-04)	0.2096E-04	0.2140E-04
43	A-UP EY	0.1969E-04	(0.1511E-04)	(0.1730E-04)	0.2078E-04	0.2024E-04
43	A-UP EXY	0.2139E-04	(0.2632E-04)	(0.5317E-04)	(0.6084E-04)	0.2139E-04
43	B-LO EX	0.7818E-05	0.7953E-05	----	----	0.7885E-05
43	B-LO EY	0.9029E-05	0.8967E-05	----	----	0.8998E-05
43	B-LO EXY	0.1197E-04	0.1211E-04	----	----	0.1204E-04
44	A-LO EX	0.4063E-05	0.6665E-05	0.6664E-05	0.4066E-05	0.5365E-05
44	A-LO EY	0.7712E-05	0.7718E-05	0.8368E-05	0.8374E-05	0.8043E-05
44	A-LO EXY	0.5187E-05	(0.1941E-04)	(0.1819E-04)	0.9476E-05	0.7332E-05
44	A-UP EX	(0.1955E-04)	(0.2338E-04)	(0.1946E-04)	(0.2297E-04)	----
44	A-UP EY	(0.1063E-04)	(0.8670E-05)	(0.2484E-04)	(0.2655E-04)	----
44	A-UP EXY	(0.1909E-04)	(0.4006E-04)	(0.7415E-04)	(0.5747E-04)	----
44	B-LO EX	0.5503E-05	0.5693E-05	----	----	0.5598E-05
44	B-LO EY	0.4701E-05	(0.2824E-04)	----	----	0.4701E-05
44	B-LO EXY	0.8231E-05	(0.1436E-03)	----	----	0.8231E-05
45	A-LO EX	0.2211E-04	0.2540E-04	0.2540E-04	0.2214E-04	0.2376E-04
45	A-LO EY	0.2321E-04	0.2321E-04	0.4356E-04	0.4357E-04	0.3339E-04
45	A-LO EXY	0.2382E-04	0.2908E-04	0.6140E-04	0.3864E-04	0.3824E-04
45	A-UP EX	0.8144E-04	0.8494E-04	0.6810E-04	0.6012E-04	0.7365E-04
45	A-UP EY	0.9475E-04	0.7449E-04	0.7288E-04	0.8825E-04	0.8259E-04
45	A-UP EXY	0.9445E-04	0.9904E-04	0.1378E-03	0.1038E-03	0.1088E-03
45	B-LO EX	0.1933E-04	0.1929E-04	----	----	0.1931E-04
45	B-LO EY	0.2124E-04	0.2114E-04	----	----	0.2119E-04
45	B-LO EXY	0.3617E-04	0.3655E-04	----	----	0.3636E-04

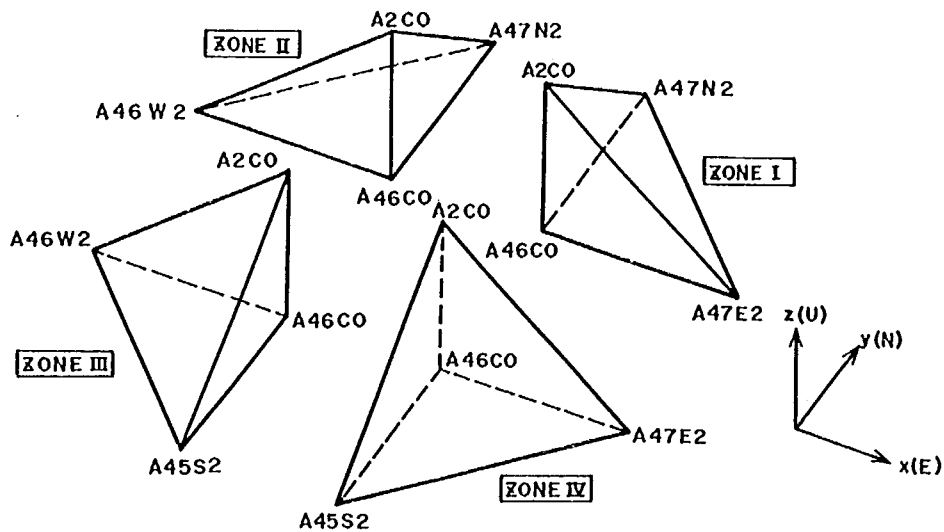
1) A-LO : A 地区下部ひずみ, A-UP : A 地区上部ひずみ, B-LO : B 地区下部ひずみ

2) () を付した値は解析に用いない値である

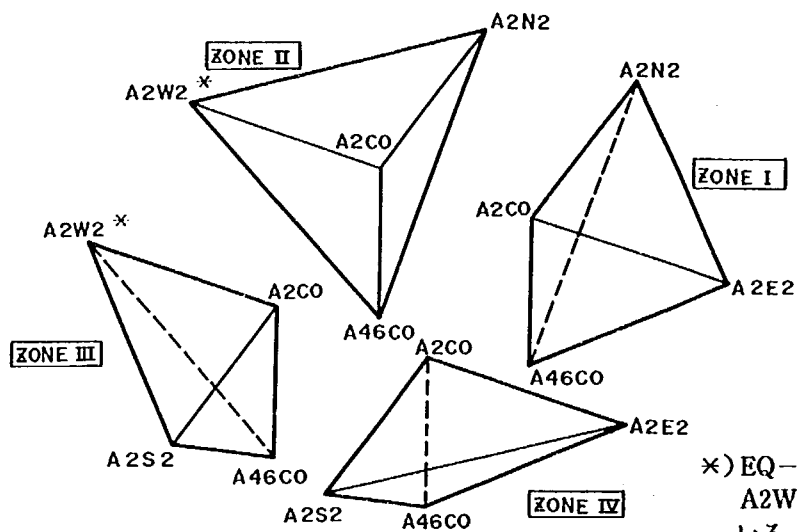
表 3.1 (10) 地盤ひずみの最大値

地震 番号	ひずみ種別 ¹⁾	ゾ ー ン I	ゾ ー ン II	ゾ ー ン III	ゾ ー ン IV	平 均 値
46	A-LO EX	(0.4769E-05)	(0.5050E-05)	(0.5049E-05)	(0.4774E-05)	----
46	A-LO EY	(0.5861E-05)	(0.5865E-05)	(0.2059E-05)	(0.2064E-05)	----
46	A-LO EXY	(0.3274E-05)	(0.1109E-04)	(0.4716E-05)	(0.5460E-05)	----
46	A-UP EX	(0.1283E-04)	(0.3792E-04)	(0.3324E-04)	(0.1827E-04)	----
46	A-UP EY	(0.1368E-04)	(0.1121E-04)	(0.1786E-04)	(0.1948E-04)	----
46	A-UP EXY	(0.5781E-05)	(0.2966E-04)	(0.7111E-04)	(0.5728E-04)	----
46	B-LO EX	(0.3397E-05)	(0.3505E-05)	----	----	----
46	B-LO EY	(0.2518E-05)	(0.2511E-05)	----	----	----
46	B-LO EXY	(0.6427E-05)	(0.6473E-05)	----	----	----
47	A-LO EX	0.2721E-05	0.5573E-05	0.5572E-05	0.2724E-05	0.4147E-05
47	A-LO EY	0.2508E-05	0.2510E-05	0.7579E-05	0.7586E-05	0.5046E-05
47	A-LO EXY	0.3971E-05	0.9995E-05	0.1302E-04	0.5962E-05	0.8238E-05
47	A-UP EX	(0.1304E-04)	(0.3697E-04)	(0.3243E-04)	(0.1794E-04)	----
47	A-UP EY	(0.1865E-04)	(0.1485E-04)	(0.2182E-04)	(0.2449E-04)	----
47	A-UP EXY	0.1252E-04	(0.3679E-04)	(0.7582E-04)	(0.5194E-04)	0.1252E-04
47	B-LO EX	0.7312E-05	0.7525E-05	----	----	0.7419E-05
47	B-LO EY	0.1094E-04	0.1087E-04	----	----	0.1090E-04
47	B-LO EXY	0.1993E-04	0.2019E-04	----	----	0.2006E-04
48	A-LO EX	0.1496E-05	0.2959E-05	0.2958E-05	0.1497E-05	0.2227E-05
48	A-LO EY	0.2195E-05	0.2195E-05	0.4939E-05	0.4942E-05	0.3568E-05
48	A-LO EXY	0.2027E-05	0.5513E-05	0.8620E-05	0.4288E-05	0.5112E-05
48	A-UP EX	(0.1106E-04)	(0.3656E-04)	(0.3215E-04)	(0.1623E-04)	----
48	A-UP EY	(0.2034E-04)	(0.1599E-04)	(0.2099E-04)	(0.2417E-04)	----
48	A-UP EXY	0.8967E-05	(0.3989E-04)	(0.7678E-04)	(0.4826E-04)	0.8967E-05
48	B-LO EX	0.4426E-05	0.4544E-05	----	----	0.4485E-05
48	B-LO EY	0.3350E-05	0.3328E-05	----	----	0.3339E-05
48	B-LO EXY	0.7229E-05	0.7339E-05	----	----	0.7284E-05
49	A-LO EX	0.2884E-05	0.1192E-04	0.1191E-04	0.2889E-05	0.7401E-05
49	A-LO EY	0.2868E-05	0.2872E-05	0.1113E-04	0.1114E-04	0.7004E-05
49	A-LO EXY	0.6002E-05	0.1107E-04	0.2360E-04	0.1405E-04	0.1368E-04
49	A-UP EX	(0.1467E-04)	(0.2586E-04)	(0.2157E-04)	(0.1938E-04)	----
49	A-UP EY	(0.1187E-04)	(0.9664E-05)	(0.2538E-04)	(0.2690E-04)	----
49	A-UP EXY	0.1446E-04	(0.3301E-04)	(0.7022E-04)	(0.5596E-04)	0.1446E-04
49	B-LO EX	0.9141E-05	0.9307E-05	----	----	0.9224E-05
49	B-LO EY	0.8644E-05	0.8592E-05	----	----	0.8618E-05
49	B-LO EXY	0.2002E-04	0.2016E-04	----	----	0.2009E-04
50	A-LO EX	0.3442E-05	0.6778E-05	0.6777E-05	0.3441E-05	0.5109E-05
50	A-LO EY	0.3954E-05	0.3954E-05	0.7684E-05	0.7691E-05	0.5821E-05
50	A-LO EXY	0.4820E-05	0.7403E-05	0.1366E-04	0.7281E-05	0.8291E-05
50	A-UP EX	(0.1635E-04)	(0.3457E-04)	(0.3042E-04)	(0.2108E-04)	----
50	A-UP EY	(0.1819E-04)	(0.1467E-04)	(0.1941E-04)	(0.2189E-04)	----
50	A-UP EXY	0.1038E-04	(0.3836E-04)	(0.7423E-04)	(0.5164E-04)	0.1038E-04
50	B-LO EX	0.6790E-05	0.6963E-05	----	----	0.6877E-05
50	B-LO EY	0.6036E-05	0.5998E-05	----	----	0.6017E-05
50	B-LO EXY	0.1304E-04	0.1320E-04	----	----	0.1312E-04

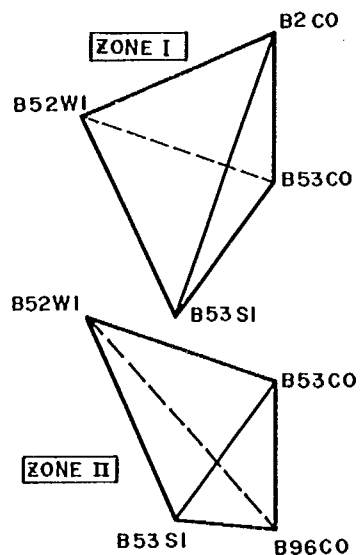
- 1) A-LO : A 地区下部ひずみ, A-UP : A 地区上部ひずみ, B-LO : B 地区下部ひずみ
 2) () を付した値は解析に用いない値である



(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



(c) B 地区下部ひずみの計算に用いる 4 面体

図 3.1 地盤ひずみ計算用の 4 面体

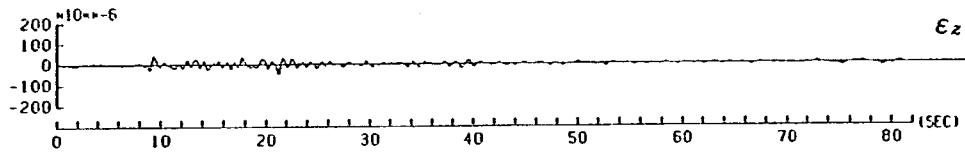
INDEX NO. 2431 ϵ_x
 IP: 8. 9.11.10
 MAX: 34.7 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



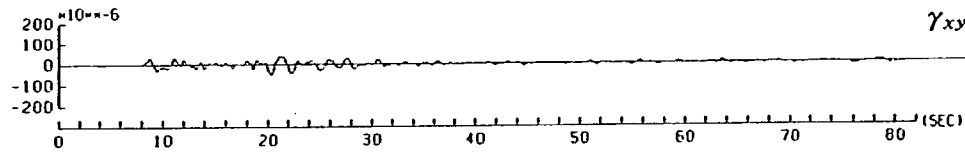
INDEX NO. 2432 ϵ_y
 IP: 8. 9.11.10
 MAX: 30.0 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



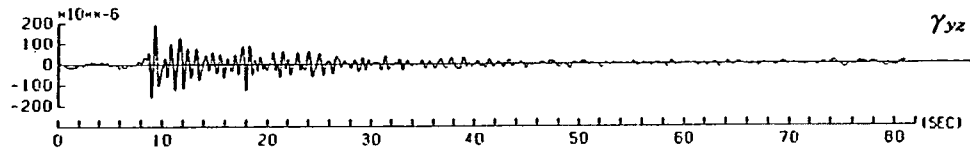
INDEX NO. 2433 ϵ_z
 IP: 8. 9.11.10
 MAX: -48.0 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



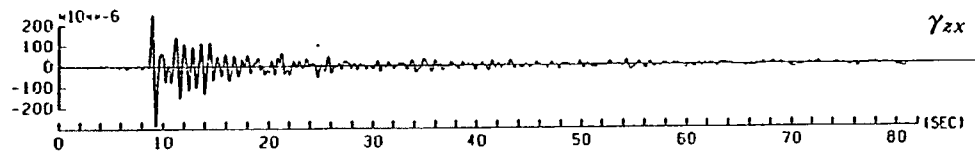
INDEX NO. 2434 γ_{xy}
 IP: 8. 9.11.10
 MAX: -48.9 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2435 γ_{yz}
 IP: 8. 9.11.10
 MAX: 190.2 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2436 γ_{zx}
 IP: 8. 9.11.10
 MAX: -286.9 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



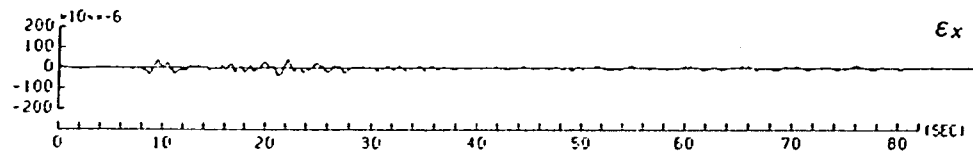
(a) A 地区下部ひずみ, ゾーン I

図 3.2 (1) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

INDEX NO. 2440

EX
IP: 8. 9. 10. 13
MAX. = 38.9 × 10⁻⁶

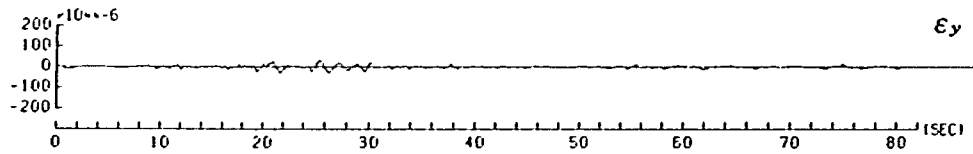
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2441

E1
IP: 8. 9. 10. 13
MAX. = 30.0 × 10⁻⁶

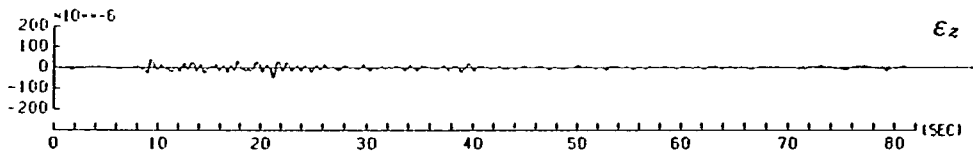
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2442

E2
IP: 8. 9. 10. 13
MAX. = 48.3 × 10⁻⁶

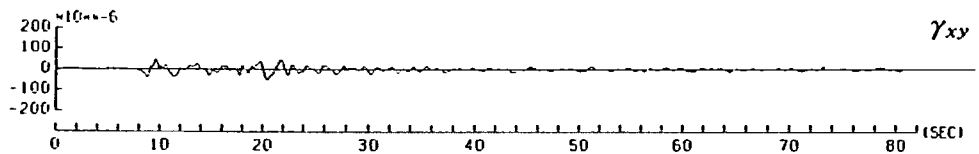
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2443

EXT
IP: 8. 9. 10. 13
MAX. = 49.0 × 10⁻⁶

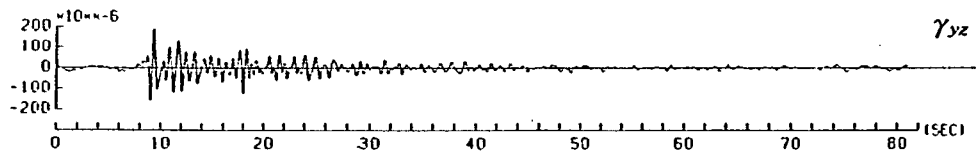
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2444

EYZ
IP: 8. 9. 10. 13
MAX. = 169.2 × 10⁻⁶

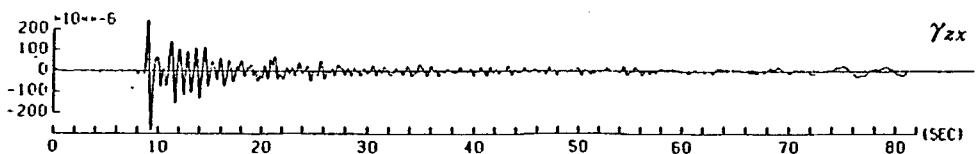
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2445

EZX
IP: 8. 9. 10. 13
MAX. = 285.1 × 10⁻⁶

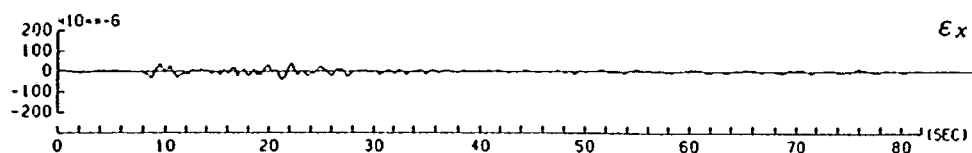
E.O. NO. 830227



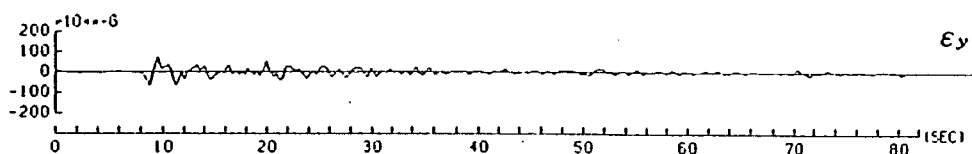
(b) A 地区下部ひずみ, ゾーンII

図 3.2 (2) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

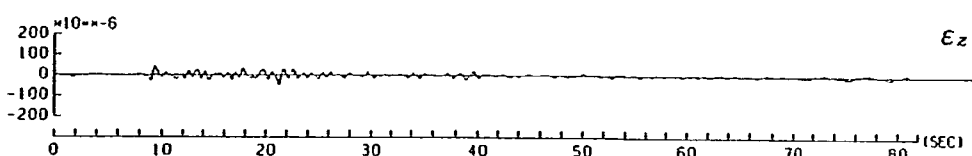
INDEX NO. 2449 EX
 IP: 8. 9.13.12
 MAX. = 38.9 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



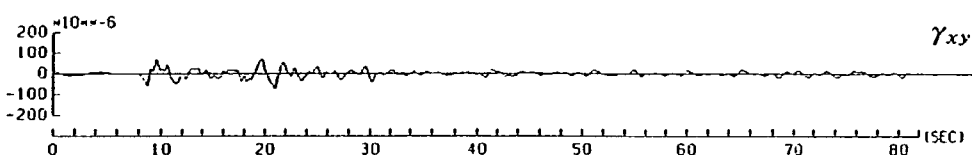
INDEX NO. 2450 EY
 IP: 8. 9.13.12
 MAX. = 72.2 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



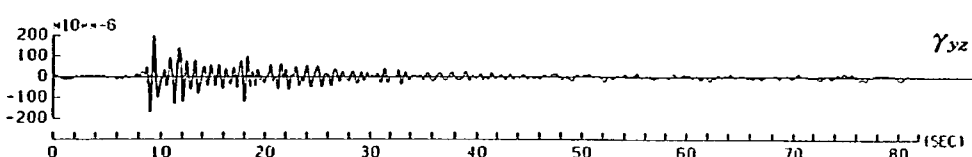
INDEX NO. 2451 EZ
 IP: 8. 9.13.12
 MAX. = 48.3 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



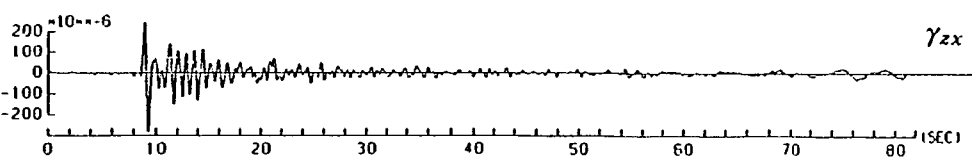
INDEX NO. 2452 EXT
 IP: 8. 9.13.12
 MAX. = 73.2 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2453 EYZ
 IP: 8. 9.13.12
 MAX. = 199.5 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2454 EZX
 IP: 8. 9.13.12
 MAX. = 285.1 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



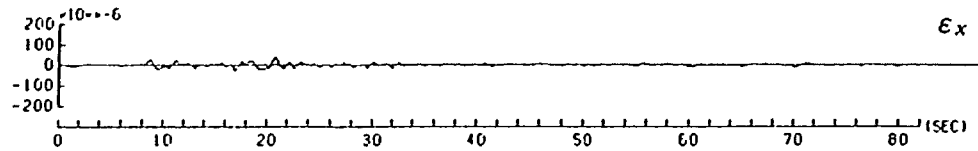
(c) A 地区下部ひずみ, ゾーンIII

図 3.2 (3) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

INDEX NO. 2458

EX
IP: 8. 9. 12. 11
MAX. = 34.7 × 10⁻⁶

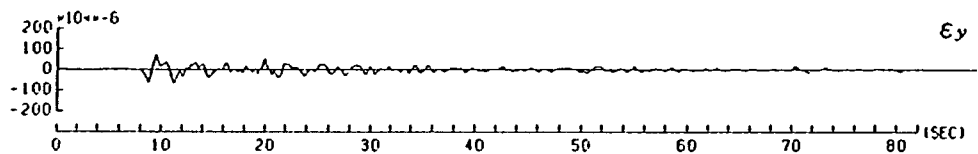
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2459

EY
IP: 8. 9. 12. 11
MAX. = 72.3 × 10⁻⁶

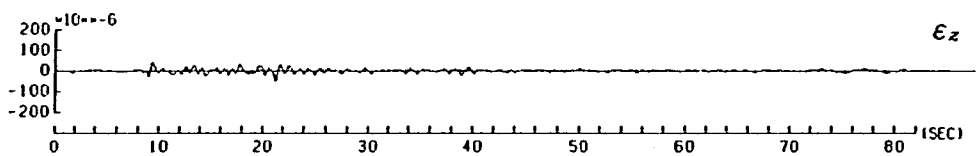
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2460

EZ
IP: 8. 9. 12. 11
MAX. = 48.0 × 10⁻⁶

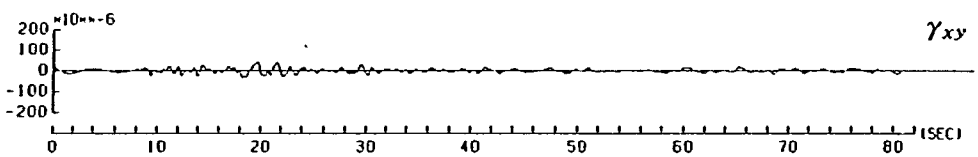
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2461

EXT
IP: 8. 9. 12. 11
MAX. = 42.7 × 10⁻⁶

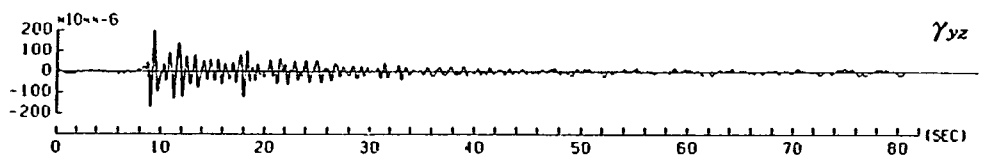
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2462

EYZ
IP: 8. 9. 12. 11
MAX. = 199.6 × 10⁻⁶

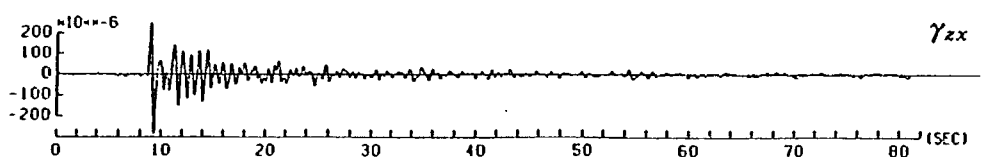
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2463

EZX
IP: 8. 9. 12. 11
MAX. = 286.9 × 10⁻⁶

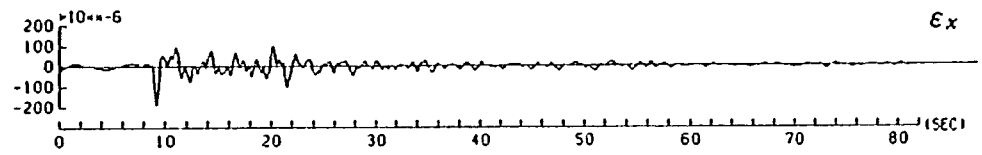
E.O. NO. 830227



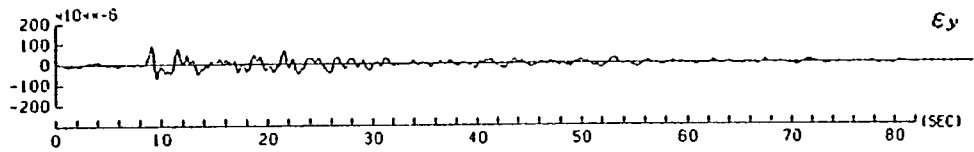
(d) A 地区下部ひずみ, ゾーンIV

図 3.2 (4) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

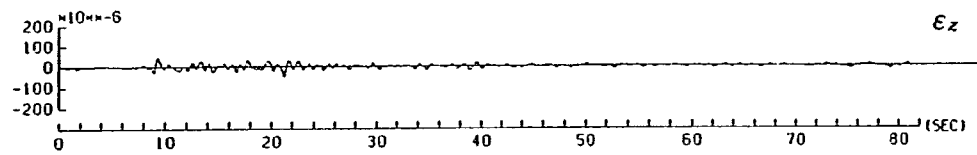
INDEX NO. 2467 EX
 NP: 9. 8. 1. 3
 MAX. = -189.2 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



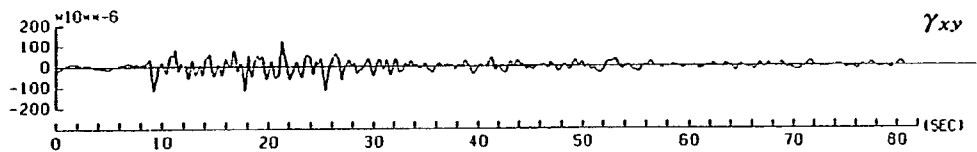
INDEX NO. 2468 EY
 NP: 9. 8. 1. 3
 MAX. = 87.0 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



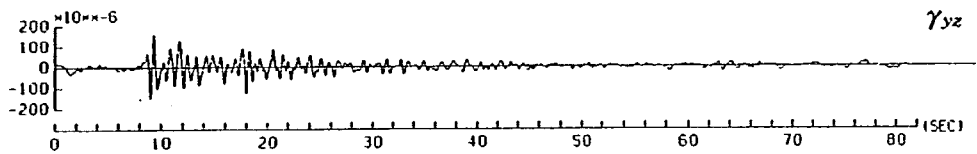
INDEX NO. 2469 EZ
 NP: 9. 8. 1. 3
 MAX. = -48.8 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



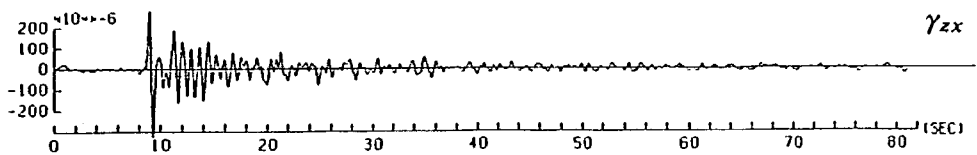
INDEX NO. 2470 EXT
 NP: 9. 8. 1. 3
 MAX. = 122.5 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2471 EYZ
 NP: 9. 8. 1. 3
 MAX. = 156.4 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2472 EZX
 NP: 9. 8. 1. 3
 MAX. = -327.0 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



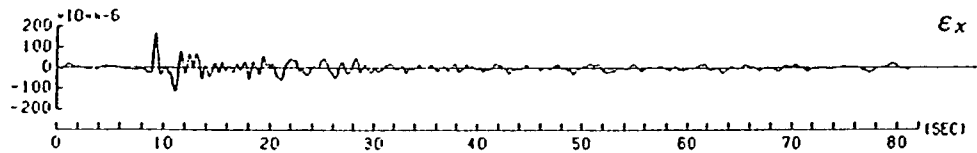
(e) A 地区上部ひずみ, ゾーン I

図 3.2 (5) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

INDEX NO. 2476

EX
NP: 9. 8. 4. 1
MAX. = 169.2 $\times 10^{-6}$

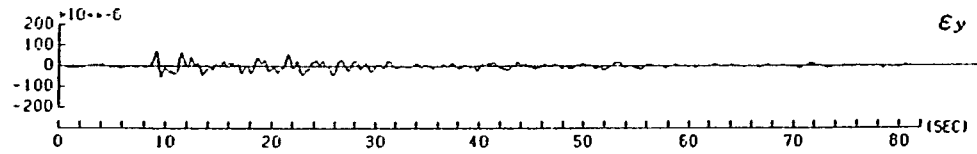
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2477

E1
NP: 9. 8. 4. 1
MAX. = 72.1 $\times 10^{-6}$

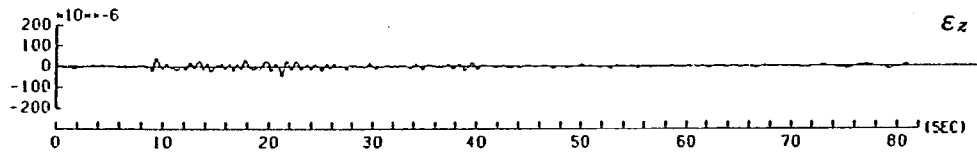
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2478

EZ
NP: 9. 8. 4. 1
MAX. = 47.5 $\times 10^{-6}$

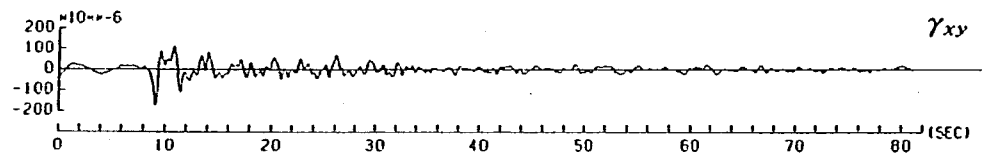
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2479

EXY
NP: 9. 8. 4. 1
MAX. = 173.4 $\times 10^{-6}$

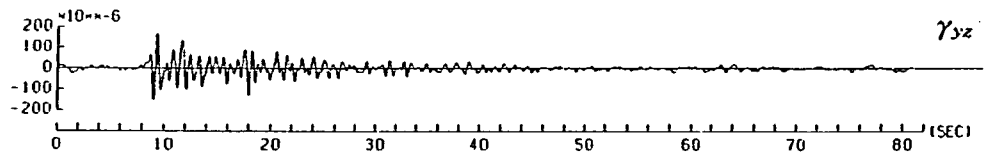
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2480

E1Z
NP: 9. 8. 4. 1
MAX. = 164.4 $\times 10^{-6}$

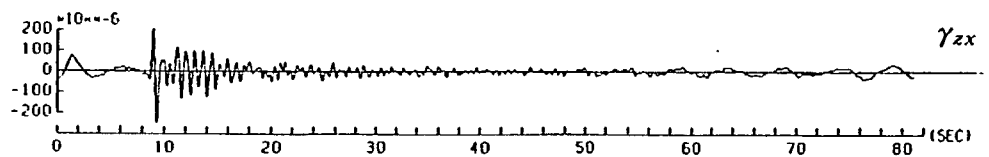
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2481

EZX
NP: 9. 8. 4. 1
MAX. = 248.1 $\times 10^{-6}$

E.O. NO. 830227



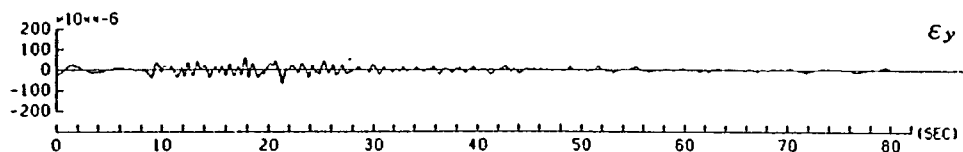
(f) A 地区上部ひずみ, ゾーンII

図 3.2 (6) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

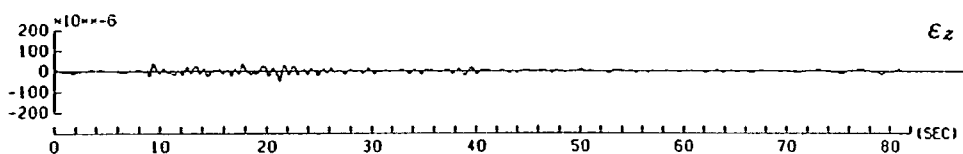
INDEX NO. 2485 EX
 NP: 9. 8. 5. 4
 MAX. = 140.8×10^{-6}
 E.O. NO. 830227



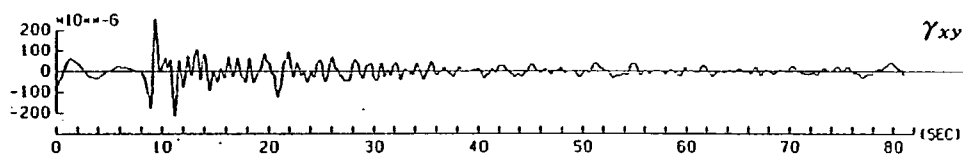
INDEX NO. 2486 EY
 NP: 9. 8. 5. 4
 MAX. = -66.4×10^{-6}
 E.O. NO. 830227



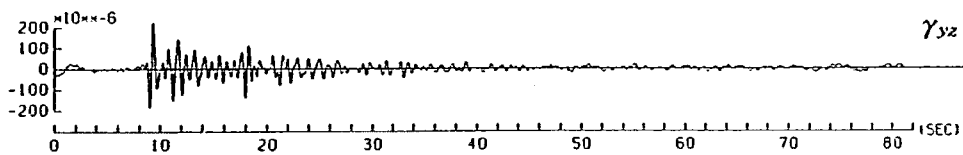
INDEX NO. 2487 EZ
 NP: 9. 8. 5. 4
 MAX. = -46.7×10^{-6}
 E.O. NO. 830227



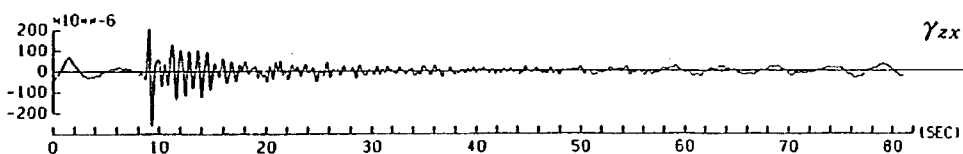
INDEX NO. 2488 EXY
 NP: 9. 8. 5. 4
 MAX. = 254.6×10^{-6}
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2489 EYZ
 NP: 9. 8. 5. 4
 MAX. = 221.6×10^{-6}
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2490 EZX
 NP: 9. 8. 5. 4
 MAX. = -261.5×10^{-6}
 E.O. NO. 830227



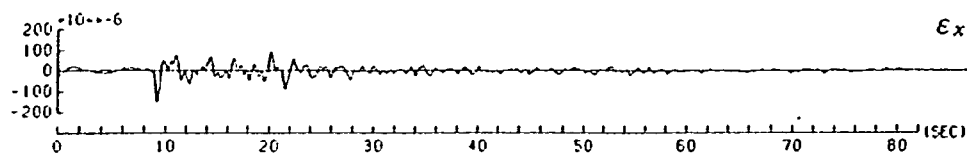
(g) A 地区上部ひずみ, ゾーンIII

図 3.2 (7) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

INDEX NO. 2494

EX
IP: 9. 8. 3. 5
MAX. = -150.3 × 10⁻⁶

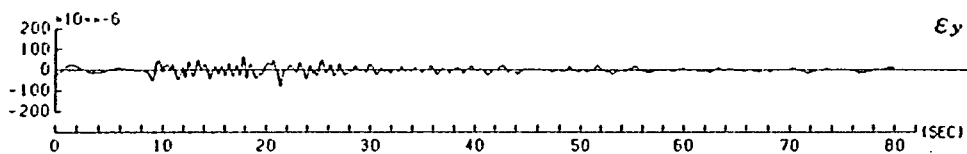
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2495

EY
IP: 9. 8. 3. 5
MAX. = -77.6 × 10⁻⁶

E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2496

EZ
IP: 9. 8. 3. 5
MAX. = -47.6 × 10⁻⁶

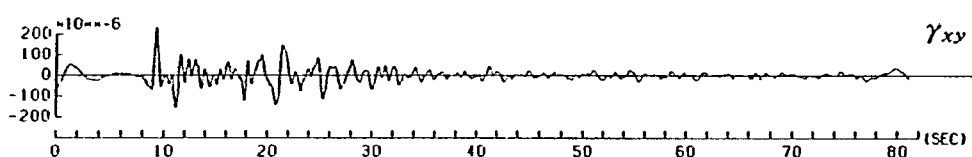
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2497

EXT
IP: 9. 8. 3. 5
MAX. = 231.0 × 10⁻⁶

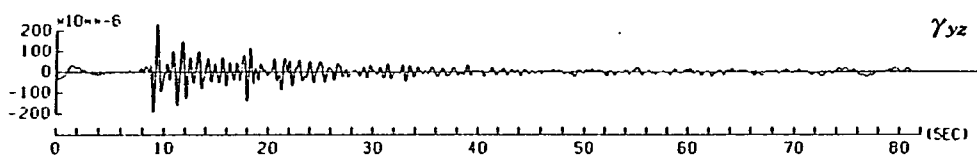
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2498

EYZ
IP: 9. 8. 3. 5
MAX. = 231.7 × 10⁻⁶

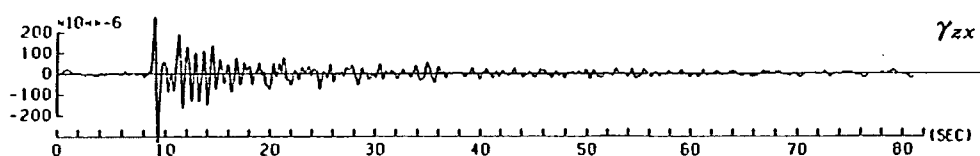
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2499

EZX
IP: 9. 8. 3. 5
MAX. = -329.9 × 10⁻⁶

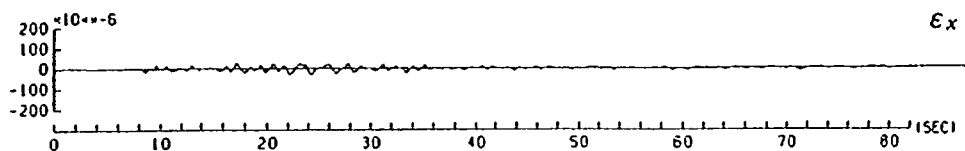
E.O. NO. 830227



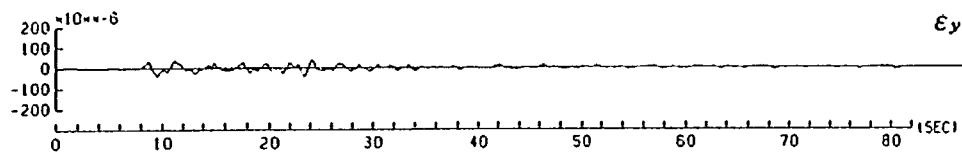
(h) A 地区上部ひずみ, ゾーンIV

図 3.2 (8) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

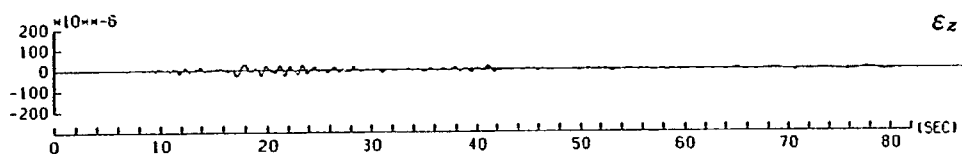
INDEX NO. 2503
EX
NP: 17, 18, 16, 14
MAX. = -28.6 $\times 10^{-6}$
E.O. NO. 830227



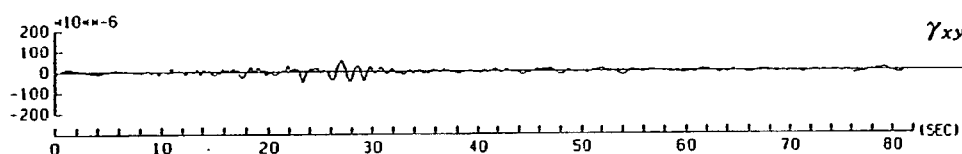
INDEX NO. 2504
ET
NP: 17, 18, 16, 14
MAX. = -38.1 $\times 10^{-6}$
E.O. NO. 830227



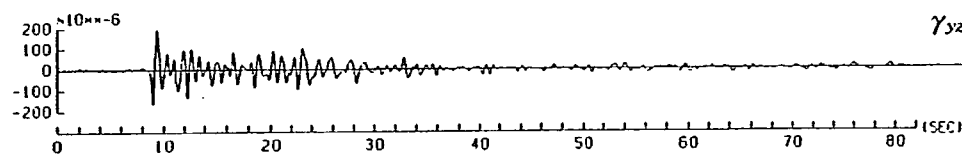
INDEX NO. 2505
EZ
NP: 17, 18, 16, 14
MAX. = 30.3 $\times 10^{-6}$
E.O. NO. 830227



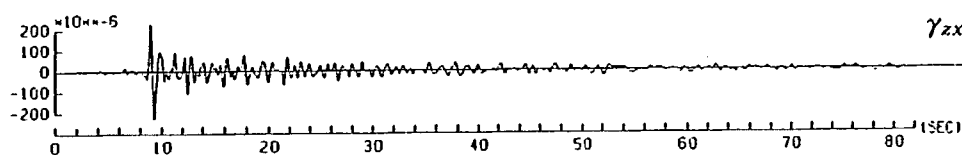
INDEX NO. 2506
EXT
NP: 17, 18, 16, 14
MAX. = 52.9 $\times 10^{-6}$
E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2507
ETZ
NP: 17, 18, 16, 14
MAX. = 193.6 $\times 10^{-6}$
E.O. NO. 830227



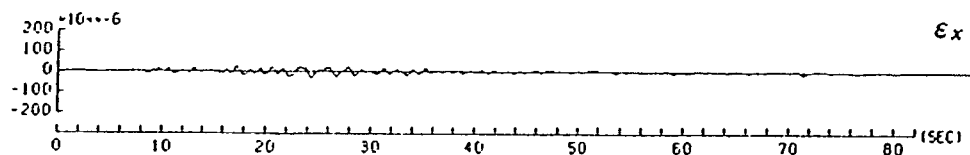
INDEX NO. 2508
EZx
NP: 17, 18, 16, 14
MAX. = -231.0 $\times 10^{-6}$
E.O. NO. 830227



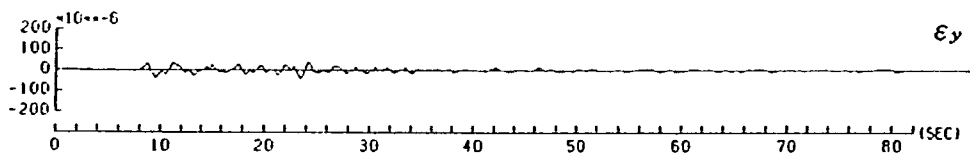
(i) B 地区下部ひずみ, ゾーン I

図 3.2 (9) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

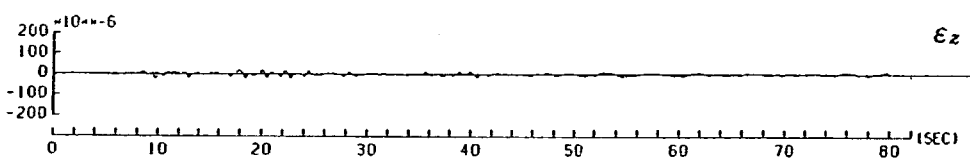
INDEX NO. 2512
 EX
 NP: 19.18.14.16
 MAX.: -28.2 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



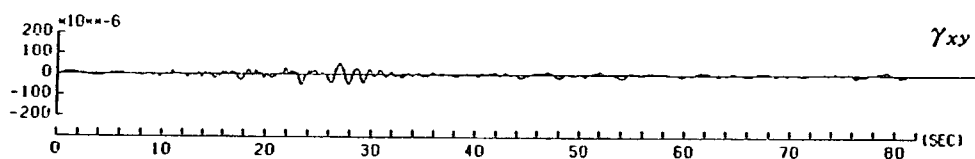
INDEX NO. 2513
 ET
 NP: 19.18.14.16
 MAX.: -36.0 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2514
 EZ
 NP: 19.18.14.16
 MAX.: -19.7 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



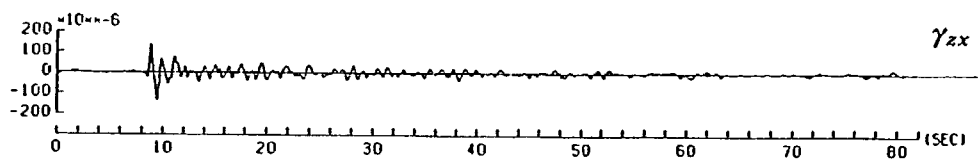
INDEX NO. 2515
 EXY
 NP: 19.18.14.16
 MAX.: 52.9 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 2516
 ETZ
 NP: 19.18.14.16
 MAX.: 83.3 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



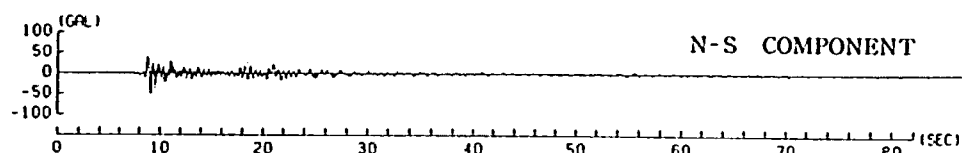
INDEX NO. 2517
 EZX
 NP: 19.18.14.16
 MAX.: -136.9 $\times 10^{-6}$
 E.O. NO. 830227



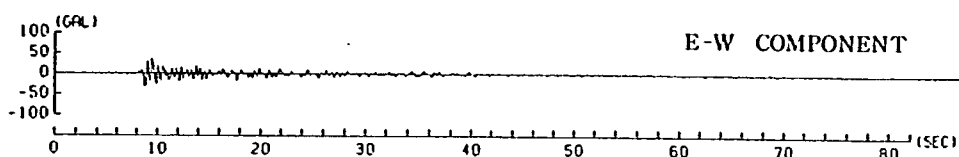
(j) B 地区下部ひずみ, ゾーンII

図 3.2 (10) 地盤ひずみの試算例 (EQ-28)

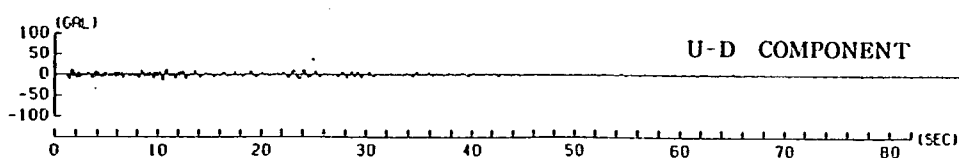
INDEX NO. 10
 AO2 -46H:CO N-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -49.7(GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 13
 AO2 -46H:CO E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 35.5(GAL)
 E.O. NO. 830227

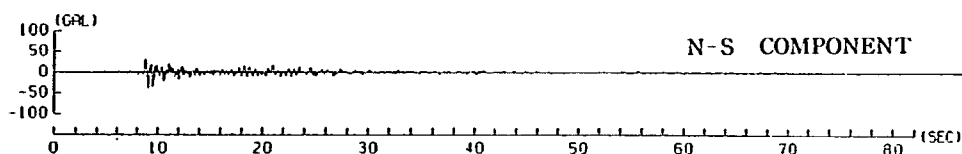


INDEX NO. 16
 AO2 -46H:CO U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -14.2(GAL)
 E.O. NO. 830227

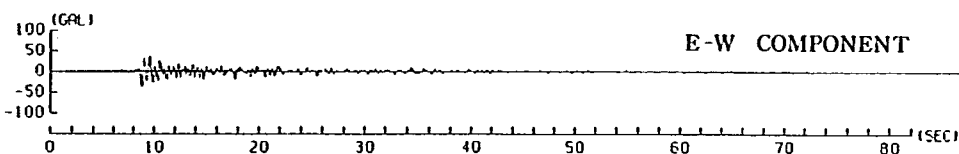


(a) A46C0 点

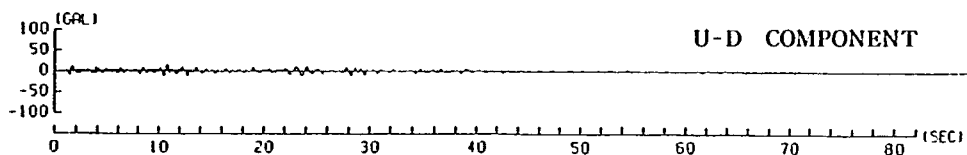
INDEX NO. 28
 AO4 -47H:E2 N-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -38.3(GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 31
 AO4 -47H:E2 E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 36.8(GAL)
 E.O. NO. 830227



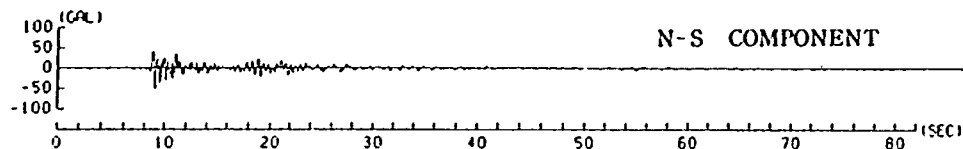
INDEX NO. 34
 AO4 -47H:E2 U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 13.5(GAL)
 E.O. NO. 830227



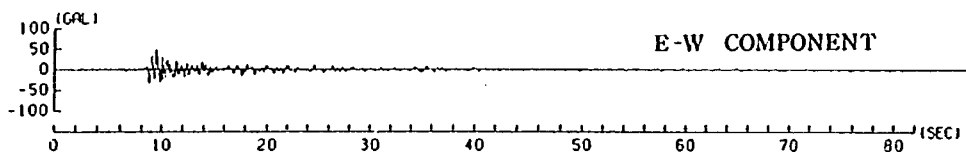
(b) A47E2 点

図 3.3 (1) 加速度波形の例 (EQ-28)

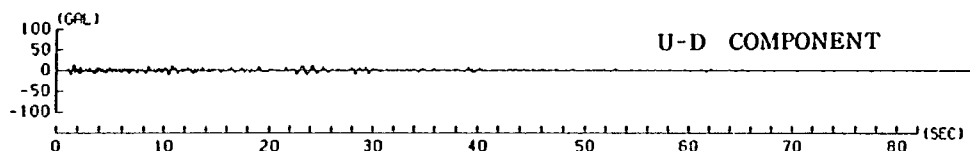
INDEX NO. 19
 A03 -50M+H2 N-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -51.3 (GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 22
 A03 -50M+H2 E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 47.7 (GAL)
 E.O. NO. 830227

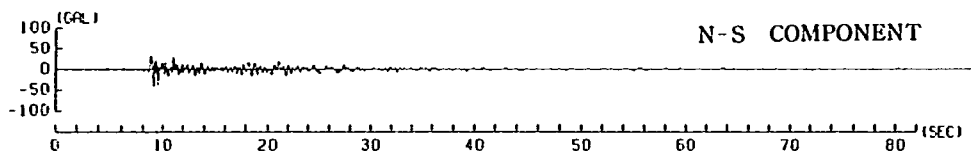


INDEX NO. 25
 A03 -50M+H2 U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 13.3 (GAL)
 E.O. NO. 830227

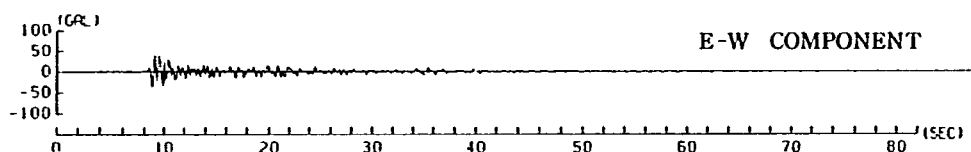


(c) A47N2 点

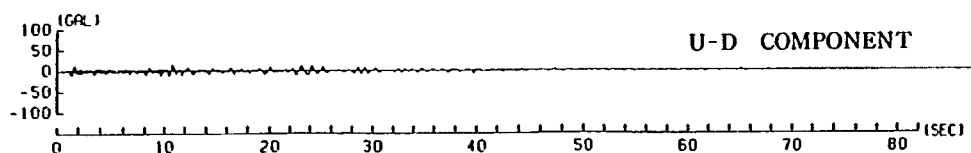
INDEX NO. 46
 A06 -50M+H2 N-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -40.5 (GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 49
 A06 -50M+H2 E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 39.6 (GAL)
 E.O. NO. 830227



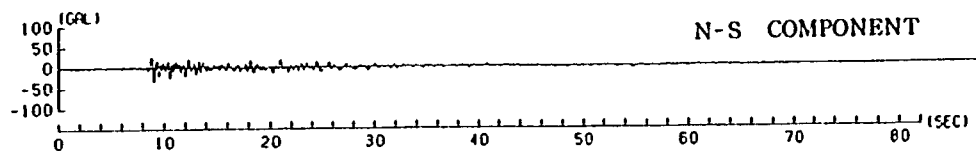
INDEX NO. 52
 A06 -50M+H2 U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 14.1 (GAL)
 E.O. NO. 830227



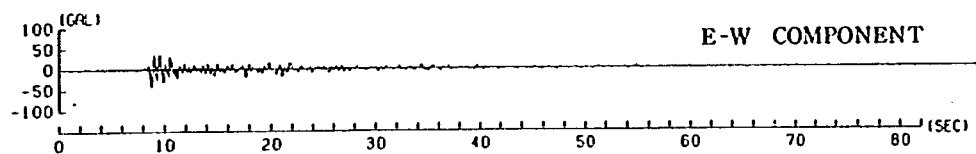
(d) A46W2 点

図 3.3(2) 加速度波形の例 (EQ-28)

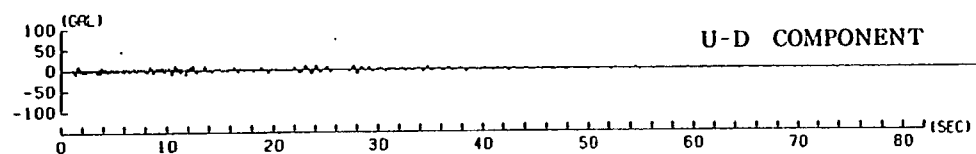
INDEX NO. 37
 POS -45H152 N-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -34.4 (GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 40
 POS -45H152 E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -40.1 (GAL)
 E.O. NO. 830227

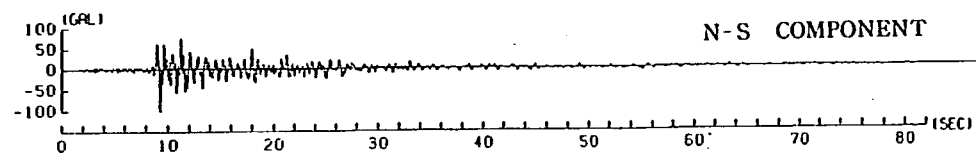


INDEX NO. 43
 POS -45H152 U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 11.5 (GAL)
 E.O. NO. 830227

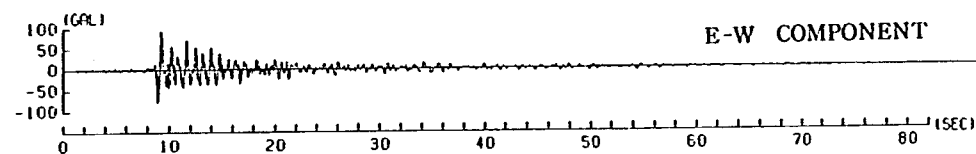


(e) A45S2 点

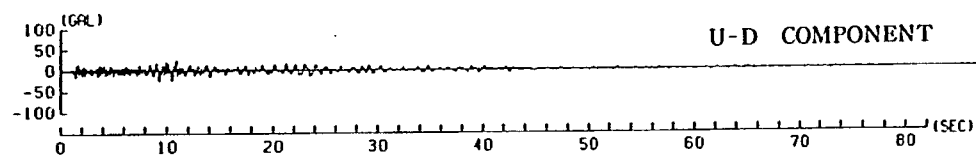
INDEX NO. 1
 POS -2H1C0 N-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -101.3 (GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 4
 POS -2H1C0 E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 92.7 (GAL)
 E.O. NO. 830227



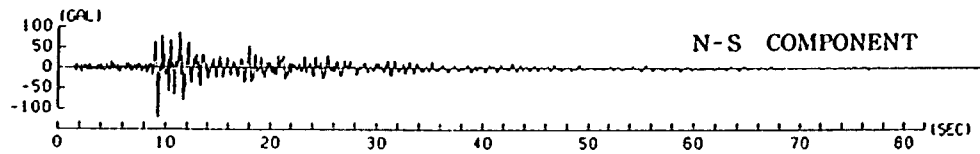
INDEX NO. 7
 POS -2H1C0 U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 24.6 (GAL)
 E.O. NO. 830227



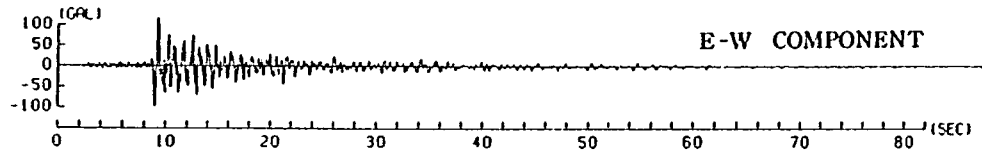
(f) A2C0 点

図 3.3 (3) 加速度波形の例 (EQ-28)

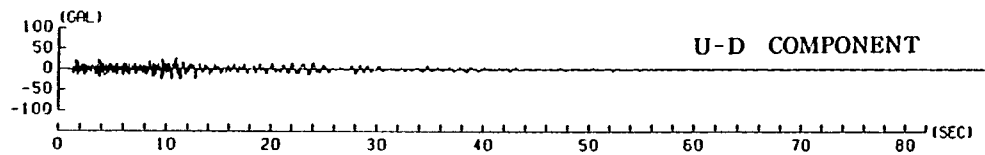
INDEX NO. 163
 A08 GA:E2 N-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -122.2 (GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 166
 A08 GA:E2 E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 116.8 (GAL)
 E.O. NO. 830227

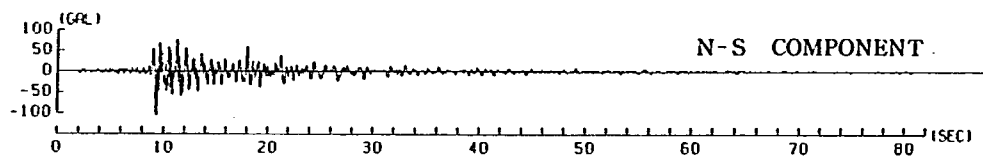


INDEX NO. 169
 A08 GA:E2 U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 27.0 (GAL)
 E.O. NO. 830227

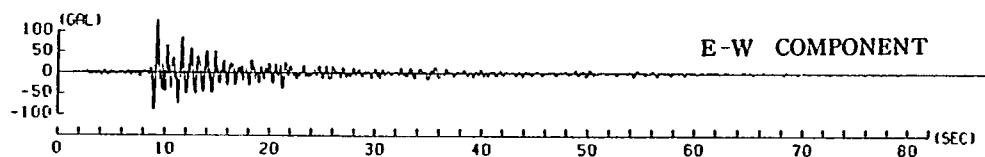


(g) A2E2 点

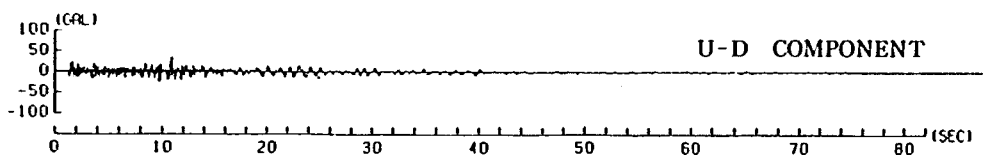
INDEX NO. 118
 A07 GA:N2 N-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -105.2 (GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 121
 A07 GA:N2 E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 125.7 (GAL)
 E.O. NO. 830227



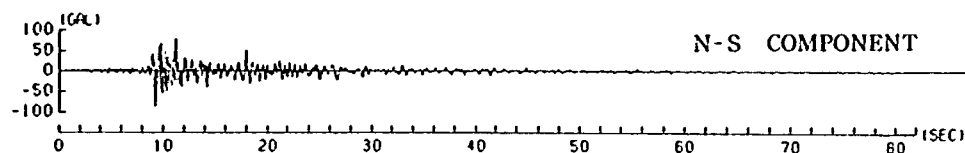
INDEX NO. 124
 A07 GA:N2 U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 34.7 (GAL)
 E.O. NO. 830227



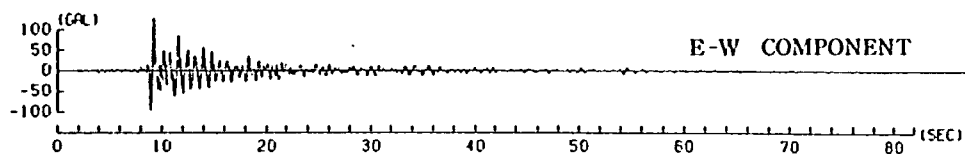
(h) A2N2 点

図 3.3(4) 加速度波形の例 (EQ-28)

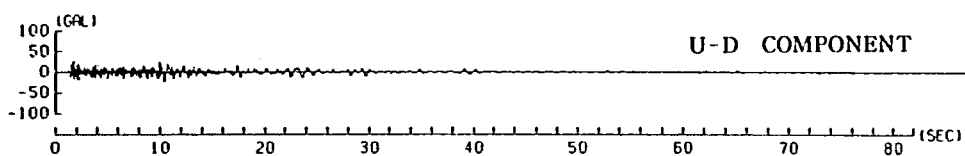
INDEX NO. 109
 A14 GA:H2 H-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -85.7(GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 112
 A14 GA:H2 E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 128.0(GAL)
 E.O. NO. 830227

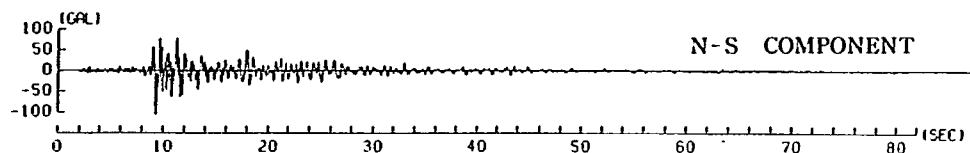


INDEX NO. 115
 A14 GA:H2 U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 26.5(GAL)
 E.O. NO. 830227

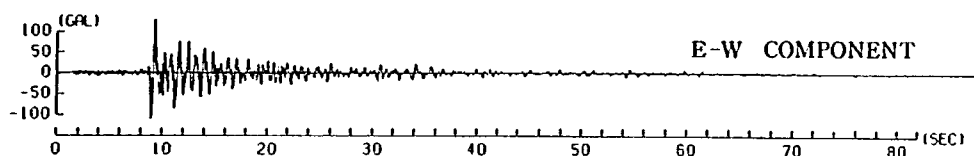


(i) A2W2 点

INDEX NO. 127
 A09 GA:S2 H-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -105.2(GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 130
 A09 GA:S2 E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 129.1(GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 133
 A09 GA:S2 U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 28.8(GAL)
 E.O. NO. 830227

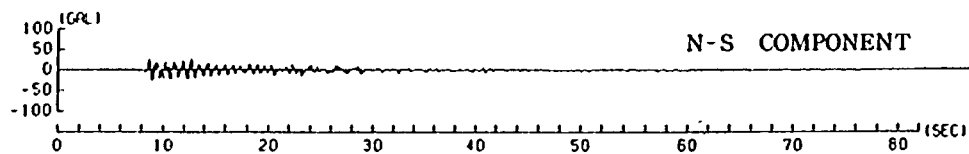


(j) A2S2 点

図 3.3 (5) 加速度波形の例 (EQ-28)

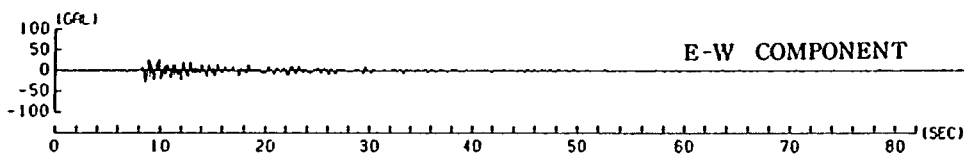
INDEX NO. 73
B03 -96H:CO N-S
ARRANGED ACC.
MAX. = 25.3 (GAL)

E.O. NO. 830227



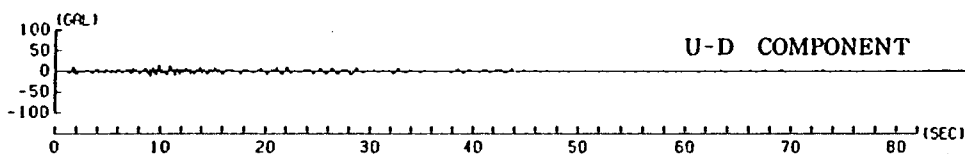
INDEX NO. 76
B03 -96H:CO E-W
ARRANGED ACC.
MAX. = -27.0 (GAL)

E.O. NO. 830227



INDEX NO. 79
B03 -96H:CO U-D
ARRANGED ACC.
MAX. = 15.3 (GAL)

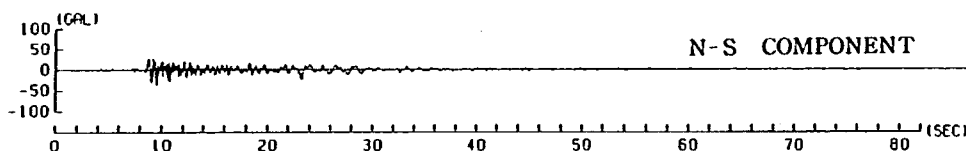
E.O. NO. 830227



(k) B96C0 点

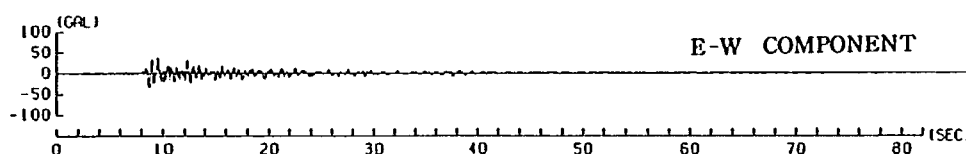
INDEX NO. 64
B02 -53H:CO N-S
ARRANGED ACC.
MAX. = -37.0 (GAL)

E.O. NO. 830227



INDEX NO. 67
B02 -53H:CO E-W
ARRANGED ACC.
MAX. = 38.7 (GAL)

E.O. NO. 830227



INDEX NO. 70
B02 -53H:CO U-D
ARRANGED ACC.
MAX. = -11.0 (GAL)

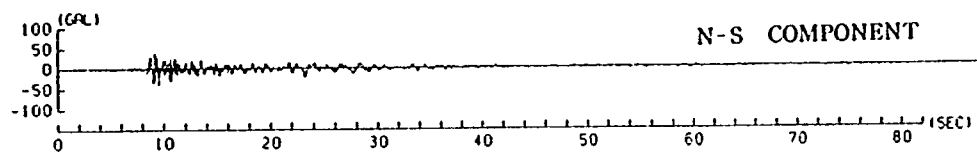
E.O. NO. 830227



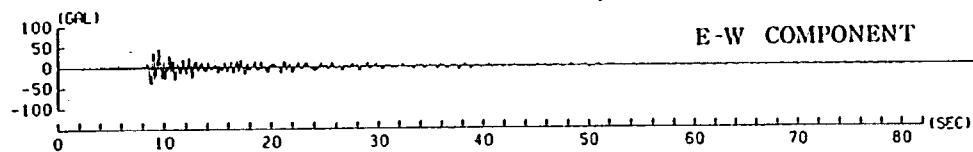
(l) B53C0 点

図 3.3 (6) 加速度波形の例 (EQ-28)

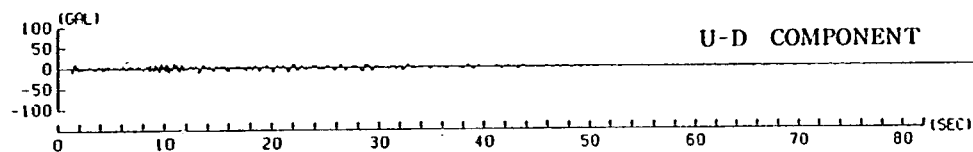
INDEX NO. 91
 BOS -51H:111 N-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -39.2 (GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 94
 BOS -51H:111 E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 46.2 (GAL)
 E.O. NO. 830227

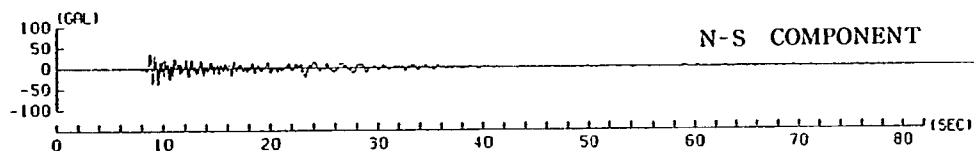


INDEX NO. 97
 BOS -51H:111 U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 11.3 (GAL)
 E.O. NO. 830227

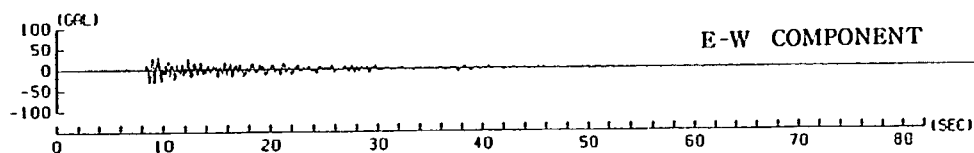


(m) B52W1 点

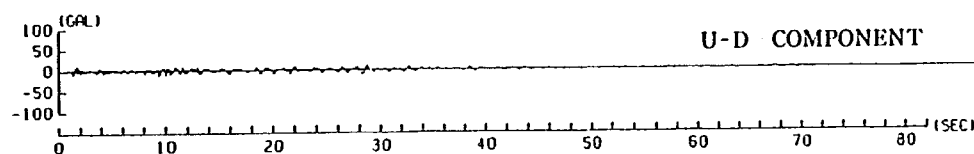
INDEX NO. 100
 BOS -53H:51 N-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -37.4 (GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 103
 BOS -53H:51 E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -31.6 (GAL)
 E.O. NO. 830227



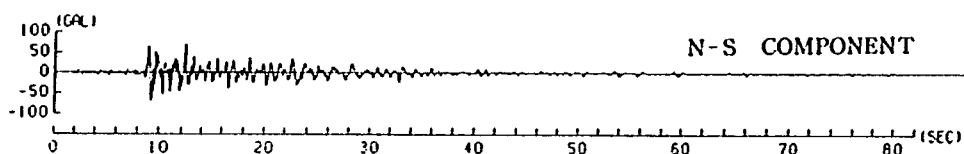
INDEX NO. 106
 BOS -55H:51 U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -12.3 (GAL)
 E.O. NO. 830227



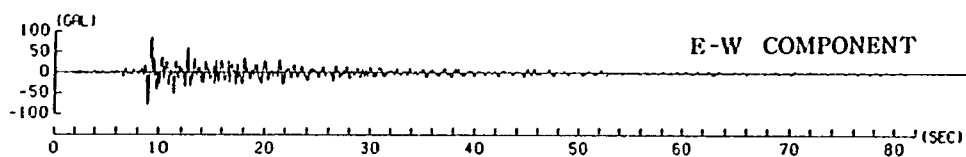
(n) B53S1 点

図 3.3 (7) 加速度波形の例 (EQ-28)

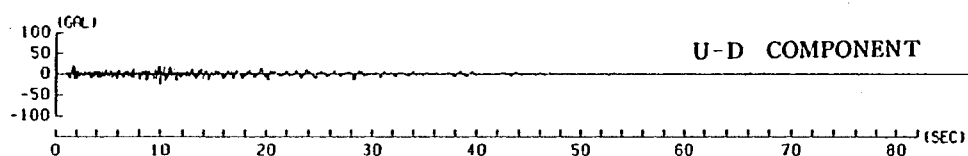
INDEX NO. 55
 B01 -2H:CO N-S
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -69.9 (GAL)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 58
 B01 -2H:CO E-W
 ARRANGED ACC.
 MAX. = 84.9 (GAL)
 E.O. NO. 830227



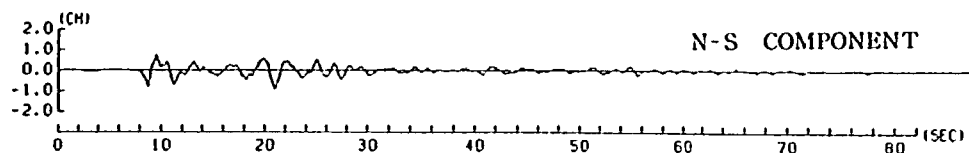
INDEX NO. 61
 B01 -2H:CO U-D
 ARRANGED ACC.
 MAX. = -25.4 (GAL)
 E.O. NO. 830227



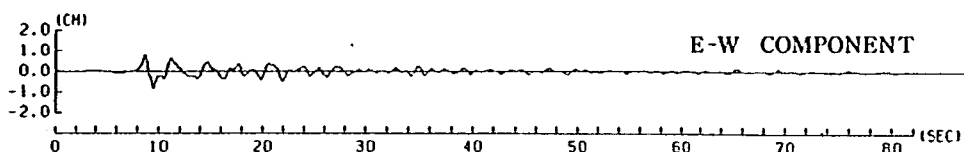
(o) B2C0 点

図 3.3 (8) 加速度波形の例 (EQ-28)

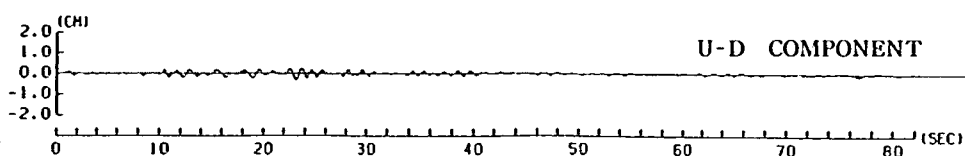
INDEX NO. 12
 AO2 -46H:CO N-S
 ARRANGED01SP
 MAX.=-0.883(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 15
 AO2 -46H:CO E-W
 ARRANGED01SP
 MAX.=-0.829(CH)
 E.O. NO. 830227

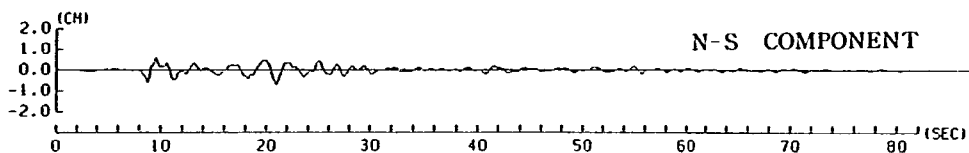


INDEX NO. 18
 AO2 -46H:CO U-D
 ARRANGED01SP
 MAX.=-0.299(CH)
 E.O. NO. 830227

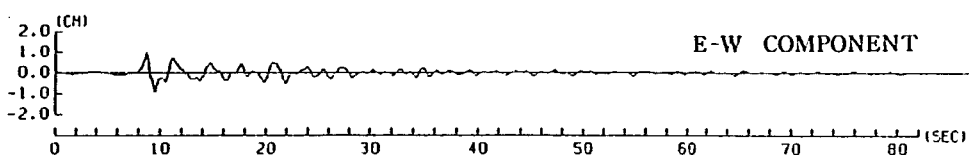


(a) A46C0 点

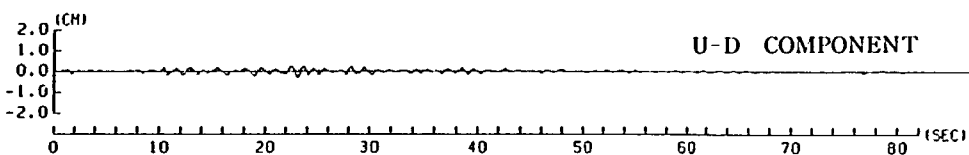
INDEX NO. 30
 AO4 -47H:E2 N-S
 ARRANGED01SP
 MAX.=-0.713(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 33
 AO4 -47H:E2 E-W
 ARRANGED01SP
 MAX.=-0.920(CH)
 E.O. NO. 830227



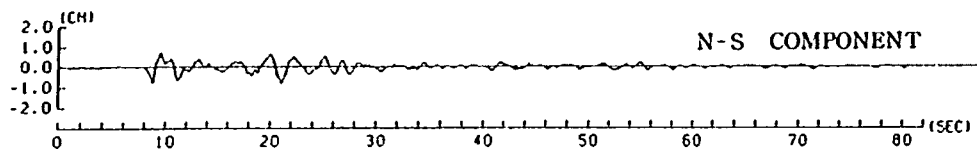
INDEX NO. 36
 AO4 -47H:E2 U-D
 ARRANGED01SP
 MAX.=-0.279(CH)
 E.O. NO. 830227



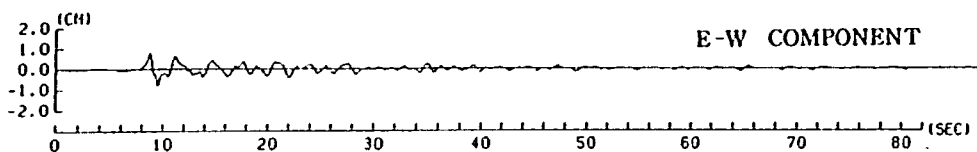
(b) A47E2 点

図 3.4 (1) 変位波形の例 (EQ-28)

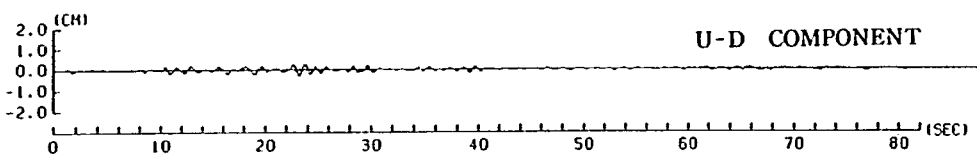
INDEX NO. 21
 A03 -50H:M2 N-S
 ARRANGED01SP
 MAX. = -0.784(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 24
 A03 -50H:M2 E-W
 ARRANGED01SP
 MAX. = -0.769(CH)
 E.O. NO. 830227

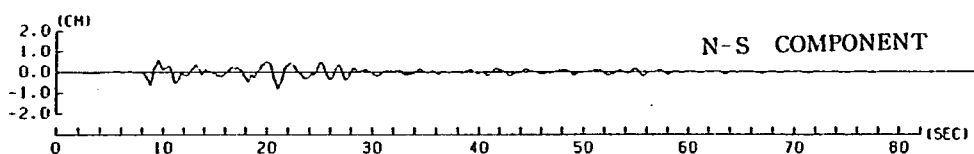


INDEX NO. 27
 A03 -50H:M2 U-D
 ARRANGED01SP
 MAX. = -0.276(CH)
 E.O. NO. 830227

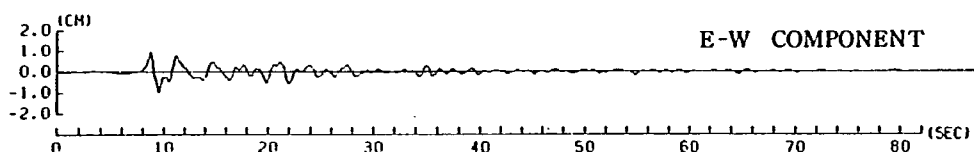


(c) A47N2 点

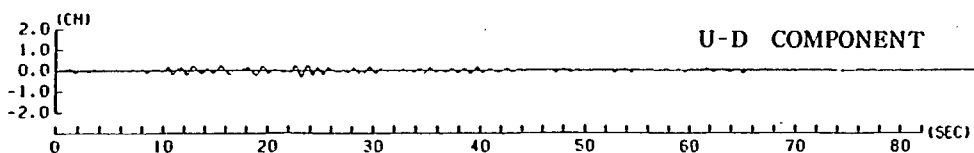
INDEX NO. 48
 A06 -50H:M2 N-S
 ARRANGED01SP
 MAX. = -0.801(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 51
 A06 -50H:M2 E-W
 ARRANGED01SP
 MAX. = -1.007(CH)
 E.O. NO. 830227



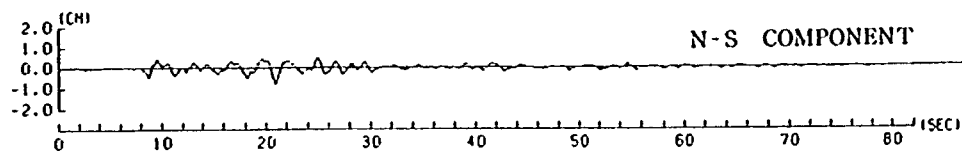
INDEX NO. 54
 A06 -50H:M2 U-D
 ARRANGED01SP
 MAX. = -0.277(CH)
 E.O. NO. 830227



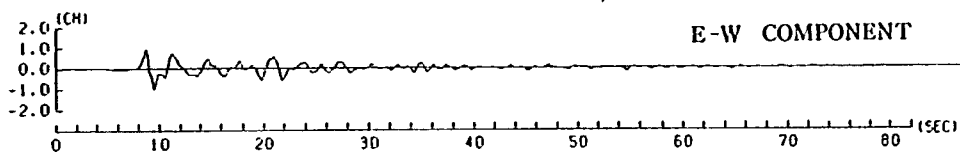
(d) A46W2 点

図 3.4 (2) 変位波形の例 (EQ-28)

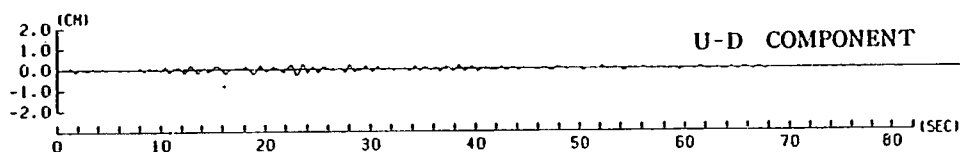
INDEX NO. 39
 AOS -45H:52 N-S
 ARRANGED01SP
 MAX.=-0.7651CH
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 42
 AOS -45H:52 E-W
 ARRANGED01SP
 MAX.=-0.9981CH
 E.O. NO. 830227

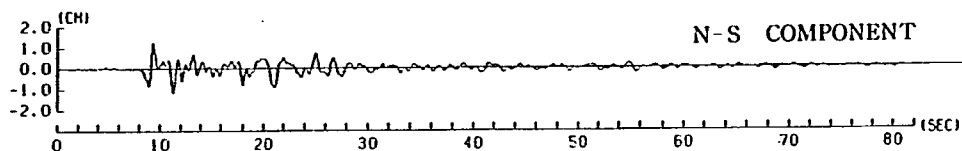


INDEX NO. 45
 AOS -45H:52 U-D
 ARRANGED01SP
 MAX.=-0.2701CH
 E.O. NO. 830227

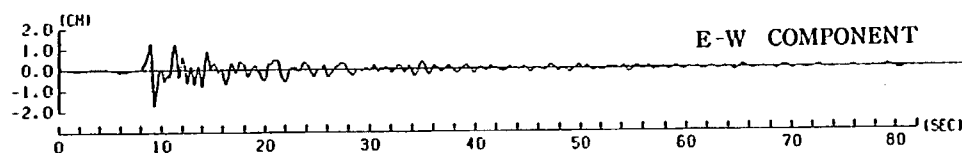


(e) A45S2 点

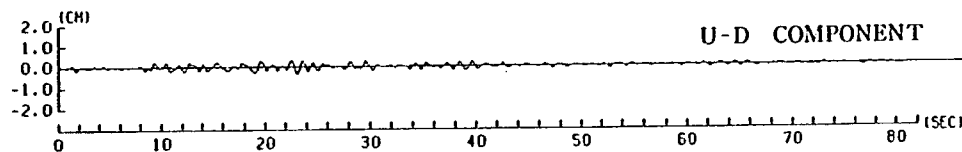
INDEX NO. 3
 A01 -2H:00 N-S
 ARRANGED01SP
 MAX.=1.2451CH
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 6
 A01 -2H:00 E-W
 ARRANGED01SP
 MAX.=-1.7361CH
 E.O. NO. 830227



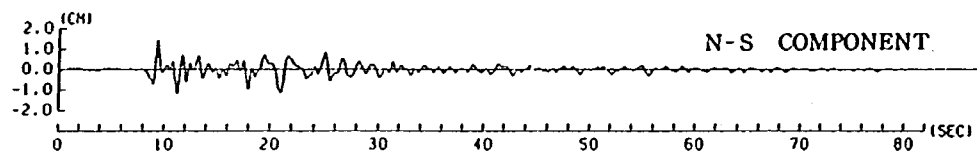
INDEX NO. 9
 A01 -2H:00 U-D
 ARRANGED01SP
 MAX.=-0.3421CH
 E.O. NO. 830227



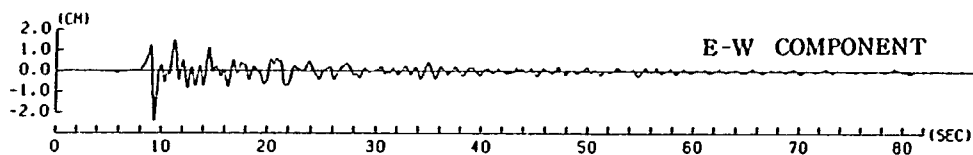
(f) A2C0 点

図 3.4 (3) 変位波形の例 (EQ-28)

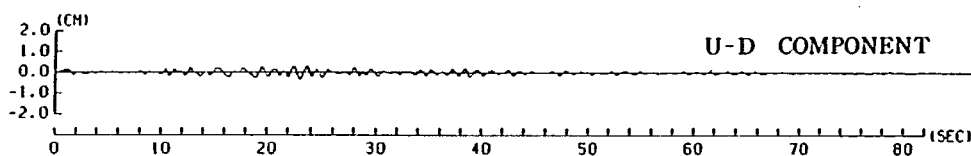
INDEX NO. 165
 A08 GR1E2 N-S
 ARRANGED01SP
 MAX. = 1.446(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 168
 A08 GR1E2 E-W
 ARRANGED01SP
 MAX. = -2.432(CH)
 E.O. NO. 830227

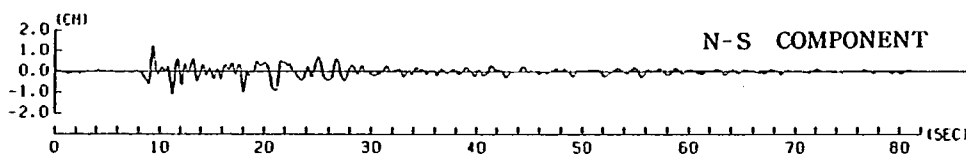


INDEX NO. 171
 A08 GR1E2 U-D
 ARRANGED01SP
 MAX. = -0.318(CH)
 E.O. NO. 830227

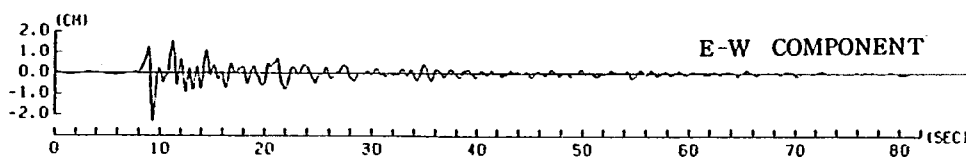


(g) A2E2 点

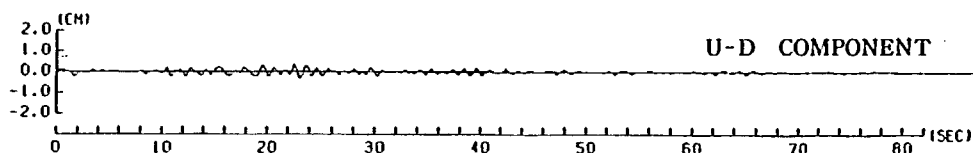
INDEX NO. 120
 A07 GR1N2 N-S
 ARRANGED01SP
 MAX. = 1.234(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 123
 A07 GR1N2 E-W
 ARRANGED01SP
 MAX. = -2.330(CH)
 E.O. NO. 830227



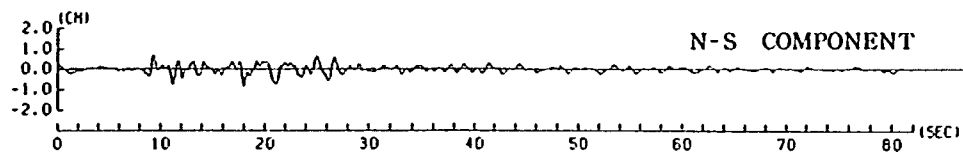
INDEX NO. 126
 A07 GR1N2 U-D
 ARRANGED01SP
 MAX. = -0.314(CH)
 E.O. NO. 830227



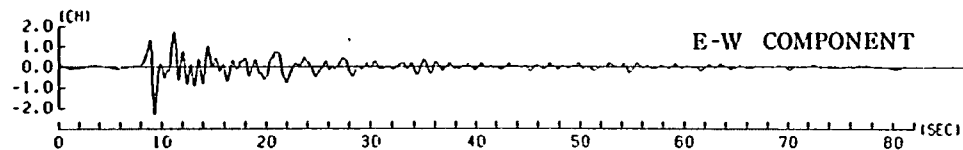
(h) A2N2 点

図 3.4 (4) 変位波形の例 (EQ-28)

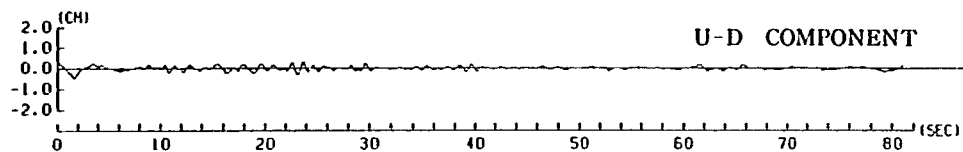
INDEX NO. 111
 A14 CR:H2 H-S
 ARRANGED01SP
 MAX. = -0.826(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 114
 A14 CR:H2 E-H
 ARRANGED01SP
 MAX. = -2.296(CH)
 E.O. NO. 830227

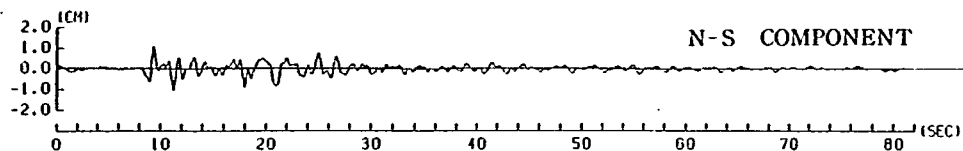


INDEX NO. 117
 A14 CR:H2 U-D
 ARRANGED01SP
 MAX. = -0.436(CH)
 E.O. NO. 830227

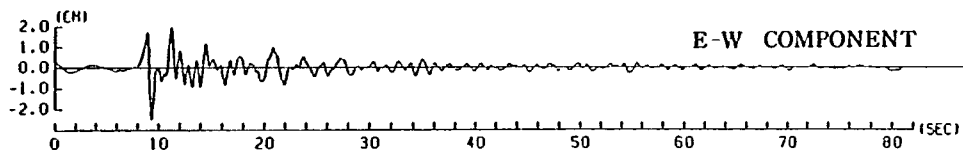


(i) A2W2 点

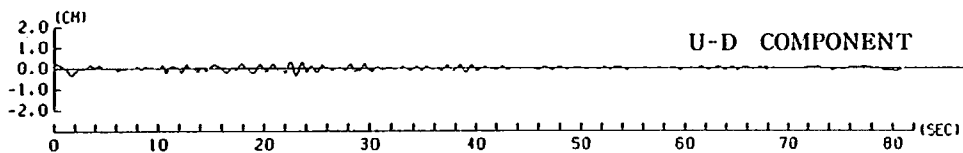
INDEX NO. 129
 A09 CR:S2 N-S
 ARRANGED01SP
 MAX. = 1.065(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 132
 A09 CR:S2 E-H
 ARRANGED01SP
 MAX. = -2.498(CH)
 E.O. NO. 830227



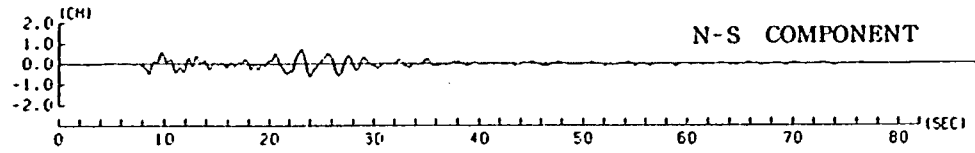
INDEX NO. 135
 A09 CR:S2 U-D
 ARRANGED01SP
 MAX. = -0.327(CH)
 E.O. NO. 830227



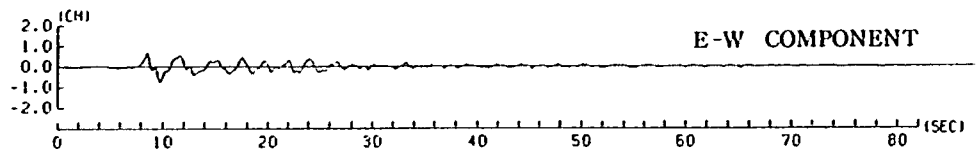
(j) A2S2 点

図 3.4 (5) 変位波形の例 (EQ-28)

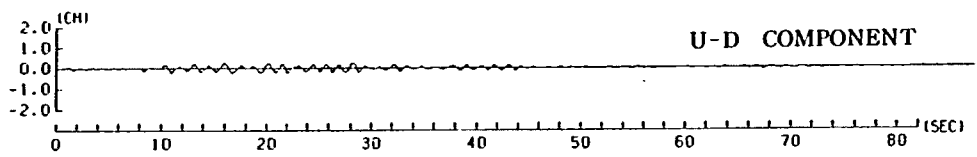
INDEX NO. 75
 B03 -95H:CO N-S
 ARRANGED01SP
 MAX.=0.709(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 78
 E93 -95H:CO E-W
 ARRANGED01SP
 MAX.=0.715(CH)
 E.O. NO. 830227

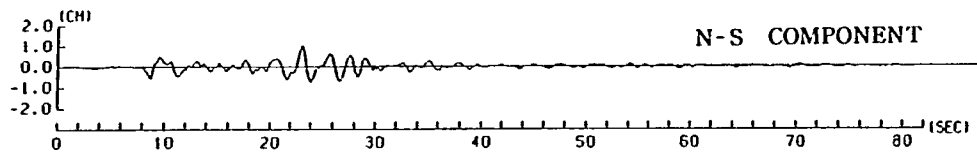


INDEX NO. 81
 B03 -95H:CO U-D
 ARRANGED01SP
 MAX.=0.253(CH)
 E.O. NO. 830227

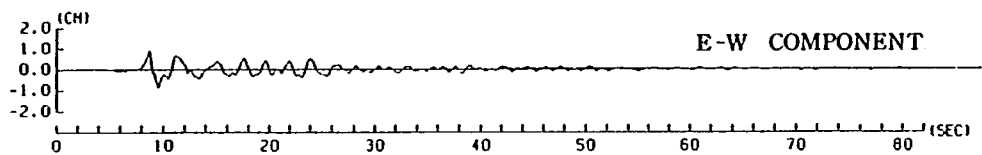


(k) B96C0 点

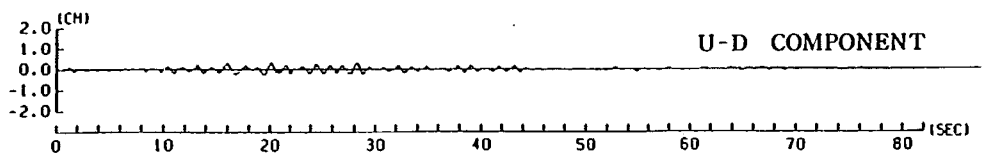
INDEX NO. 66
 B02 -53H:CO N-S
 ARRANGED01SP
 MAX.=1.010(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 69
 B02 -53H:CO E-W
 ARRANGED01SP
 MAX.=0.856(CH)
 E.O. NO. 830227



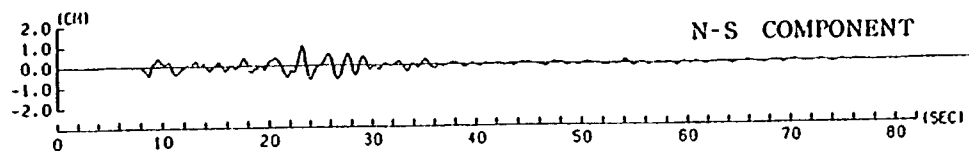
INDEX NO. 72
 B02 -53H:CO U-D
 ARRANGED01SP
 MAX.=0.297(CH)
 E.O. NO. 830227



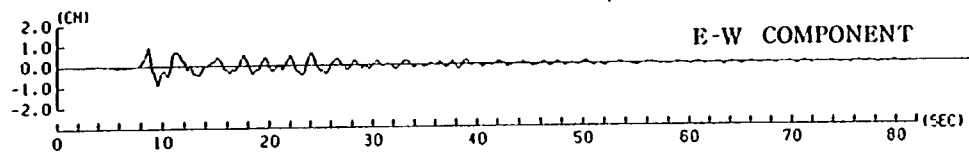
(l) B53C0 点

図 3.4 (6) 変位波形の例 (EQ-28)

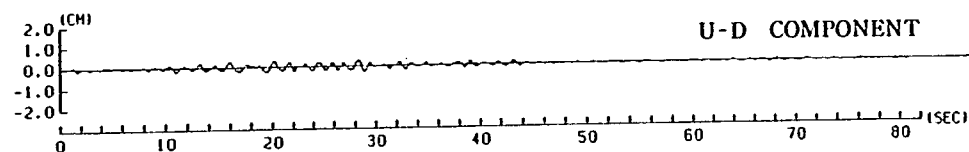
INDEX NO. 93
 B05 -5111:11 N-S
 ARRANGED01SP
 MAX.=0.969(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 95
 B05 -5111:11 E-W
 ARRANGED01SP
 MAX.=0.918(CH)
 E.O. NO. 830227

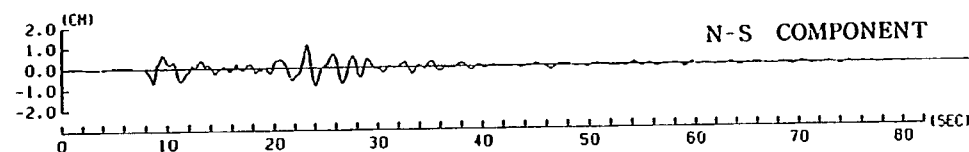


INDEX NO. 99
 B05 -5111:11 U-D
 ARRANGED01SP
 MAX.=0.280(CH)
 E.O. NO. 830227

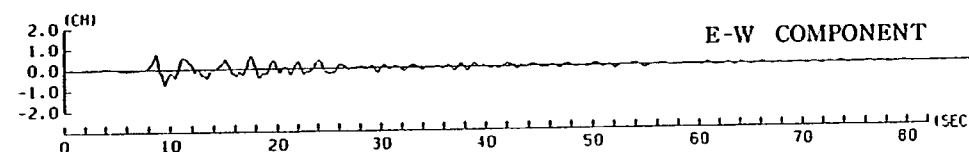


(m) B52W1 点

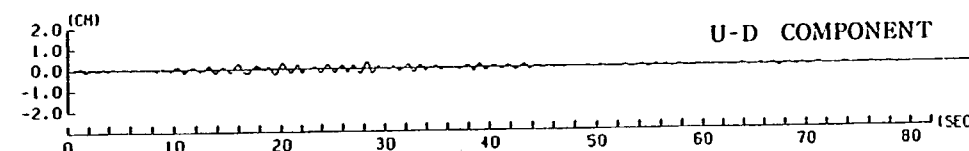
INDEX NO. 102
 B06 -5311:51 N-S
 ARRANGED01SP
 MAX.=1.097(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 105
 B06 -5311:51 E-W
 ARRANGED01SP
 MAX.=0.740(CH)
 E.O. NO. 830227



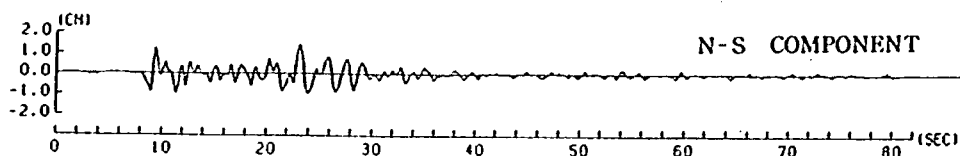
INDEX NO. 108
 B06 -5311:51 U-D
 ARRANGED01SP
 MAX.=0.307(CH)
 E.O. NO. 830227



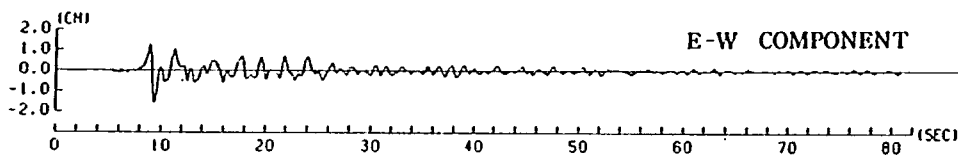
(n) B53S1 点

図 3.4(7) 変位波形の例 (EQ-28)

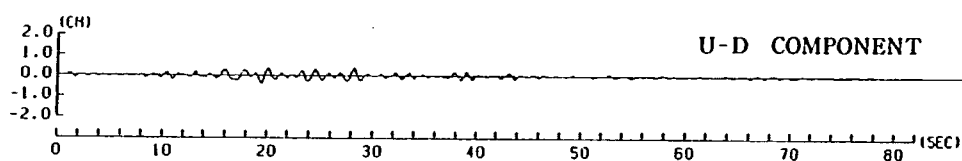
INDEX NO. 57
 BOT -2H:CO N-S
 ARRANGED 1SP
 MAX.=1.412(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 60
 BOT -2H:CO E-W
 ARRANGED 1SP
 MAX.=1.577(CH)
 E.O. NO. 830227



INDEX NO. 63
 BOT -2H:CO U-D
 ARRANGED 1SP
 MAX.=0.370(CH)
 E.O. NO. 830227



(o) B2C0 点

図 3.4 (8) 変位波形の例 (EQ-28)

4. 地震時地盤ひずみと地震のマグニチュードおよび震央距離との関係

最大地震動（最大加速度，最大速度，最大変位）および加速度応答スペクトルと地震のマグニチュードおよび震央距離との関係式（距離減衰式）に関しては，現在までに各種の検討が行われている。これらの結果によれば，実用的な距離減衰式としては次式が実測値との対応がよいとされている⁹⁾。

$$X(M, \Delta) = a \times 10^{bM} \times (\Delta + \Delta_0)^c \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

ここで，

X ：最大地震動もしくは加速度応答スペクトル値

M ：地震のマグニチュード

Δ ：震央距離

Δ_0 ：震央距離が小さい範囲の X を調整するための定数

a, b, c ：係数

本解析では，表 3.1 に示した，A 地区下部，A 地区上部および B 地区下部のそれぞれについて，最大ひずみ（平均値）と地震のマグニチュードおよび震央距離との関係式が式(4.1) により表されるものと仮定し，係数 a, b, c を求めるものとする。なお，式(4.1) 中の Δ_0 については，文献 9) を参考として 30 km とした。

表 3.1 より改めて，A 地区下部，A 地区上部および B 地区下部ごとに伸縮ひずみ (ϵ_x, ϵ_y) およびせん断ひずみ (γ_{xy}) を整理し，地震のマグニチュードおよび震央距離と合わせて表示すると，表 4.1 のようになる。最大地盤ひずみを目的変数，地震のマグニチュード M および震央距離 Δ [km] を説明変数として重回帰分析を行い，式(4.1) の係数 a, b, c を求めると表 4.2 に示すようになる。なお，ここで，重回帰分析には会話型統計計算プログラム CSTAT¹⁰⁾ を使用した。各地区ごとに最大地盤ひずみの回帰式を示すと，次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_x &= 1.036 \times 10^{0.227M} \times (\Delta + 30)^{-0.149} \times 10^{-6} \\ \epsilon_y &= 0.893 \times 10^{0.350M} \times (\Delta + 30)^{-0.431} \times 10^{-6} \\ \gamma_{xy} &= 1.030 \times 10^{0.285M} \times (\Delta + 30)^{-0.216} \times 10^{-6} \end{aligned} \right\} \text{ A 地区下部ひずみ} \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_x &= 0.438 \times 10^{0.795M} \times (\Delta + 30)^{-1.400} \times 10^{-6} \\ \epsilon_y &= 0.409 \times 10^{0.507M} \times (\Delta + 30)^{-0.618} \times 10^{-6} \\ \gamma_{xy} &= 0.740 \times 10^{0.743M} \times (\Delta + 30)^{-1.279} \times 10^{-6} \end{aligned} \right\} \text{ A 地区上部ひずみ} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_x &= 0.754 \times 10^{0.419M} \times (\Delta + 30)^{-0.662} \times 10^{-6} \\ \epsilon_y &= 0.770 \times 10^{0.404M} \times (\Delta + 30)^{-0.591} \times 10^{-6} \\ \gamma_{xy} &= 1.822 \times 10^{0.343M} \times (\Delta + 30)^{-0.502} \times 10^{-6} \end{aligned} \right\} \text{B 地区下部ひずみ} \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

また、回帰式と合わせて、最大地盤ひずみの距離減衰特性を示すと、図 4.1 のようになる。これより次の事項が指摘される。

1) A 地区下部ひずみについて

- a) A 地区下部ひずみは、伸縮ひずみ ϵ_x および ϵ_y 、せん断ひずみ γ_{xy} のいずれについても、他のひずみと比較して震央距離(Δ)による減衰が小さい。また、伸縮ひずみ ϵ_x と ϵ_y を比較すると、 ϵ_x の距離減衰が小さい。この理由としては、 10×10^{-6} 程度以上の比較的大きなひずみに注目した場合に、 $\Delta \leq 100[\text{km}]$ では $\epsilon_x \leq \epsilon_y$ という傾向が見られるのに対して、 $\Delta \geq 100[\text{km}]$ では $\epsilon_x \geq \epsilon_y$ となることが考えられる。ただし、このような現象が生ずる原因については、現状でははっきりしない。
- b) 一般に、同一マグニチュードおよび同一震央距離で比較すると、せん断ひずみは伸縮ひずみよりも大きくなる。

2) A 地区上部ひずみについて

- a) 上部ひずみの回帰式は、下部ひずみ(A 地区、B 地区)の回帰式と比較して、マグニチュードによる項の係数が大きく、震央距離による項の係数は小さい(負数で絶対値は大きい)。すなわち、上部ひずみは下部ひずみよりもマグニチュードの影響を敏感に受け、距離減衰が大きいと言える。
- b) ϵ_x と ϵ_y の距離減衰特性を比較すると、 ϵ_x の距離減衰が大きい。この理由としては、上述の A 地区下部ひずみの場合と同様の理由も考えられるが、A 地区上部ひずみの場合は解析対象記録が少ないため、ひずみの距離減衰特性に対してある少数のデータが支配的な影響を及ぼしていることも考えられる。上部ひずみについてはデータの蓄積を図り、さらに慎重に検討することが必要とされよう。

3) B 地区下部ひずみについて

- a) B 地区下部ひずみについては、 ϵ_x と ϵ_y の距離減衰特性はよく一致しており、すなわち、伸縮ひずみの距離減衰特性については明確な方向性は認められないと言うことができる。
- b) B 地区下部ひずみの距離減衰特性を A 地区下部ひずみの距離減衰特性と比較すると、 ϵ_y については両者は比較的類似しているが、 ϵ_x および γ_{xy} については、いずれも、B 地区下部ひずみの方が距離減衰が大きい。

表 4.1 (1) 地盤ひずみと地震のマグニチュードおよび震央距離の一覧
(a) A 地区下部ひずみ

地震 番号	発生年月日	震央距離 (km)	マ グ ニ チュード	深さ (km)	最大ひずみ (×10 ⁻⁶)		
					ϵ_x	ϵ_y	γ_{xy}
1	791009	22.0	4.1	50	8.817	6.804	11.962
2	791125	103.7	5.4	90	8.634	7.927	14.520
3	791215	72.4	4.2	80	9.592	6.361	10.423
4	791217	59.6	4.3	60	8.918	6.408	12.154
5	800202	20.4	4.2	50	7.173	4.675	9.119
6	800422	484.2	6.6	400	16.328	9.803	21.848
7	800507	12.8	4.0	50	5.430	5.403	7.204
8	800512	8.8	4.4	60	6.075	6.253	8.828
9	800618	54.7	4.6	80	6.440	4.882	7.655
10	800629	154.2	6.7	10	34.318	30.110	56.978
11	800924	30.2	5.4	80	12.385	21.685	18.400
12	800925	68.6	6.1	80			
13	800925	68.6	6.1	80	10.168	15.798	16.234
14	810128	21.0	5.0	60	9.867	9.054	15.471
15	810312	30.4	4.7	60	3.173	5.335	6.600
16	810902	101.9	5.8	40	8.681	13.643	14.233
17	810903	25.3	3.5	60			
18	810914	9.8	4.8	70	4.832	4.158	6.353
19	811014	15.2	3.5	50			
20	811130	17.0	4.4	50	7.499	3.110	5.071
21	820307	64.2	5.5	60	10.622	16.969	19.336
22	820723	168.5	7.0	30	54.328	47.831	96.342
23	821025	46.9	4.2	40	5.821	5.004	6.721
24	821208	17.5	4.2	50	9.820	7.595	10.019
25	821216	17.5	3.9	50			
26	821229	12.0	4.0	50	8.495	5.858	9.280
27	830108	16.2	4.9	52	5.724		6.216
28	830227	22.0	6.0	72	36.788	51.098	53.451
29	830424	16.0	4.4	55	4.260	4.997	6.975
30	830504	17.6	4.3	55	6.264	5.199	5.144
31	830702	132.4	5.8	54	5.397	8.107	8.300
32	830902	103.9	5.2	49	8.537	9.197	9.178
33	831015	17.2	4.7	56			
34	831028	10.3	5.1	60	7.750	8.700	11.755
35	831028	12.6	3.8	56			
36	831211	15.2	4.3	56	5.214	3.976	6.808
37	831212	11.8	3.6	52			
38	831230	78.7	5.3	52	4.314	3.986	
39	840101	405.4	7.3	388	10.226	12.026	15.050
40	840102	16.3	4.1	52	3.395	5.583	4.524
41	840109	10.3	3.6	59			
42	840117	111.1	5.6	43	3.387	6.767	8.180
43	840118	112.7	5.9	43	7.437	9.525	11.808
44	840221	5.4	5.0	79	5.365	8.043	7.332
45	840306	758.5	7.9	452	23.761	33.389	38.236
46	840325	5.4	3.5	55			
47	840523	20.3	4.6	61	4.147	5.046	8.238
48	840530	15.9	4.2	54	2.227	3.568	5.112
49	840630	19.2	5.0	61	7.401	7.004	13.680
50	840630	22.8	4.3	60	5.109	5.821	8.291
解析対象記録数					41	40	40

表 4.1 (2) 地盤ひずみと地震のマグニチュードおよび震央距離の一覧
(b) A 地区上部ひずみ

地震 番号	発生年月日	震央距離 (km)	マ グ ニ チュード	深さ (km)	最大ひずみ ($\times 10^{-6}$)		
					ϵ_x	ϵ_y	γ_{xy}
1	791009	22.0	4.1	50			
2	791125	103.7	5.4	90			
3	791215	72.4	4.2	80			
4	791217	59.6	4.3	60			
5	800202	20.4	4.2	50			
6	800422	484.2	6.6	400			
7	800507	12.8	4.0	50			
8	800512	8.8	4.4	60			
9	800618	54.7	4.6	80			
10	800629	154.2	6.7	10			
11	800924	30.2	5.4	80			
12	800925	68.6	6.1	80			
13	800925	68.6	6.1	80	32.298	15.246	39.412
14	810128	21.0	5.0	60	14.751	13.336	20.854
15	810312	30.4	4.7	60	7.702	5.290	7.243
16	810902	101.9	5.8	40	36.260	27.129	66.292
17	810903	25.3	3.5	60			
18	810914	9.8	4.8	70	11.554	7.045	13.338
19	811014	15.2	3.5	50			
20	811130	17.0	4.4	50			14.526
21	820307	64.2	5.5	60	36.757		53.926
22	820723	168.5	7.0	30	125.386	54.480	329.529
23	821025	46.9	4.2	40			
24	821208	17.5	4.2	50			
25	821216	17.5	3.9	50			
26	821229	12.0	4.0	50		7.363	
27	830108	16.2	4.9	52	7.922	10.133	
28	830227	22.0	6.0	72	162.371	75.778	195.367
29	830424	16.0	4.4	55			
30	830504	17.6	4.3	55			
31	830702	132.4	5.8	54		15.096	
32	830902	103.9	5.2	49			
33	831015	17.2	4.7	56			
34	831028	10.3	5.1	60			
35	831028	12.6	3.8	56			
36	831211	15.2	4.3	56			
37	831212	11.8	3.6	52			
38	831230	78.7	5.3	52			
39	840101	405.4	7.3	388	27.240	37.402	37.601
40	840102	16.3	4.1	52			
41	840109	10.3	3.6	59			
42	840117	111.1	5.6	43	15.717		
43	840118	112.7	5.9	43	21.402	20.237	21.386
44	840221	5.4	5.0	79			
45	840306	758.5	7.9	452	73.650	82.592	108.768
46	840325	5.4	3.5	55			
47	840523	20.3	4.6	61			12.523
48	840530	15.9	4.2	54			8.967
49	840630	19.2	5.0	61			14.462
50	840630	22.8	4.3	60			10.376
解析対象記録数					13	13	16

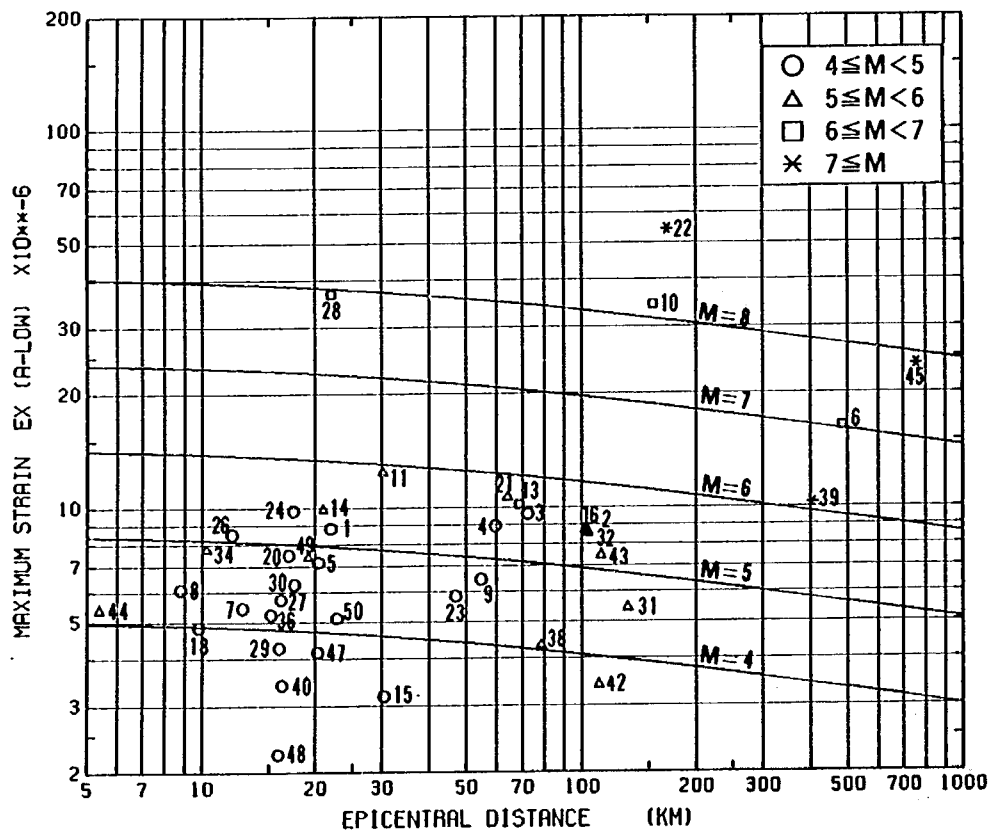
表 4.1 (3) 地盤ひずみと地震のマグニチュードおよび震央距離の一覧
(c) B 地区下部ひずみ

地震 番号	発生年月日	震央距離 (km)	マ グ ニ チュード	深さ (km)	最大ひずみ ($\times 10^{-6}$)		
					ϵ_x	ϵ_y	γ_{xy}
1	791009	22.0	4.1	50			
2	791125	103.7	5.4	90			
3	791215	72.4	4.2	80			
4	791217	59.6	4.3	60			
5	800202	20.4	4.2	50			
6	800422	484.2	6.6	400			
7	800507	12.8	4.0	50			
8	800512	8.8	4.4	60			
9	800618	54.7	4.6	80			
10	800629	154.2	6.7	10			
11	800924	30.2	5.4	80			
12	800925	68.6	6.1	80			
13	800925	68.6	6.1	80	11.371	11.304	15.989
14	810128	21.0	5.0	60	4.278	4.739	7.679
15	810312	30.4	4.7	60		4.454	
16	810902	101.9	5.8	40	10.028	9.684	20.490
17	810903	25.3	3.5	60			
18	810914	9.8	4.8	70	3.511	3.484	5.172
19	811014	15.2	3.5	50			
20	811130	17.0	4.4	50	3.100	2.489	5.167
21	820307	64.2	5.5	60	8.526	15.830	14.209
22	820723	168.5	7.0	30	53.950	67.551	95.389
23	821025	46.9	4.2	40	3.009	4.006	6.576
24	821208	17.5	4.2	50	2.858	4.044	8.415
25	821216	17.5	3.9	50			
26	821229	12.0	4.0	50	3.175	3.665	8.179
27	830108	16.2	4.9	52	3.142		
28	830227	22.0	6.0	72	28.421	38.077	52.889
29	830424	16.0	4.4	55	2.607		
30	830504	17.6	4.3	55	3.188	5.618	11.805
31	830702	132.4	5.8	54	4.460	6.660	6.824
32	830902	103.9	5.2	49	3.009	5.063	5.372
33	831015	17.2	4.7	56		3.640	7.047
34	831028	10.3	5.1	60	12.637	14.038	
35	831028	12.6	3.8	56			
36	831211	15.2	4.3	56		4.223	5.642
37	831212	11.8	3.6	52			
38	831230	78.7	5.3	52	6.815	5.505	14.137
39	840101	405.4	7.3	388	8.881	10.235	18.770
40	840102	16.3	4.1	52	7.333	7.884	13.529
41	840109	10.3	3.6	59			
42	840117	111.1	5.6	43	6.350	7.695	12.670
43	840118	112.7	5.9	43	7.885	8.998	12.036
44	840221	5.4	5.0	79	5.598	4.701	8.231
45	840306	758.5	7.9	452	19.308	21.194	36.363
46	840325	5.4	3.5	55			
47	840523	20.3	4.6	61	7.419	10.903	20.060
48	840530	15.9	4.2	54	4.485	3.339	7.284
49	840630	19.2	5.0	61	9.224	8.618	20.088
50	840630	22.8	4.3	60	6.877	6.017	13.120
解析対象記録数					28	29	27

表 4.2 回帰式の係数の一覧

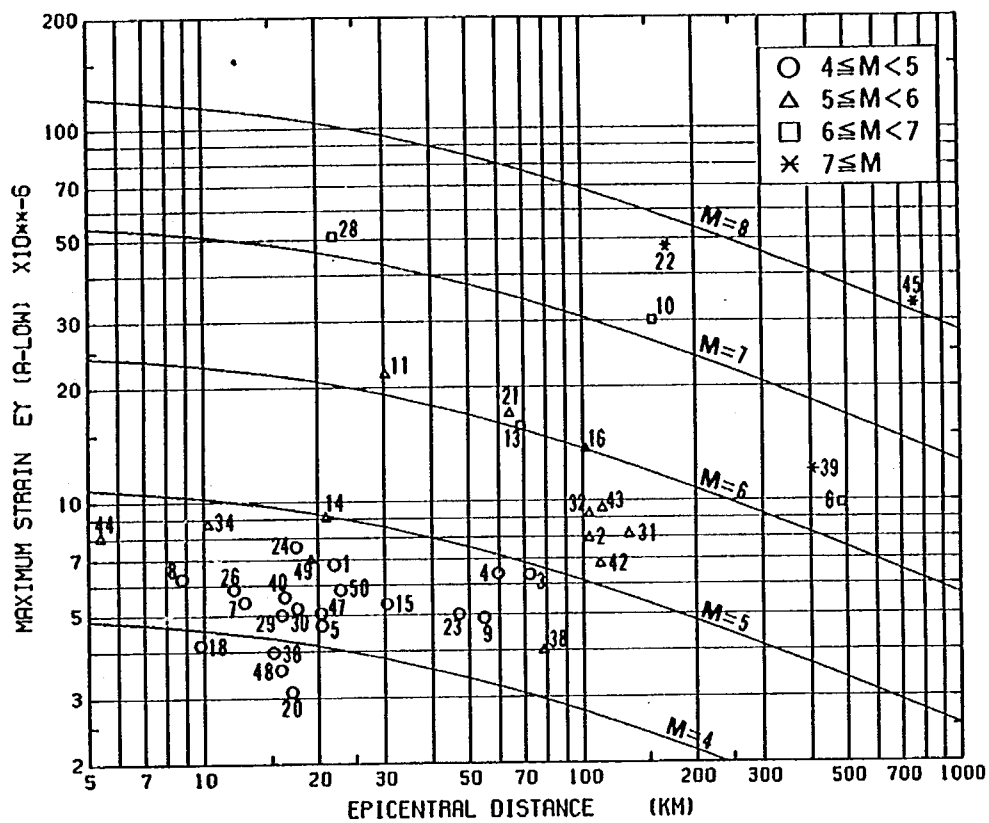
区 分		係 数			重相関係数 R	標 準 誤 差 σ
地 区	ひずみ	a	b	c		
A 地区下部	ϵ_x	1.036	0.227	-0.149	0.652	0.220
	ϵ_y	0.893	0.350	-0.431	0.817	0.176
	γ_{xy}	1.030	0.285	-0.216	0.767	0.195
A 地区上部	ϵ_x	0.438	0.795	-1.400	0.875	0.223
	ϵ_y	0.409	0.507	-0.618	0.900	0.188
	γ_{xy}	0.740	0.743	-1.279	0.875	0.256
B 地区下部	ϵ_x	0.754	0.419	-0.662	0.791	0.205
	ϵ_y	0.770	0.404	-0.591	0.776	0.213
	γ_{xy}	1.822	0.343	-0.502	0.706	0.229

注) 回帰式: $\epsilon = a \times 10^{bM} \times (\Delta + 30)^c \times 10^{-6}$

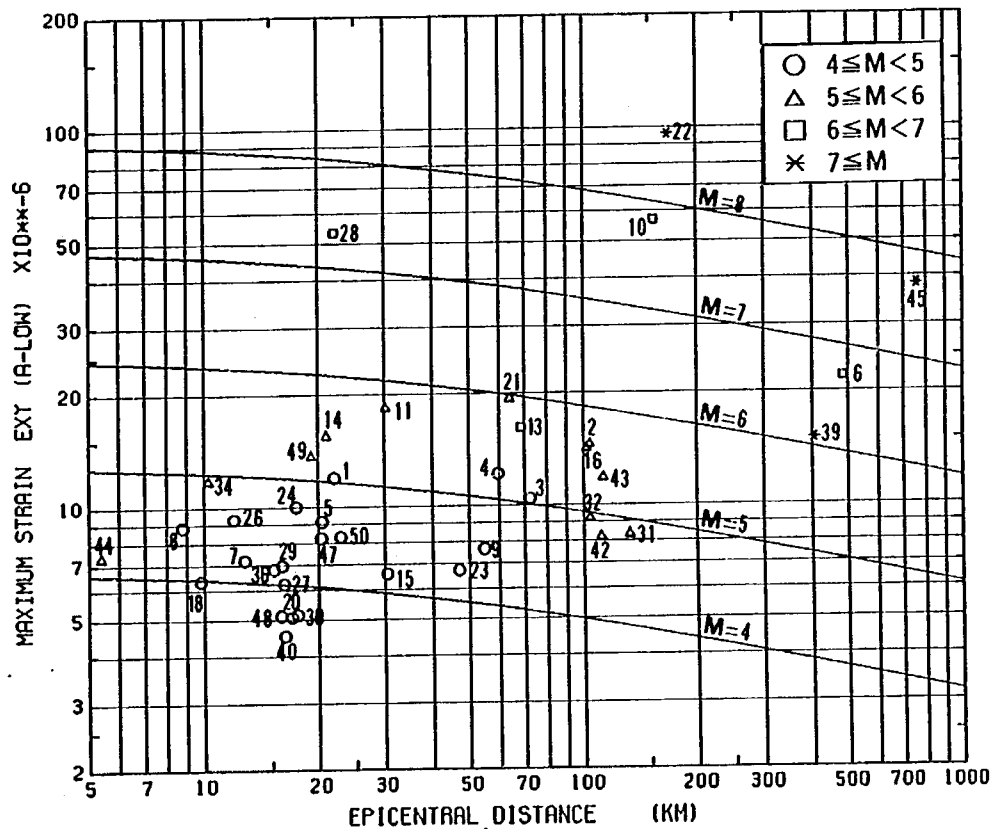


(a) A 地区下部ひずみ ϵ_x

図 4.1 (1) 最大地盤ひずみの距離減衰特性

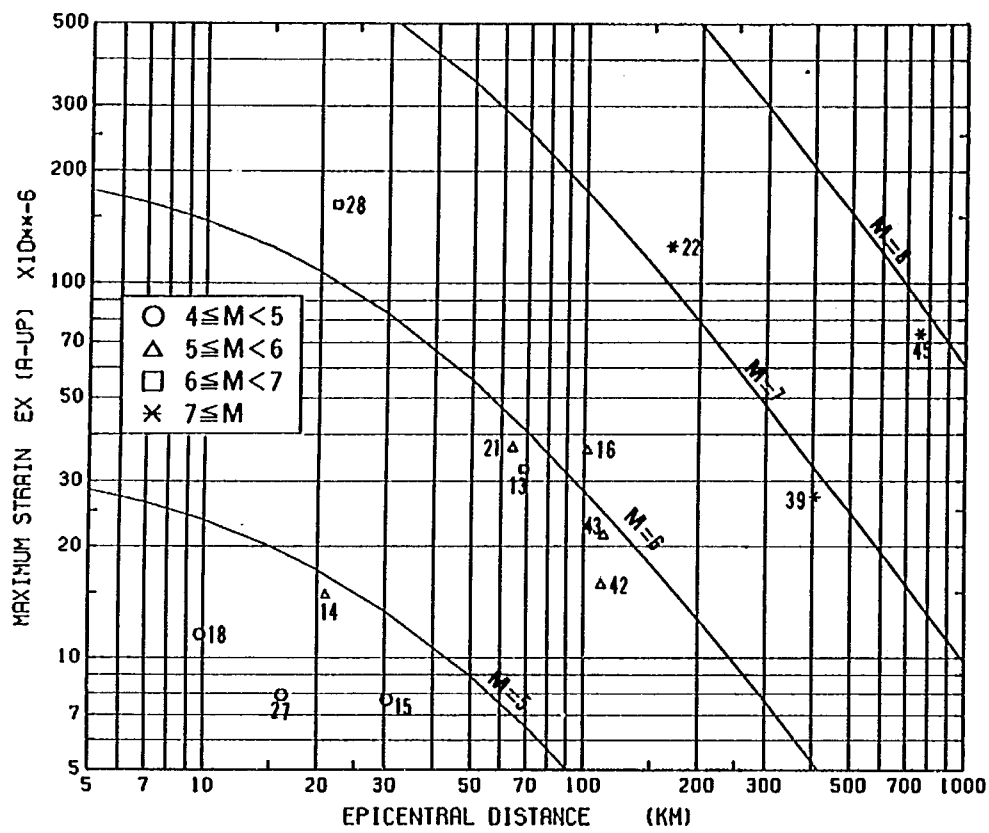


(b) A 地区下部ひずみ ϵ_y

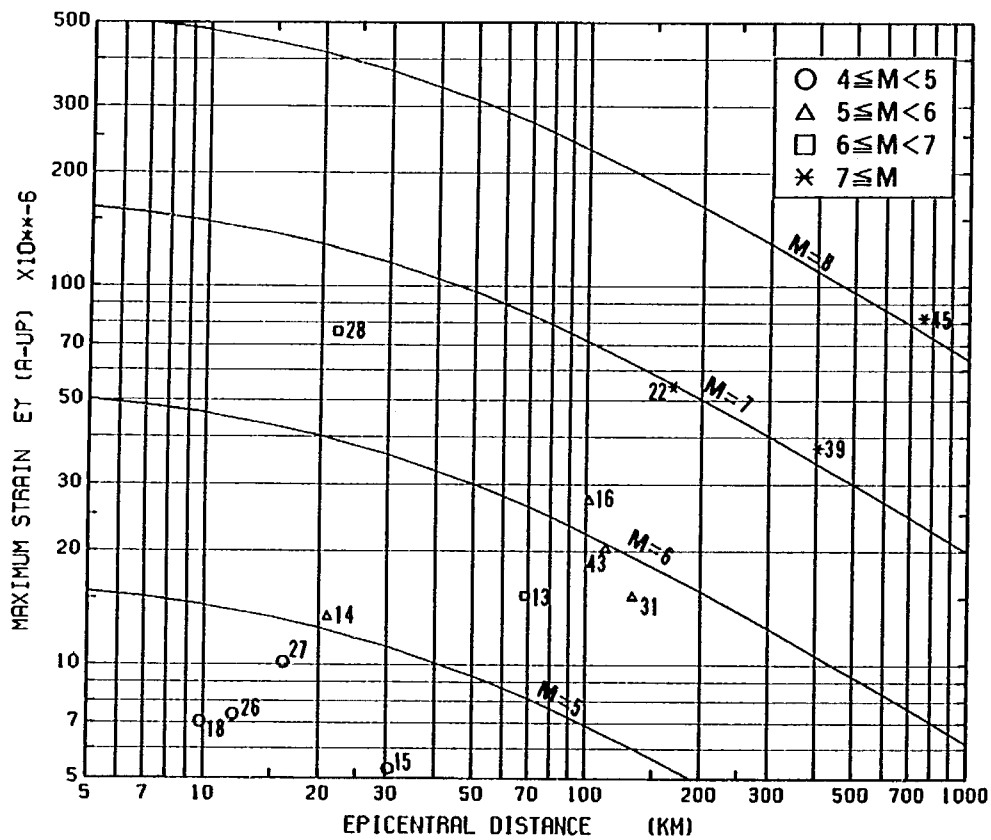


(c) A 地区下部ひずみ γ_{xy}

図 4.1(2) 最大地盤ひずみの距離減衰特性

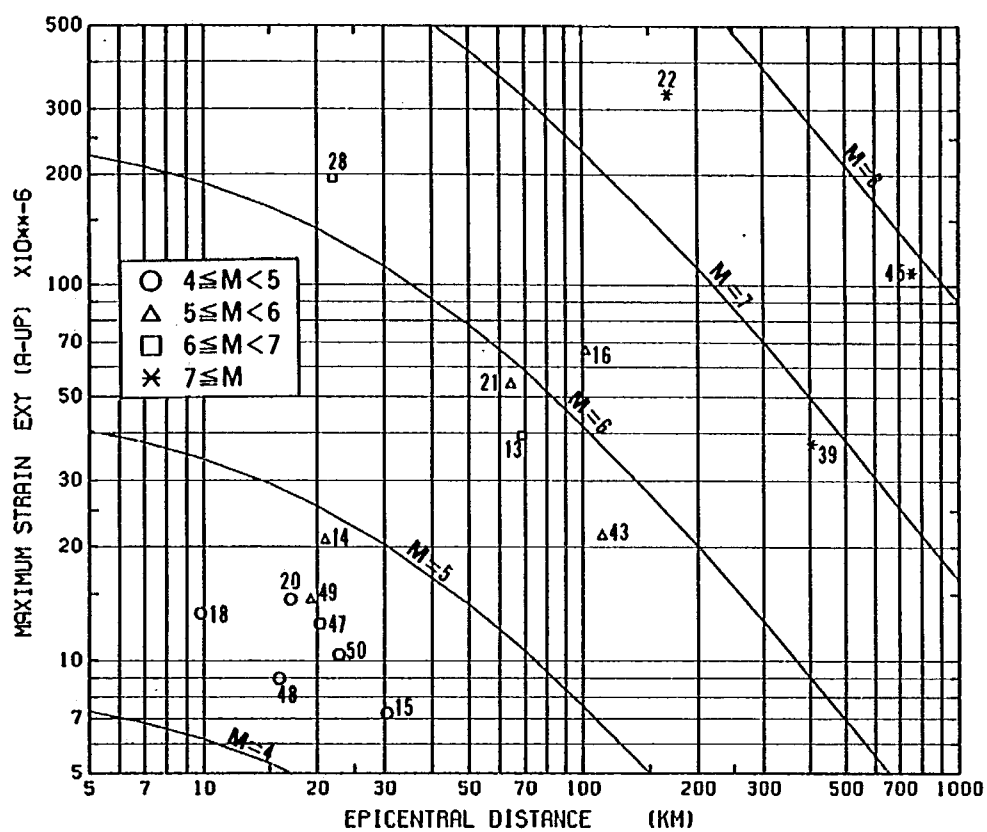


(d) A 地区上部ひずみ ϵ_x

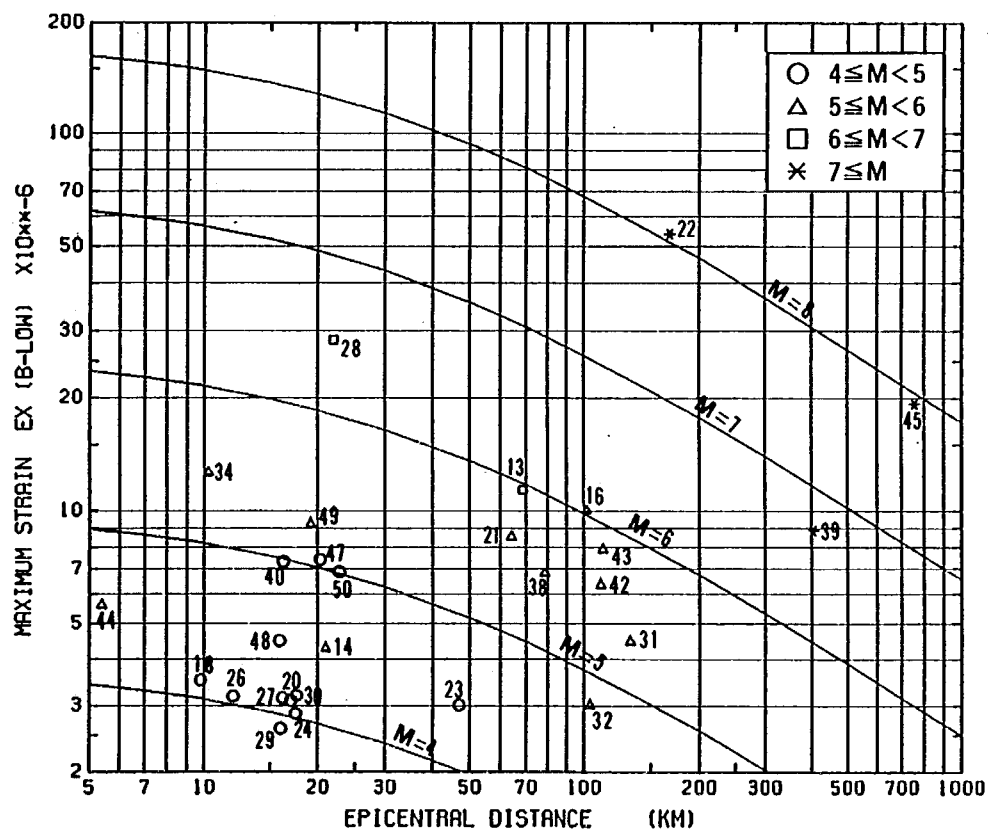


(e) A 地区上部ひずみ ϵ_y

図 4.1 (3) 最大地盤ひずみの距離減衰特性

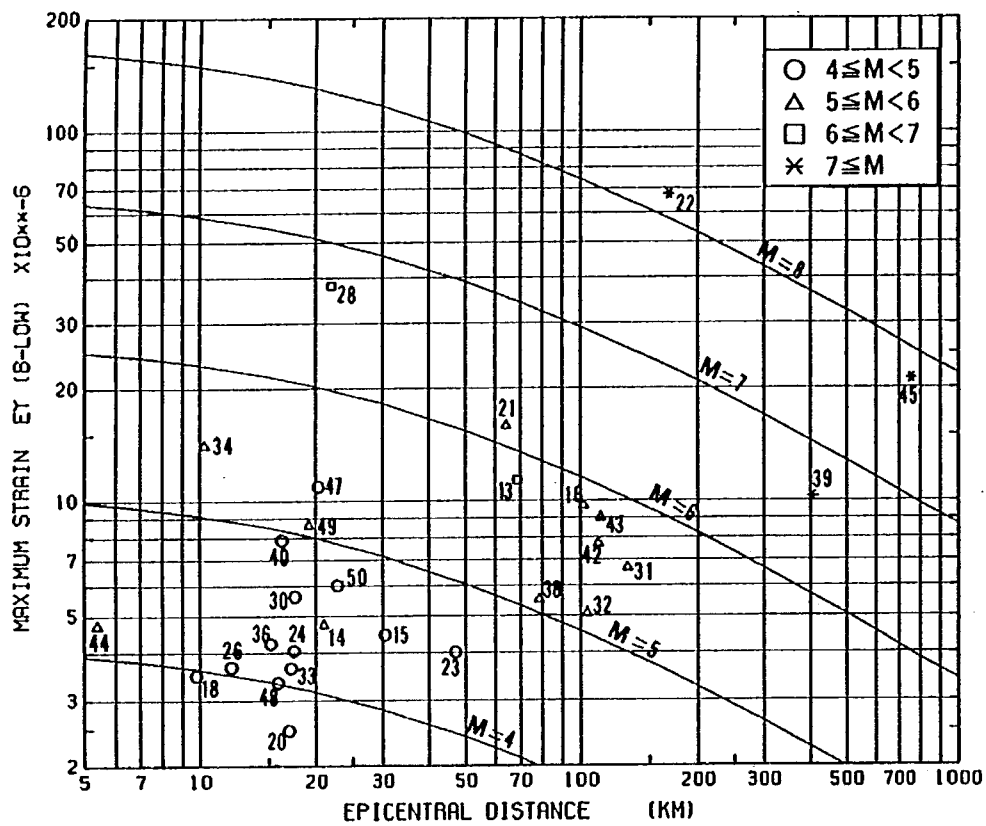


(f) A 地区上部ひずみ γ_{xy}

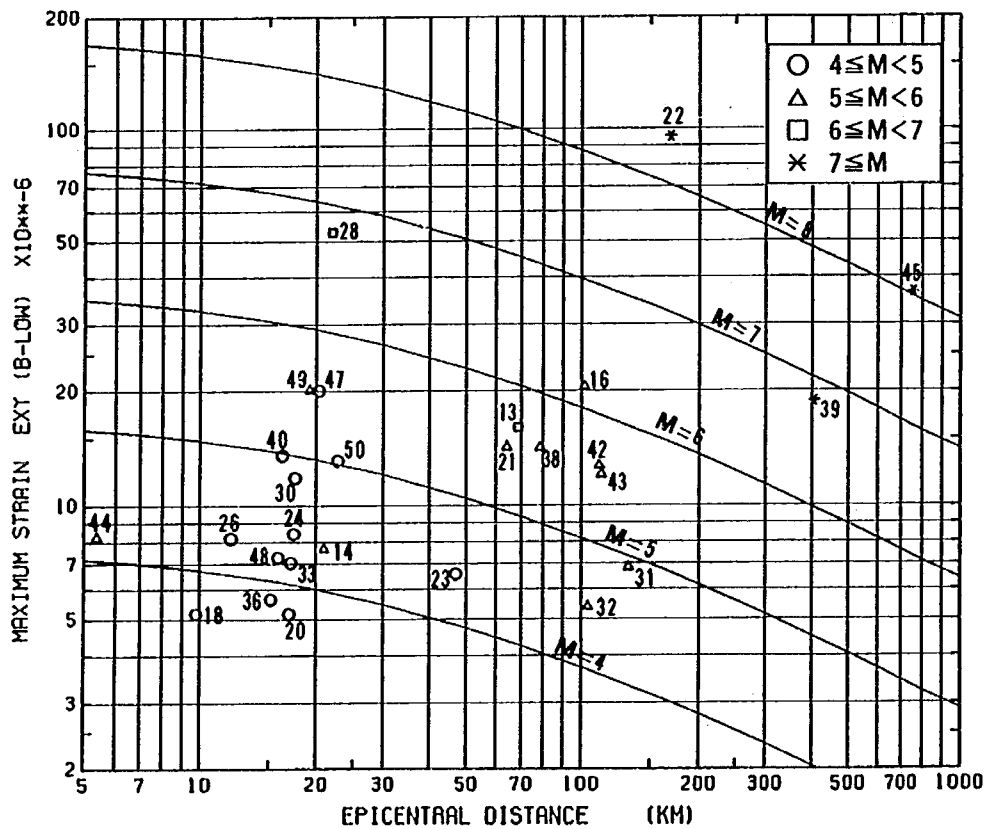


(g) B 地区下部ひずみ ϵ_x

図 4.1 (4) 最大地盤ひずみの距離減衰特性



(h) B 地区下部ひずみ ϵ_y



(i) B 地区下部ひずみ γ_{xy}

図 4.1 (5) 最大地盤ひずみの距離減衰特性

5. 結 論

土木研究所構内で得られた高密度強震観測記録をもとに、4 面体要素を構成し、有限要素法の手法を用いて地震時地盤ひずみを計算し、さらに重回帰分析により、地盤ひずみと地震のマグニチュードおよび震央距離との関係について予備的に検討した。

現在のところ、マグニチュード 6 程度の以上の比較的規模の大きい地震による記録が少なく、特に、マグニチュードの大きい場合に回帰式の精度が必ずしも十分ではないこと、また、伸縮ひずみを求める際に震央の方向性が考慮されていないこと、等の問題は残されているが、本解析から得られた主な結論は次のとおりである。

- 1) 地震時地盤ひずみと地震のマグニチュードおよび震央距離との関係式は、観測地区およびひずみの種別ごとに、式(4.2)～式(4.4)のように表される。ただし、現在のところ、伸縮ひずみの南北成分および東西成分で距離減衰特性が明らかに異なる場合も認められる。今後は、特に、ひずみレベルの大きな記録の蓄積を図り、さらに慎重に検討することが必要とされよう。
- 2) 地表面付近に生ずる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、マグニチュードの影響を敏感に受け、距離減衰が大きい傾向が認められる。

謝 辞

本解析の数値計算の一部（重回帰分析）においては，昭和 61 年度夏期実習生として当研究室に滞在した東北大学工学部土木工学科水野孝君の手を煩わせた。末尾ながら，深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 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
- 2) 建設省土木研究所: 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 —, 土木研究所資料, 第 1991 号, 昭和 58 年 3 月
- 3) Tadashi Arakawa, Kazuhiko Kawashima and Keiichi Tamura: Finite Ground Strains induced during Earthquake for Application to Seismic Design of Underground Structures, Fifth International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, April 1985
- 4) 建設省土木研究所: 土木研究所構内の高密度強震観測記録の解析 — 地震動の増幅特性および地震動の水平面内における変動特性の検討 —, 土木研究所資料, 第 2270 号, 昭和 60 年 12 月
- 5) 後藤尚男, 亀田弘行, 杉戸真太, 今西直人: デジタルフィルタによる 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
- 6) 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
- 7) 川島一彦, 高木義和, 相沢 興: デジタイザーによる 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
- 8) Zienkiewicz, O. C.: The Finite Element Method in Engineering Science, McGraw-Hill, 1971
- 9) 川島一彦, 相沢 興, 高橋和之: 最大地震動および地震応答スペクトルの距離減衰式, 土木研究所報告, 第 166 号, 昭和 60 年 9 月
- 10) 日立製作所: 会話型統計計算プログラム CSTAT 解説編, 昭和 56 年 3 月

土木研究所構内の高密度
強震観測記録の解析

—地震時地盤ひずみと地震の
マグニチュードおよび
震央距離との関係式の検討—

ISSN 0386-5878
土研資料 第2412号
昭和61年10月(1986年)
佐々木 康田 村 敬一
相 沢 興

要 旨

本資料は、土木研究所構内で得られた高密度強震観測記録をもとに、地震時地盤ひずみを計算し、さらに重回帰分析により、地盤ひずみと地震のマグニチュードおよび震央距離との関係式を予備的に求めた結果をとりまとめたものである。

キーワード：高密度強震観測，地震動，地震時地盤ひずみ，距離減衰式
耐震設計



