

土木研究所資料 254号松代地震・強震記録（第三報）

正 誤 表

ページ	位 置	誤	正	備 考
3	表-2	(気象庁の資料による) ←1→(本調査による) 被害概況 SMAC強震計による…… 若 穂 町 長 野 市	(気象庁の資料による) ←1→(本調査による) 被害概況 SMAC強震計による…… 若 穂 町 長 野 市	「(気象庁の資料による) ←1→(本調査による)」の位置
8	表-3	完 成 予 定	完 成	
17	下8	$\beta_T = 1.22 \alpha_{GL}^{-0.117}$	$\beta_T = 1.22 \alpha_{GT}^{-0.117}$	「L」→「T」
17	下12	$\alpha_{PT} = 1.22 \alpha_{GL}^{0.883}$	$\alpha_{PT} = 1.22 \alpha_{GT}^{0.883}$	「L」→「T」
18	図13横軸	地盤最大加速度 $\dot{\alpha}_G$ (gal)	地盤最大加速度 $\dot{\alpha}_{GL}$ (gal)	
18	図14縦軸	橋脚上最大加速度 $\dot{\alpha}_F$ (gal)	橋脚上最大加速度 $\dot{\alpha}_{FT}$ (gal)	
19	図17縦軸	$\dot{\beta} = \frac{\text{橋脚上最大加速度}}{\text{地盤最大加速度}}$	$\dot{\beta}_L = \frac{\text{橋脚上最大加速度}}{\text{地盤最大加速度}}$	
23	上6	スペクトル	スペクトル	「フ」→「ク」
23	上13	相 当	相 当	「坦」→「相」
23	下9	フラットがスペクトル	フラットなスペクトル	「が」→「な」
23	下2	$r' = \frac{K X_Y}{m Z_{max}} = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \frac{X_Y}{\alpha}$	$r = \frac{K X_Y}{m \ddot{Z}_{max}} = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \frac{X_Y}{\ddot{Z}_{max}}$	「r'」→「r」 「 $\ddot{Z}_{max}$ 」→「 $\ddot{Z}_{max}$ 」 「 α 」→「 $\ddot{Z}_{max}$ 」
24	上1	α	$\ddot{Z}_{max}$	「 α 」→「 $\ddot{Z}_{max}$ 」
25	図22,23,24,25の縦軸		復元力比 β	
25	図22横軸	$\dot{\eta} = 0.8$	$\dot{\eta} = 0.8$	「7」→「 η 」
37	表8	記録あるが報告書に掲載されていない。	記録はあるがこの報告書に掲載されていない。	上 段
37	表8	409-B-103	409-B-203	下段の1行目

は　じ　め　に

土木研究所と関東地方建設局では、昭和40年12月以来長野県上高井郡若穂町の落合橋および長野市内に3台の強震計を設置し、松代群発地震の強震観測を実施している。

この資料は、松代地震観測結果報告の第三報であり、昭和41年6月25日から12月5日までの間に観測された記録のうち、主な強震記録を示したものである。またそれと共に過去の観測結果を基にして実施した解析結果の一部を示してある。

観測を開始した昭和40年12月から昭和41年2月28日までの記録は第一報¹⁾、昭和41年3月1日から6月24日までの記録は第二報²⁾としてすでに報告した。また一部の簡単な解析結果は、土木技術資料³⁾に報告した。本報告は、全体的なものとするためこれらと多少重複する部分も再録してある。

構造橋梁部、耐震調査室

建設専門官	栗	林	栄	一
研究員	岩	崎	敏	男

(脚注)

- 1) 土木研究所資料第163号、「松代地震強震記録(第一報)」昭和41年4月
- 2) 土木研究所資料第194号、「松代地震強震記録(第二報)」昭和41年7月
- 3) 栗林・岩崎「道路橋における松代群発地震の強震観測結果」, 土木技術資料 Vol. 8 No. 10
昭和41年10月

目 次

はじめに

1. 松代群発地震の概況	1
1.1 地震発生の概況（気象庁資料）	1
1.2 主要な強震の概況	2
2. 強震観測調査の概要	4
2.1 調査体制	4
2.2 強震計設置位置	4
2.3 落合橋の概要	6
2.4 強震計の仕様	10
3. 観測結果の一次解析	12
3.1 観測記録の概況および一次解析	12
3.2 地盤動の記録	12
3.3 落合橋橋脚上での記録	16
3.4 落合橋の加速度応答	17
4. 松代地震による応答スペクトル解析	20
4.1 地震波形記録のデジタル化	20
4.2 線型系（弾性系）の応答スペクトル解析	20
4.3 非線型系（bi-linear系）の応答スペクトル解析	23
5. 強震記録	26
5.1 整理表（41.6.25～12.5間の全記録）	26
5.2 波形記録（41.6.25～12.5間の主要記録）	36
むすび	40

1. 松代群発地震の概況

1.1 地震発生回数の概況

昭和40年8月3日に端を発する松代群発地震の発生概況を気象庁地震課の資料に基づいて示す。表1は松代における月別、震度別の地震発生回数である。松代群発地震は41年11月中旬には第一次の活動期に入り、震度Ⅳ（松代において）の地震がしばしば発生するようになった。気象庁の関係部局は地震が大型化、集中化してきたことからみて、震度Ⅴ以上の地震の発生が予想されるとして、嚴重な警戒を要するという異例の警告を発するに至った。当所でこの時点に現地の土木構造物における強震観測を立案し、関東地方建設局、北陸地方建設局、長野県および若穂町の諒解と協力のもとに、若穂町に建設中であった落合橋とその地盤および長野市内の厚い沖積層からなる地盤に各1台、計3台の強震計を設置し、12月初旬強震観測を開始した。

地震は11月中旬を1つのピークとして、次第に減少経過をたどって終るかにみえたが、翌41年1月に入ると、かなり強い地震も加わって、松代町にとどまらず、周辺の市町村にまで多少の被害が生ずるようになった。3月中旬を過ぎると地震活動は一段と活発になり、1日の総地震発生回数は、優に2000回を越し、有感地震（震度Ⅰ以上）も200～400回程度発生し、ほとんど連日震度Ⅲの地震が1～3回発生するようになってきた。

4月5日には若穂町潜水附近を中心にかんりの強震が起り、4月17日には震度Ⅴ（強震）が連続3回も発生した。

また5月28日には、松代町南西部を中心にしてM5.2とこの群発地震最強の地震が起った。

これ以後は6月、7月と徐々に減少の傾向を示し、8月にはやや増加したが9月以後は確実に減少してきており、昭和41年11月～42年1月は、震度Ⅲ以上はほとんど発生しておらず、震度Ⅲが月に1回程度以下、震度Ⅱが1日に1回程度以下と減少してきた。ところが2月になると震源地はかなり広範囲に広がり、東北信を中心とする地震が主となってきた。発生回数としては横ばい状態のままであり、昭和42年3月初旬現在、依然として一連の松代群発地震は継続して発生している。

表 1 松代における月別、震度別地震発生回数（気象庁地震課資料による）

年 月	全回数	有感	I	II	III	IV	V
40. 8	3,766	70	69	1			
9	8,744	205	187	18			
10	19,839	1,143	1,020	112	11		
11	25,182	2,730	2,331	340	51	8	
12	22,588	2,867	2,471	356	38	2	
41. 1	22,917	2,788	2,465	293	27	2	1
2	18,727	1,896	1,710	162	22	1	1
3	48,576	5,367	4,903	428	33	3	
4	119,035	12,032	10,961	972	85	10	4
5	82,544	8,069	7,501	517	42	8	1
6	53,629	4,382	4,091	271	19	1	
7	34,404	2,756	2,613	135	7	1	
8	63,313	6,210	5,750	409	43	7	1
9	62,171	6,239	5,856	360	19	4	
10	19,686	1,262	1,190	68	4		
11	11,913	654	622	32	0		
12	7,371	471	446	24	1		
42. 1	7,141	396	385	10	1		
2	10,707	600	584	14	2		

1.2 主要な強震の概況

表2は松代群発地震の主要な強震（震度Ⅳ以上を標準とする）の概況を示したものである。この表は気象庁地震課の資料による地震の発生時刻、各地の震度、地震のマグニチュード、震央、震源深さ、および被害概況ならびに本調査による強震計の観測記録から読みとった若穂町、長野市における三方向の最大加速度が示されている。

表-2 主な松代群発地震の概況（震度4以上）

(震害の分布による最大加速度 (g))													
No.	発 生 時 分	震 度	マニ ス テ ラ	震 源 深 度 (km)	震 源 方 向	震 害 概 況	SMAOの強震計による最大加速度 (g)						備 考
							40年12月8日初発地震						
							NW -SE	U-D	NE -SW	N-S	U-D	E-W	
1	40.11.42.3.45	4	3	4.1	4.2	松代町北西							
2	" 5.10.7	4	2	3.8	3.6	松代町北西							
3	" 13.23.14	4	3	4.2	4.1	"							
4	" 21.3.30	4	3	4.1	4.2	"							
5	" 22.21.9	4	3	4.4	4.0	"							
6	" 22.22.30	4	4	4.3	4.5	松代町西							
7	" 23.2.57	4	4	4.5	4.5	"							
8	" 24.14.13	4	3	4.1	4.0	"							
9	" 12.9.23.11	4	2	4.0	3.8	"							
10	" 18.13.43	4	3	4.0	3.9	"							
11	41.1.3.3.59	4	3	4.1	4.2	"							
12	" 8.22.34	4	3	4.6	4.4	"							
13	" 23.20.16	5	4	5.0	4.6	松代町南西							
14	" 2.7.4.5	5	3	4.4	4.4	"							
15	" 12.4.5	4	3	4.1	3.8	松代町南西							
16	" 3.8.19.28	4	3	4.0	4.0	"							
17	" 10.7.3	4	3	4.3	4.2	"							
18	" 4.1.5.25	4	4	4.2	4.7	松代町北							
19	" 5.17.51	4	5	4.8	5.1	松代町北							
20	" 11.4.57	4	3	4.1	4.0	松代町北							
21	" 11.4.58	4	3	4.0	4.0	"							
22	" 11.5.6	5	3	4.5	4.6	"							
23	" 14.9.9	4	3	4.0	4.1	松代町北							
24	" 16.9.7	4	3	3.9	3.9	松代町北							
25	" 16.15.6	4	3	3.9	4.0	"							
26	" 17.10.21	5	4	4.3	4.8	松代町北							
27	" 17.10.22	4	3	3.9	4.1	"							
28	" 17.15.46	5	3	4.3	4.7	松代町北							
29	" 17.20.1	4	3	3.8	3.5	"							
30	" 17.20.5	4	2	3.8	3.5	"							
31	" 17.20.28	5	3	4.1	4.7	松代町北							
32	" 28.14.38	4	2	3.9	3.5	"							
33	" 5.2.0.44	4	4	4.0	4.5	松代町北							
34	" 2.0.45	4	4	3.9	4.3	"							
35	" 4.10.48	4	4	4.1	4.4	松代町北							
36	" 6.19.8	4	4	4.3	4.7	松代町北							
37	" 19.21.51	4	3	4.2	4.2	松代町北							
38	" 20.9.30	4	4	4.2	4.8	松代町北							
39	" 22.17.27	4	3	4.0	4.1	松代町北							
40	" 25.5.57	4	3	4.4	4.3	松代町北							
41	" 27.22.3	4	4	4.0	4.0	松代町北							
42	" 28.14.21	5	4	4.6	5.2	松代町北							
43	" 6.11.12.5	3	4	4.4	4.4	松代町北							
44	" 12.9.43	4	4	4.5	4.5	松代町北							
45	" 21.22.3	3	4	4.5	4.5	松代町北							
46	" 26.16.34	3	4	4.6	4.6	松代町北							
47	" 7.10.15.43	4	4	4.4	4.4	松代町北							
48	" 8.3.3.48	4	4	5.0	4.7	松代町北							
49	" 8.9.37	3	4	4.7	4.7	松代町北							
50	" 11.4.5	3	3	3.7	3.7	松代町北							
51	" 16.18.43	4	2	3.9	3.9	松代町北							
52	" 20.19.50	4	4	4.6	4.6	松代町北							
53	" 20.19.50	4	4	4.6	4.6	松代町北							
54	" 25.12.9	4	4	5.1	5.1	松代町北							
55	" 29.00.35	4	4	4.8	4.8	松代町北							
56	" 31.13.37	4	2	4.6	4.6	松代町北							
57	" 5.6.3.37	4	4	4.6	4.6	松代町北							
58	" 7.23.18	4	2	4.0	4.0	松代町北							
59	" 14.10.14	4	4	4.9	4.9	松代町北							
60	" 27.04.03	4	3	4.5	4.5	松代町北							
61	" 10.13.6.01	3	4	4.5	4.5	松代町北							
62	" 19.00.04	3	4	4.9	4.9	松代町北							
63	" 26.03.04	3	4	5.1	5.1	松代町北							
64	" 12.1.19.36	2	3	3.7	3.7	松代町北							

2. 強震観測調査の概要

2.1 調査体制

現地における地震の観測業務は関東地方建設局長野国道工事事務所が担当している。また得られた記録の整理・解析・刊行等の業務は土木研究所が担当している。

2.2 強震計設置位置

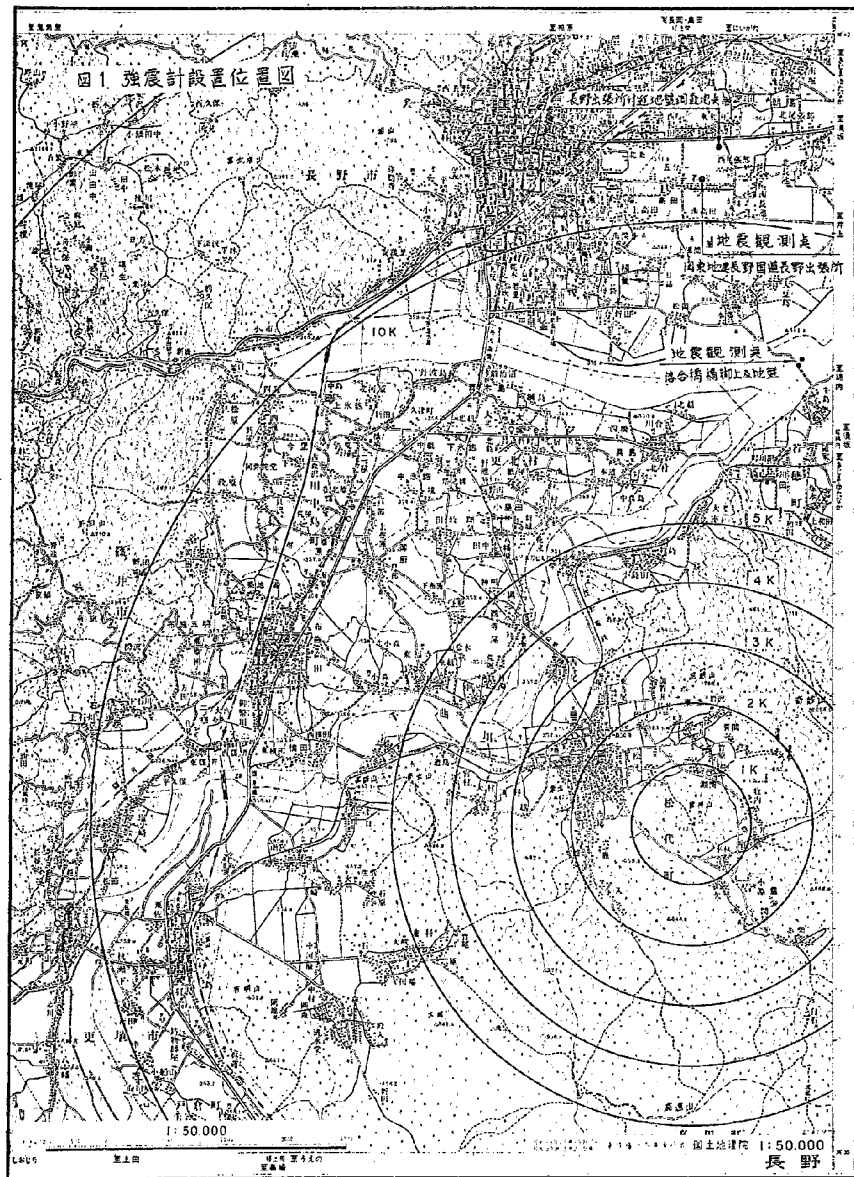
強震計の設置位置は

- (A) 長野県上高井郡若穂町、落合橋 11 号橋脚上
- (B) 同橋脚近傍地盤（河床）
- (C) 長野市西和田町、長野国道工事事務所長野出張所構内地盤

の 3 箇所である。これらの地理的關係を図 1 に示しておく。この強震計はたがい直交する三方向の振動加速度を測定することができるが、振子の方向は A), B) の観測点では落合橋の橋軸方向（ほぼ NW—SE 方向）、橋軸直角方向（ほぼ NE—SW 方向）および鉛直方向（U—D 方向）であり、C) 観測点では南北方向（N—S 方向）、東西方向（E—W 方向）および鉛直方向（U—D 方向）である。

(A), (B) 観測点の方向は、橋梁の主軸方向に合致させたため、通常地震観測のさいの方向である東西、南北の方向とは異なっている。

落合橋は千曲川・犀川の合流点附近にあり、松代町皆神山から、北へほど 8 km の地点にあり、この地点の土質はかなり大粒の砂礫からなり、一方土質調査結果については次節参照）かなり良好な地盤（標準貫入試験の N 値 20～35）である。(C) 長野出張所は長野駅から東へ 3 km、松代町皆神山から北へほど 1.1 km の地点にあり、土質は深さ 1.5 m 程度までは砂礫をわずかに含んでいるが、シルトが主体であり、N 値は 20 以下で、上記の落合橋地点に比べかなり軟弱な地盤といえる。図 2 に長野出張所附近（図 1 参照）での地盤調査結果を示しておく。



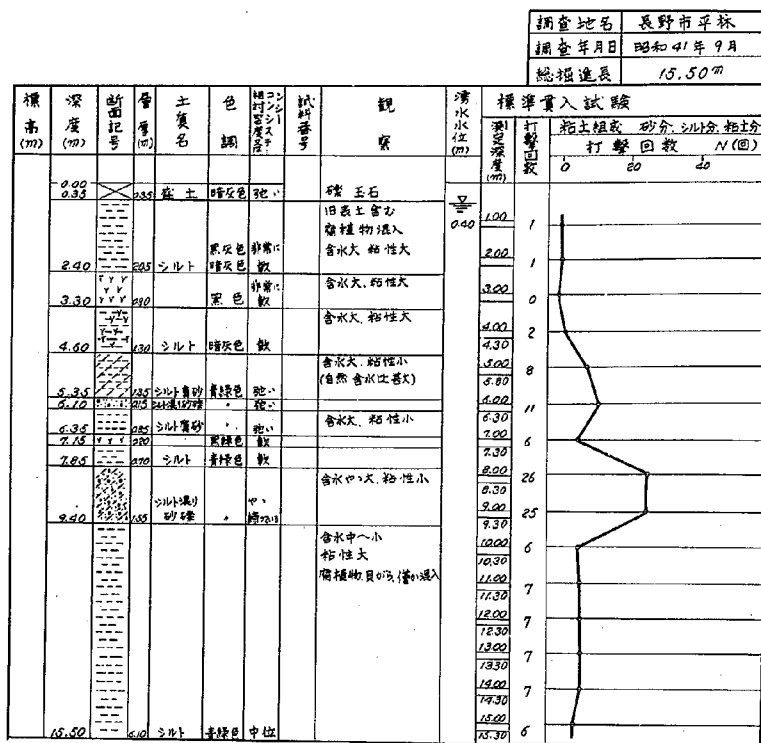
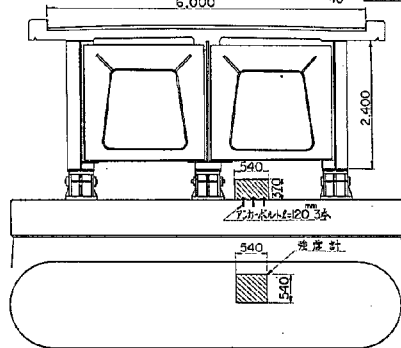
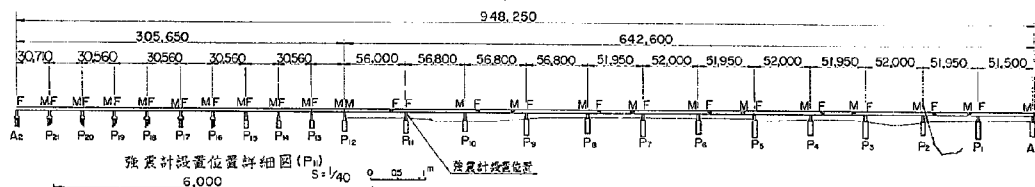
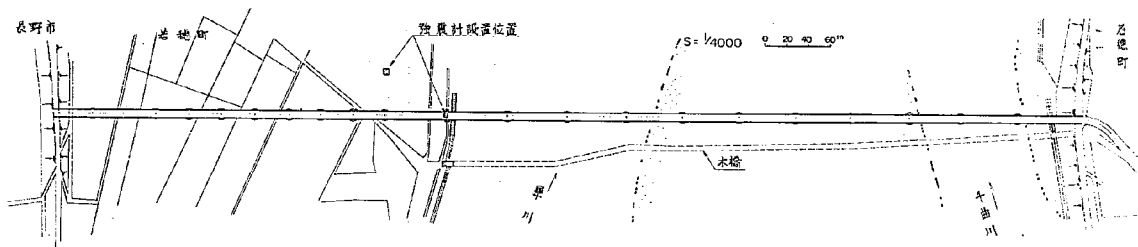


図 2 長野出張所付近地盤調査結果

2.3 落合橋の概要

強震観測を実施中の落合橋は長野県主要地方道長野一宮平線にあり、長野市一若穂町間の千曲川と犀川との合流点に最近完成したばかりの道路橋である。

本橋の概要を表3に、概略一般図を図3に示す。この一般図に示したとおり、強震計の詳細位置は、11号橋脚（固定橋脚）の天端中央附近および12号橋脚から約20m下流の河床地表面である。



橋梁工事概要表	
1. 架設位置	上高井郡石穂町
2. 路線名	長野～管平線 (主線地内線)
3. 橋長	948.25 中 60m (一等橋)
構造様式	上部工 (ケルバガーダー (12連) 単純桁 (10連)) 下部工 (鉄筋コンクリート中橋基礎橋脚-1基 . . . 橋台-1基 . . . 杭基礎橋台-1基 . . . 橋脚-6基)

P1の最大反力 387.38 ton (死荷重)

図-3 落合橋一般図
長野県須坂建設事務所の設計図による

表 3 落合橋の概要

管 轄	長野県土木部
位 置	長野県上高井郡若穂町
路 線 名	主要地方道、長野一宮平線
橋 長	948.25 m
幅 員	6.0 m
橋 格	一等橋
上 部 構 造	ゲルバーガーダー 12 連 単純プレートガーダー 10 連
下 部 構 造	井筒基礎橋脚 15 基 コンクリート杭基礎橋脚 6 基 井筒基礎橋台 1 基 コンクリート杭基礎橋台 1 基
工 期	自 昭和 34 年 4 月 至 昭和 41 年 12 月 完成予定
下 部 構 造 設計 展 度	水平 0.2

11号橋脚の構造概要図

およびこの地点の地盤調査結果を図4および図5に示す。但しこの地盤調査は17号橋脚近傍で実施されたものである。11号橋脚附近の状況もこれとほぼ同じである事が判っている。

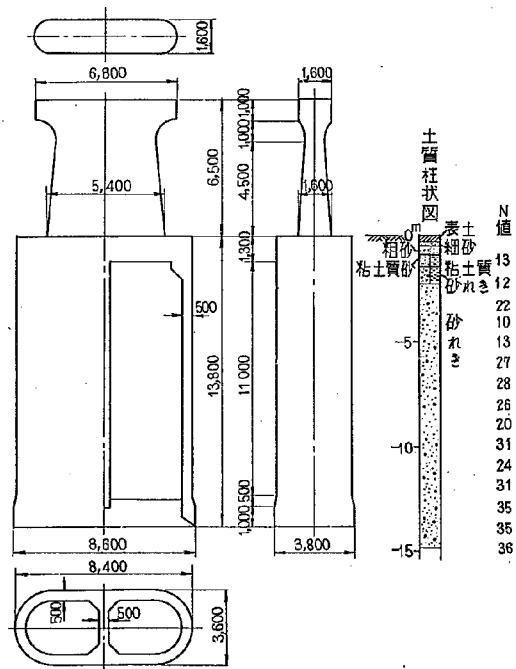
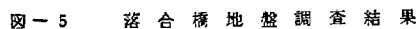


図 4 落合橋 11号橋脚構造図

使用機械名小川式SK150型 現場主任技術者 寺田 実



2.4 強震計の仕様

設置した強震計の器種は明石製作所製のSMAC-B2型加速度計であり、その仕様を表4に示す。

表4 SMAC-B2型強震計仕様

部 名	方 式 お よ び 摘 要	
	3 成 分 型 加 速 度 計	
振 子	固有周期 感 度 減 衰 度 記 録 範 囲 幾 何 倍 率	0.14 sec 記録紙上 125 gal/mm 臨 界 減 衰 6 gal ~ 500 gal 16 倍
記 録 装 置	記 録 紙 送 り 速 度 記 録 ペ ン	スタイラスペーパー 10mm/sec サファイアーペン
起 動 器	手捲ゼンマイ式、ガバナー調速	
機 械 的 ス タ ー タ ー	運 転 時 間	1動作約3min 5回動作
	感 度	水平, 100gal
電 氣 的 ス タ ー タ ー	上 下 成 分 型 地 震 計	
	固有周期 感 度 付 帯 装 置	0.3 sec 5 gal 感度調整装置・自動接点 間隙調整装置
刻 時 電 接 時 計 準 備 点 検 装 置 電 源 ケ ー ス 形状寸法および重量	天府式 刻時時間 1 sec パイロットランプおよびブザーで点検指示 乾電池 4個・平角5号(FM-5) ア ル ミ 合 金 鋳 物 幅 540mm×長 540mm×高 370mm 重量約 100 kg	
周 波 数 特 性		

この強震計は比較的小さい地震は記録せず、5 gal以上の上下動加速度（おゝむね震度Ⅲ程度以上）を感じると自動スターターが働き自動的に作動し始め、地震動の振動加速度（水平2成分、鉛直1成分）を3分間記録するものである。

本器の固有周期は0.14秒と加速度計としてはやゝ長くなっている。減衰定数 h は1となっており、周波数特性は、表4に示すようになる。これから判るように、周期の短い振動に対しては、小さめの加速度を記録する。

本器による観測は勿論無人で行うが、観測員は2～3日毎に記録紙（1本で7回の地震までとれる）の交換およびたまに電池の交換を行う必要がある。本器では記録が得られた時刻（即ち地震発生時刻）は何ら記録されない。稀にしか地震が発生しない場合には、気象庁の資料により充分発生時刻はつかめるが、松代群発地震のようにかなり大きい地震が短時間のうちに頻発すると、気象庁の発表による地震の発生時刻と正確に対応させることがかなりむづかしくなる。今回の観測の場合、比較的発生回数の少い震度Ⅳ以上の地震については、ほぼ対応がついたが震度Ⅲ以下の地震については、ほとんど対応がつかず、個々の記録の正確な地震発生時刻は判明していない。

3. 観測結果の一次解析

3.1 観測記録の概況および一次解析

観測を開始した昭和40年12月8日から、約1年後の昭和41年12月5日までの間に3台の強震計の観測網にとらえた地震の総回数は409回であり、(A)落合橋橋脚上で327データ (B)若穂町(落合橋近傍河床)地盤で203データ (C)長野市地盤で97データ、合計627データの記録が得られた。

これらの記録には、その最大加速度が100gal以上のものが27データ、さらに200gal以上のものが6データ含まれている。

これらの記録の中から、比較的加速度が大きい22回の地震について簡単な一次解析を施した。即ち、22回の地震によって、3地点で得られた記録57データについて各成分方向の最大加速度と周期の関係(こゝでいう周期は最大加速度附近のもの)および周期-頻度曲線を求めた。表5は最大加速度と周期の関係を示したものであるが、ここでは最大加速度は感度の周期による補正を行わずに求めており、また周期は表5の下注に示した如く加速度が最大値を示すときのものである。これらより、次節以下のように整理することができる。

3.2 地盤動の記録

若穂町落合橋および長野市の2個所の地盤における記録から得られた各成分の最大加速度と周期の関係(表5)をプロットして、図6および図7に示す。水平動に対する鉛直動の加速度の比を図8に示す。また両観測点での記録から求めた各成分方向の平均的な周期-頻度曲線を図9および図10に示す。これらの図から次の事が判る。

- 1) 落合橋地盤における水平動の周期は大部分が0.1~0.25秒の間にあり、かなり短周期であるといえる。加速度が大きい程、やゝ周期は長びくという傾向がみられ、水平加速度が150gal以上の場合の周期は0.22~0.32秒と他に比して、長くなっている。鉛直

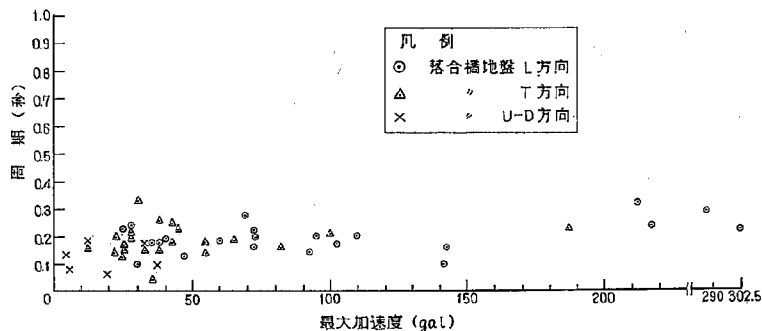
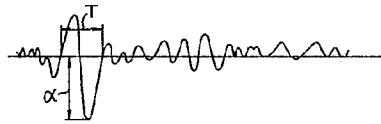


図6 落合橋地盤の最大加速度と周期の関係

表 5 主な地震記録の最大加速度 α (gal) と周期 T (sec)

地震 No.	地震発生時刻		震 度		地点	A) 落合橋橋脚上			B) 落合橋地盤			C) 長野出張所地盤		
	年 月 日	時 分	松代	長野	方向	Long	U-D	Trans	Long	U-D	Trans	E-W	U-D	N-S
8	41. 1. 3	03.29	N	III	α	40.0	7.5	25.0	27.5	10.0	27.5			
					T	0.33	—	0.38	0.24	—	0.22			
13	41. 1. 23	20.16	V	N	α	55.0	11.3	22.5	47.5	12.5	23.8	13.8	6.3	23.8
					T	0.27	—	0.35	0.13	—	0.13	0.48	—	0.48
15	41. 2. 7	04.05	III	III	α	48.8	25.0	25.0	37.5	28.8	25.0			
					T	0.38	—	0.37	0.18	—	0.16			
17	41. 2. 12	04.05	N	III	α	43.8	7.5	22.5	60.0	3.8	37.5			
					T	0.39	0.10	0.16	0.18	—	0.15			
44	41. 3. 30	14.35	III	III	α	50.0	15.3	35.0	92.5	27.5	55.0	67.5	20.0	56.3
					T	0.30	—	0.13	0.14	—	0.14	—	—	—
47	41. 4. 1	05.25	N	N	α	117.5	35.0	22.5	217.5	32.5	42.5	75.0	28.8	93.8
					T	0.38	0.34	0.38	0.24	0.18	0.18	0.14	—	0.32
61	41. 4. 5	17.51	N	V	α	190.0	42.5	147.5	212.5	45.0	187.5	142.5	32.5	225.0
					T	0.50	0.35	0.21	0.32	—	0.23	0.68	0.50	0.60
62	41. 4. 5	17.52			α	51.3	10.0	20.0	30.0	6.3	22.5	15.0	5.0	25.0
					T	0.34	—	0.32	0.14	0.08	0.14	0.28	—	0.31
93	41. 4. 17	10.21	V	N	α	145.0	37.5	45.0	302.5	42.5	45.0	62.5	27.5	125.0
					T	—	—	—	0.22	—	0.23	0.26	—	0.38
128	41. 4. 30	~			α				141.3	25.0	35.0	41.3	—	62.5
	41. 5. 1				T				0.10	—	0.04	—	—	—
129	41. 4. 30	~			α				95.0	25.0	55.0	35.0	—	48.8
	41. 5. 1				T				0.20	—	0.18	0.09	—	0.30
130	41. 4. 30	~			α				72.5	11.3	12.5			
	41. 5. 1				T				0.20	—	0.16			
144	41. 5. 6	19.08	N	IV	α	100.0	25.0	52.5	70.0	37.5	65.0	32.5	12.5	42.5
					T	0.37	0.21	0.38	0.28	0.10	0.19	0.54	0.17	0.48
181	41. 5. 20	09.30	N	N	α				200.0	40.0	82.5	97.5	35.0	92.5
					T				0.29	—	0.16	0.48	—	0.44
192	41. 5. 26	~			α	80.0	20.0	17.5	72.5	27.5	32.5			
	41. 5. 28				T	0.38	—	0.16	0.22	—	0.15			
197	41. 5. 28	14.21	V	N	α	107.5	30.0	22.5	102.5	27.5	37.5	50.0	12.5	70.0
					T	0.38	0.17	0.10	0.17	—	0.26	0.45	0.16	0.53
213	41. 6. 6	~			α	70.0	15.0	22.5	72.5	30.0	30.0	37.5	25.0	22.5
	41. 6. 9				T	0.41	0.16	0.35	0.16	—	0.33	0.22	—	0.25
218	41. 6. 9	~			α	70.0	20.0	17.5	142.5	12.5	25.0	30.0	7.5	22.5
	41. 6. 11				T	0.36	0.18	0.15	0.16	0.18	0.17	—	—	—
224	41. 6. 11	12.05	III	N	α	105.0	22.5	32.5	110.0	30.0	42.5	72.5	17.5	57.5
					T	0.42	0.26	0.09	0.20	—	0.25	0.20	0.25	0.15
226	41. 6. 12	09.43	N	N	α	47.5	7.5	20.0	25.0	17.5	22.5	20.0	10.0	25.0
					T	0.33	0.22	0.37	0.23	—	0.20	0.45	—	0.46
241	41. 6. 21	22.05	III	N	α	62.5	15.0	62.5	70.0	20.0	100.0	75.0	15.0	70.0
					T	0.36	0.27	0.26	0.19	0.07	0.21	0.40	0.46	0.40
242	41. 6. 20	~			α	57.5	5.0	20.0	35.0	5.0	27.5	17.5	5.0	22.5
	41. 6. 22				T	0.32	0.36	0.17	0.18	0.13	0.19	0.42	0.16	0.51

注 1. 周期の求め方



T: 最大加速度の振幅とその左右で大きい方の振幅を含む軸での周期。

注 2. 震度の欄でブランクは III 以下である。

注 3. Long は橋軸方向 (ほぼ NW-SE 方向), Trans は橋軸直角方向 (ほぼ NE-SW 方向) である。

注 4. 加速度の算出は、振動周期による感度の補正を行っていない。

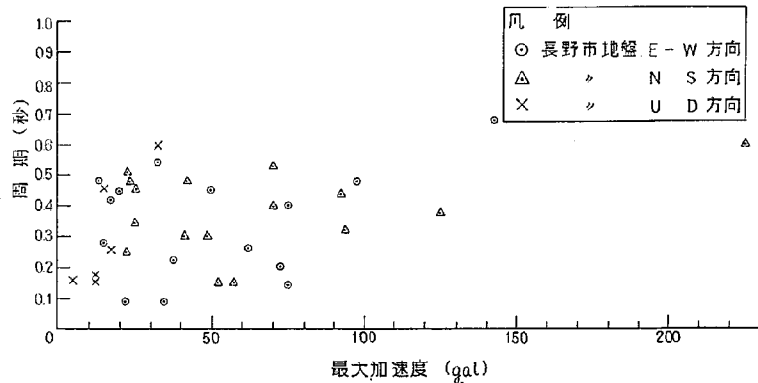


図-7 長野市地盤の最大加速度と周期の関係

動の周期はさらに短かくおゝむね、0.07～0.18 秒の間にある。(図6および図9)

- 2) 長野市内における周期は0.09～0.7秒の間にあり短いものからかなり長いものまでが含まれている。こゝでも落合橋地盤における場合と同様に加速度が大きくなると周期が長くなる傾向がみられ、加速度が100gal以上の場合は周期は0.4～0.7 秒と、他に比してかなり長くなっている。(図7および図10)
- 3) 鉛直動加速度の記録振幅は水平動のそれに比較して小さく、その比 r は0.1～0.8の間にあり、おゝむね0.2～0.4程度である。水平動加速度が大きく、200gal以上の場合、 r は0.2以下となり非常に小さい。しかし鉛直動の周期は水平動のそれに比してやや短いから、計器の感度がより低下していることが予想されるので、実際の r の値は図8に示されるものより幾分大きくなることが考えられる。

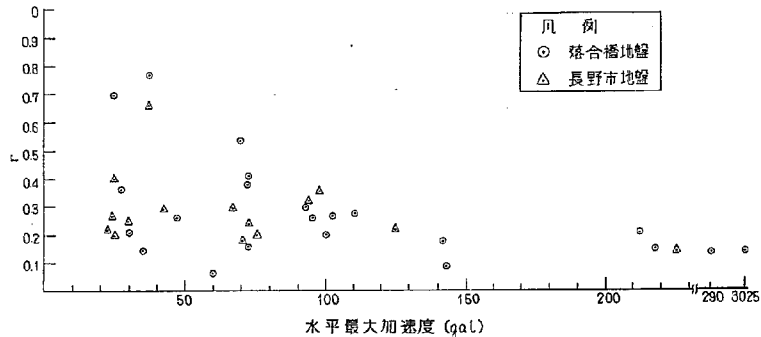


図-8 r =鉛直最大加速度/水平最大加速度

落合橋地盤 (B) での平均

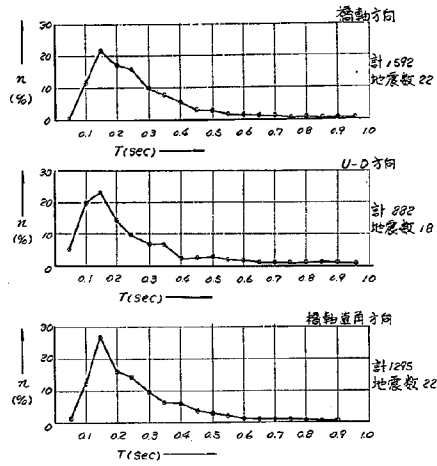


図-9 周期-頻度曲線
(B)落合橋地盤での平均

長野国道長野出張所
構内地盤 (C) での平均

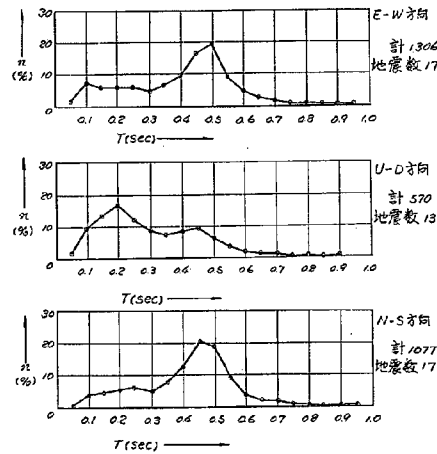


図-10 周期-頻度曲線
(C)長野市地盤での平均

3.3 落合橋橋脚上での記録

落合橋橋脚上における記録から得られた最大加速度と周期の関係をプロットして図 11 に示す。また、この記録から求めた平均的な周期-頻度曲線を図 12 に示す。原波形記録およびこれらの図から次の事が判る。

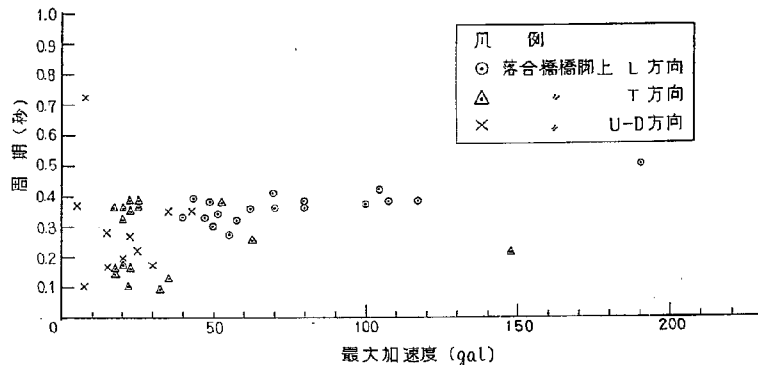


図-11 落合橋橋脚上の最大加速度と周期の関係

落合橋橋脚上(A)の平均

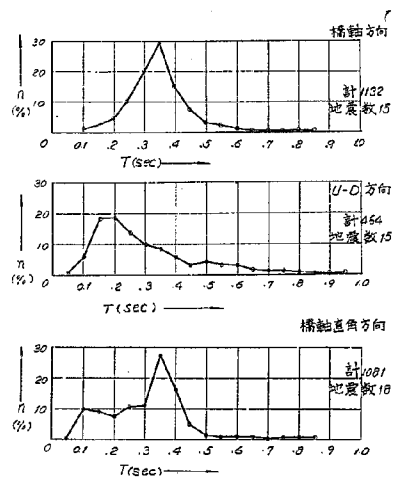


図-12 周期-頻度曲線
(A)落合橋橋脚での平均)

- 1) 橋脚上における記録波形は地盤におけるそれに比べかなり規則的である。特に橋軸方向のそれは正弦波に近い波形がかなり多くみられる。
- 2) 橋軸方向 (L 方向) の振動の周期は大部分 0.3 ~ 0.4 秒の間にあり、平均すると約

0.35秒となる。おそらくこれはこの構造物がもつ固有周期であろう。概略計算によって、本橋の固有周期を求めたところ、地盤の横方向の地盤反力係数を標準貫入試験のN値から推定して $2 \sim 4 \text{ kg/cm}^2$ と仮定すると $0.45 \sim 0.3$ 秒という固有周期が得られた。これから本橋梁の橋軸方向の固有周期は 0.35 秒程度であると推定される。従って地盤動の周期と余り関係なく、本橋はある特定の固有周期をもって振動している訳である。

しかしここでもまた加速度がかなり大きくなると周期は長びく傾向がみられる。例えば、地盤動の最大加速度が 212.5 gal で周期が 0.32 秒のとき、橋脚上では最大加速度 190 gal 、周期 0.5 秒となっており、その他に比べてかなり長くなっている。

3) 次に橋軸直角方向 (T 方向) と鉛直方向 (U-D 方向) の周期は $0.1 \sim 0.4$ 秒の間にあり、橋軸方向の周期に近いものと地盤動の周期に近いものとに分けられる。両方向ともいわゆる固有周期らしきものは現われていない模様である。

3.4 落合橋の加速度応答

次に同一の地震について落合橋地盤での加速度に対する落合橋橋脚上での加速度の大きさについて調べてみよう。

橋軸方向 (L 方向)、および橋軸直角方向 (T 方向) について次のように整理した。図 13, 14 は横軸に、橋軸方向の地盤の最大加速度 α_o (gal) をとり、縦軸に同方向の橋脚上の最大加速度 α_r (gal) をとってプロットしたものである。最小二乗法によってこれらを式化すると、

$$\text{橋軸方向 (L 方向) について: } \alpha_{rL} = 7.22 \alpha_{oL}^{0.533}$$

$$\text{橋軸直角方向 (T 方向) について: } \alpha_{rT} = 1.22 \alpha_{oT}^{0.883}$$

なる関係が得られた。次に横軸は同様にとり、縦軸として加速度倍率 $\beta = \alpha_r / \alpha_o$ をとってプロットしたのが図 14 および 15 である。これらの関係は

$$\text{橋軸方向 (L 方向) について: } \beta_L = 7.22 \alpha_{oL}^{-0.467}$$

$$\text{橋軸直角方向 (T 方向) について: } \beta_T = 1.22 \alpha_{oT}^{-0.117}$$

なる式で近似的に表わされる。次に橋軸方向について横軸に地盤の周期 (加速度が最大値をとるときのもの) をとり、縦軸に加速度倍率 $\beta_L (= \alpha_{rL} / \alpha_{oL})$ をとってプロットしたものを図 17 に示す。この図は共振曲線に類似するものといえよう。この図では地盤の最大加速度の大きさによって 3 種類に分類して点をプロットしてある。

これら 5 枚の図から以下の事が言える。

1) 橋軸方向についての地盤の最大加速度 α_{oL} に対する落合橋の加速度倍率 β_L の関係をみると、 α_{oL} が小さい範囲 (50 gal 程度以下) では、 β_L は 1 より大きく、最大 2.11

である。 α_{GL} が大きくなるに従って β は小さくなり100gal程度以上になると、 β_L は1以下となっている。加速度倍率が地震の強さによってこのような変化を示すということは、本橋の非線型的な挙動を物語るものとして注目値する。

- 2) 橋軸直角方向に関しては 1) の場合ほどはっきりしてはいないが、同様に地盤加速度が大きいく程、加速度倍率 β_T は小さくなる傾向はみられる。

この場合は増巾は余りみられなく β_T は1前後が多い。

- 3) 次に橋軸方向について地盤動の周期 T_{GL} と β の関係をみると地盤の最大加速度の大きさが同程度の場合(すなわち図17における同じグループのもの)については、 T_{GL} の周期が長い程 β_L は大きくなっている。これは、本橋の橋軸方向の固有周期が0.35秒程度と推定されるので、地盤の周期が固有周期に近づく程 β は大きくなっているということとを意味しているといえよう。しかし β の変化のしかたは、周期の変化に対するより、加速度の大きさに対する方が大きい。すなわち本橋の地震応答に関しては非線型性がかなりははっきりと現われているといえることができる。

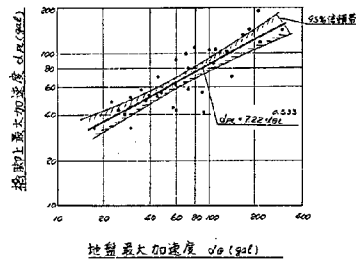


図-13 落合橋の地盤と橋脚上における最大加速度の比較(橋軸方向)

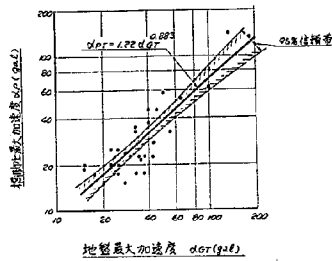


図-14 落合橋の地盤と橋脚上における最大加速度の比較(橋軸直角方向)

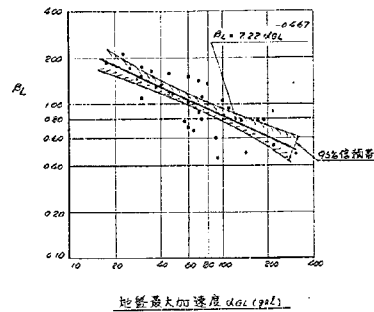


図-15 落合橋の加速度倍率
(橋軸方向)

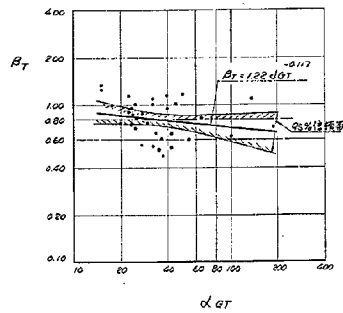


図-16 落合橋の加速度倍率
(橋軸直角方向)

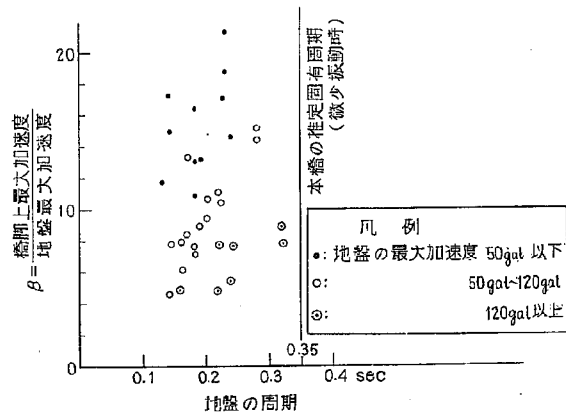


図-17 地盤動の周期と加速度増巾比の関係
(橋軸方向)

4. 松代地震による応答スペクトル解析

4.1 地震波形記録のデジタル化

地震応答の詳細な解析を行うためには、アナログ量である原波形記録から時々刻々の加速度値を読みとって地震をデジタル量として求める必要がある。この目的のために表 6 に示す主要な松代地震 96 成分がデジタル化されている。

このデジタル量を入力として、次節以下に示す地震応答解析を実施した。

表 6 デジタル化されているデータの一覧表(96 成分)

(○印:デジタル量あり)

地震 No.	発生 年月日時分	気象庁観測		A) 落合橋橋脚上				B) 落合橋地盤				C) 長野出張所地盤				備考	
		松代	長野	Data	時間 (sec)	L	U D	T	Data	時間	L	U D	T	Data	時間	E W	U N D
8	41. 1. 3. 3:59	N	III	A 8	15	○	○	○	B 1	10	○	○	○	—	—	—	—
10	41. 1. 8. 22:34	N	III	A 10	15	○	○	○	B 2	10	○	○	○	—	—	—	—
11	41. 1.15. 1:21	II	III	A 11	10	○	○	○	B 3	10	○	○	○	C 1	10	○	○
13	41. 1.23. 20:16	V	IV	A 13	30	○	○	○	B 4	10	○	○	○	C 2	30	○	○
15	41. 2. 7. 4: 5	V	III	A 15	15	○	○	○	B 5	10	○	○	○	—	—	—	—
16	41. 2.11. 01:15	III	III	A 16	10	○	—	○	B 6	10	○	—	○	—	—	—	—
17	41. 2.12. 04:05	N	III	A 17	8	○	—	○	B 7	8	○	—	○	—	—	—	—
44	41. 3.30. 14:35	III	III	A 43	10	○	—	○	B10	10	○	—	○	C 3	—	—	—
47	41. 4. 1. 05:25	N	IV	A 46	12	○	○	○	B11	12	○	○	○	C 4	18	○	○
61	41. 4. 5.17:51	N	V	A 56	20	○	○	○	B18	20	○	○	○	C 7	25	○	○
62	41. 4. 5.17:52			A 57	10	○	—	○	B19	8	○	—	○	C 8	8	○	—
93	41. 4. 7.10:21	V	IV	A 81	—	—	—	—	B33	15	○	—	○	C13	18	○	—
129	41. 5. 2.00:44	N	IV	A123	15	○	○	○	B40	10	○	○	○	C23	15	○	—
144	41. 5. 6.19:08	N	IV	A123	15	○	○	○	B49	10	○	○	○	C30	20	○	○
181	41. 5.20. 09:30	N	IV	—	—	—	—	—	B63	15	○	—	○	C37	20	○	—
197	41. 5.28. 14:21	V	IV	A169	20	○	—	○	B74	20	○	—	○	C46	—	—	—

4.2 線型系(弾性系)の応答スペクトル解析

1 自由度線型系に関して松代地震による応答解析を実施し応答スペクトル曲線を求めた(この方法については、文献 1) ないしは 2) を参照されたい。) 解析結果の一部を図 18~21 に示してある。横軸は系の固有周期 T (sec), 縦軸は実線が加速度倍率 β (正確には

(脚注) 1) 高田・大久保・栗林:「橋梁の耐震設計に関する研究—地震応答スペクトル・1964」
土木研究所報告第 128 号(S 41. 4)

2) 栗林・岩崎・小山田:「構造物の地震応答解析法②」土木研究資料 Vol. 8, No. 12 (S 41.12)

図-18 線型応答スペクトル

61-D-18L

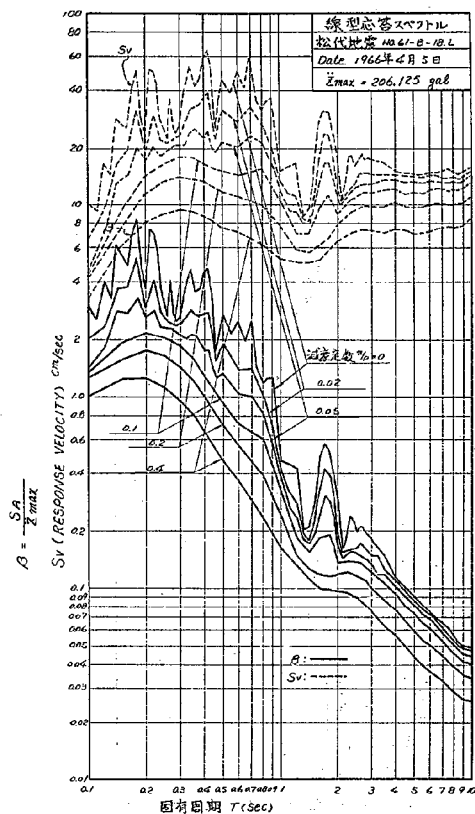


図-19 線型応答スペクトル

62-B-19L

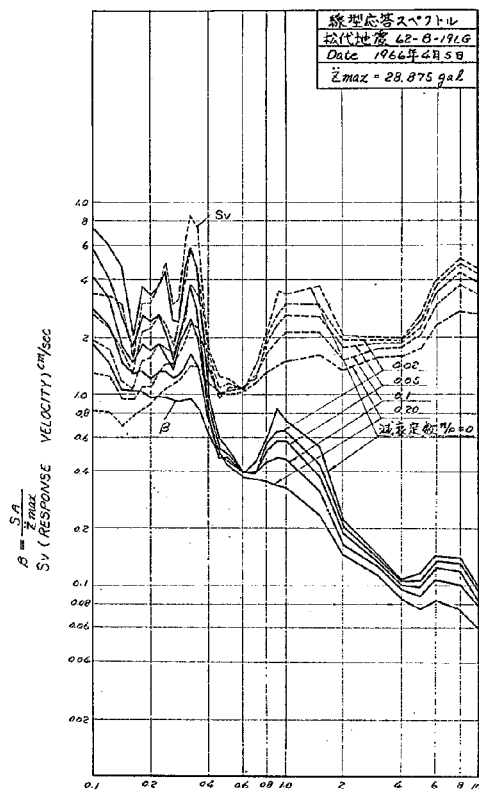


図-20 線型応答スペクトル

61-C-7NS

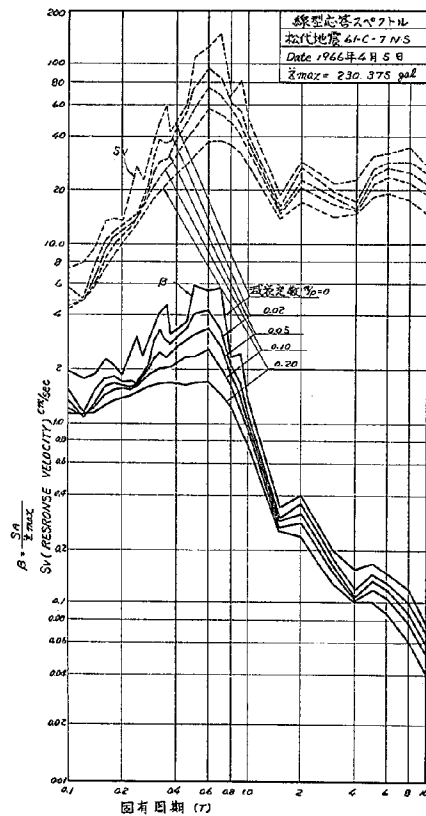
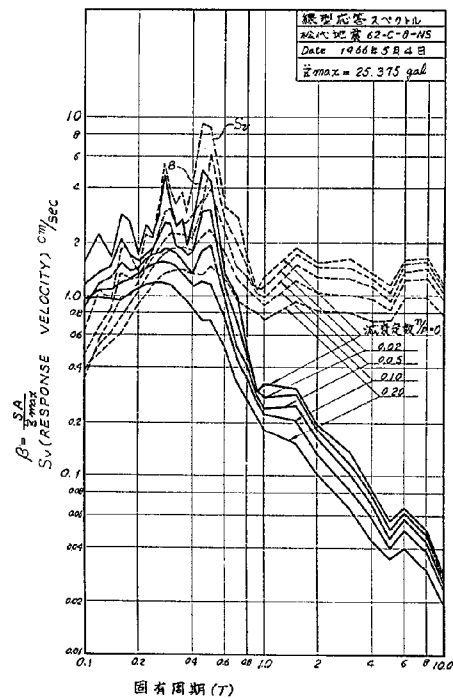


図-21 線型応答スペクトル

62-C-8NS



復元力比), 点線が応答速度 S_v (cm/sec) であり, 減衰定数 h をパラメータにとっている。図 18, 19 は共に落合橋地盤における水平動の記録についての解析結果であり前者は比較的大地震であり, 後者はやや小さい地震である。また図 20, 21 は共に長野市内における水平動の記録のスペクトル曲線である。

一連の線型スペクトル解析を実施した結果, 大略次のことがいえる。

- 1) 落合橋地盤の β -スペクトル (加速度倍率のスペクトル) は, かなり短周期でピークを示し, 比較的弱い地震の場合 (最大加速度が数 10gal 程度) には, 周期 0.1 秒以下にピークが起る。かなりの強震の場合 (200gal 程度) でも, 周期 0.2 秒程度にピークが起る。過去に我国で得られた数多くの地震記録のスペクトルと比較して, ピークを示す周期がかなり短いといえる。

一方計算による加速度倍率と実測による加速度倍率とを比較すると, 比較的弱い地震の場合は, ある程度一致するといえるが, 強震の場合は, 実測の方がかなり小さい。

- 2) 長野市地盤の β -スペクトルは, 落合橋地盤のそれとは同一の地震についても担当様相が異なる。スペクトルのピークを示す周期はかなり長く 0.5~0.7 秒程度になっている。同一の地震について比較的近距离 (約 3 Km) にある異種の地盤における記録から求めたスペクトルに, これ程大きな差が現われるということは, 注目に値する。

- 3) 落合橋橋脚上での記録のスペクトルを試みに求めた結果, 地盤動のそれとはかなり様相が異なることが判った。すなわち, 橋脚上の β -スペクトルは, ある特定の周期 (構造物の固有周期) で大きなピークが表われる。この周期から多少ともはずれると β はかなり急激に低下する。

しかし強震時には, 上記とはまた様子が異なり, ピークの山が激しくなくなり, 比較的フラットがスペクトル曲線となる模様である。

4.3 非線型系 (bi-linear 系) の応答スペクトル

復元力形式を bi-linear と仮定した 1 自由度の非線型系についての応答解析を実施し, スペクトル曲線を求めた (この方法については P. 20 の文献 2) を参照)。解析結果の一部を図 22~25 に示す。横軸は系の初期の固有周期 T (sec), 縦軸は復元力比 β であり, 減衰定数 h , 弾性限界係数 r , および弾塑性傾斜率 η の 3 者がパラメーターである。ここに r と η の定義は次の通りである。

$$r' = \frac{kx_r}{mZ_{\max}} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \frac{x_r}{a}$$

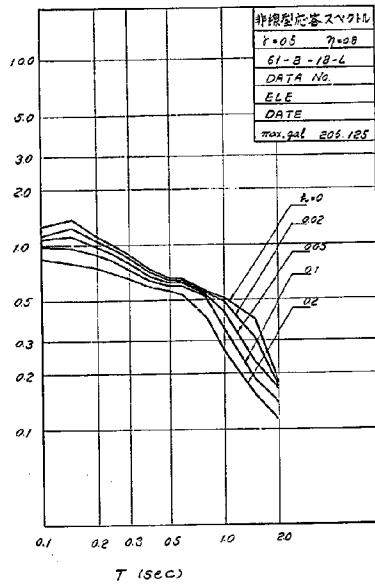
但し x_r : 今考えている系の降伏変位

α : 今考えている地震動の最大加速度 (gal)

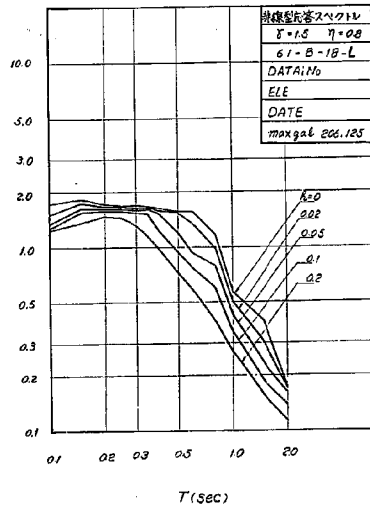
また η は復元力曲線 (変形 x を横軸に、復元力 F を縦軸にとった曲線) の skeleton の初期の勾配に対する降伏後の勾配の関係を表わすパラメーターであり、初期の勾配を k とすると降伏後の勾配は $k(1-\eta)$ で表わされる。従って $\eta = 0$ ならこの系は完全弾性系となり、 $\eta = 1$ なら、完全塑性系となる。通常は $\eta = 0 \sim 1$ 間の適当な値をもたせる。

落合橋地盤での記録を入力として一連の非線型応答解析を実施した結果、大略次のことがいえる。

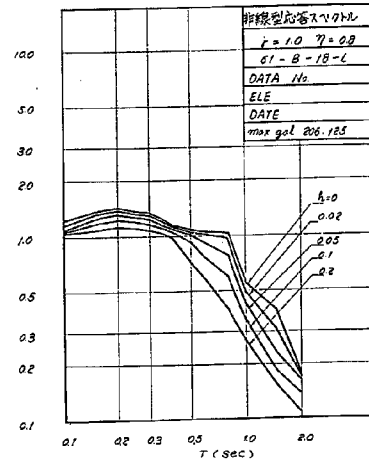
- (1) 応答加速度および復元力は非線型を考慮すると、かなり低下する。この傾向は特に短周期の構造物において著しい。
- (2) 減衰の大きさの差による応答の差は、線型の場合に比してかなり小さい。即ち非線型を考慮すると減衰の効果が比較的小さくなる。
- (3) 強震時の加速度倍率は、弱震時のそれに比して低下し、実測結果をある程度よく説明できる。
- (4) 応答変位は線型系に比してやゝ大きくなる場合があり、周期は長びく。又この解析においては当然のことながら、永久変形が残る結果となる。



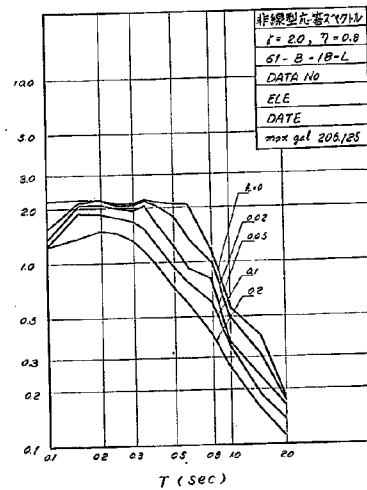
図—22 非線型応答スペクトル (その1)
61-B-18-L $r = 0.5$ $\eta = 0.8$



図—24 非線型応答スペクトル (その3)
61-B-18-L $r = 1.5$ $\eta = 0.8$



図—23 非線型応答スペクトル (その2)
61-B-18-L $r = 1.0$ $\eta = 0.8$



図—25 非線型応答スペクトル (その4)
61-B-18-L $r = 2.0$ $\eta = 0.8$

5. 強 震 記 録

5.1 整理表

3台の強震計により、昭和41年6月24日から12月5日の間に得られた264個の記録について最大加速度等の整理表を表7に示す。この表は次のような内容を持っている。なお表の型式は第二報と同様である。

(1) 地震No.

整理の都合上、当所で付した地震の番号であり、観測を開始した昭和40年12月からの一連番号である。3台の強震計のうちいずれかが作動する地震が発生するたびに番号をつけた。昭和41年6月24日から12月5日の間にNo. 245 からNo. 409まで164回の地震が観測された。

(2) 地震発生年、月、日、時、分

地震の発生時刻を示している。これは気象庁の発表に従って決めたが震度Ⅲ以下の地震については発生回数が非常に多く対応がつかないため、この欄はブランクになっている場合が多い。しかし「点検日」から発生日の範囲は判る。震度Ⅳ以上の地震については、ほとんどの対応がつかないため、発生時刻を空白にしている。

(3) 気象庁震度

気象庁の発表した松代、長野での震度を示している。前項と同様、震度Ⅲ以下では対応がつかないためブランクになっている場合が多い。しかし空欄のほとんどは、松代での震度はⅠであることが予想される。

(4) 点検日時

観測員が強震計の点検、記録紙の交換等のため見廻った月、日時を示す。「記録前(後)」とはその右にあるData No. の記録が得られたより前(後)の日を示している。これにより、記録が得られた月、日の範囲がわかる。

(5) Data No.

地震記録の番号であり5.2に示す記録はこのNo.で対応している。Data No.の最初の数字は地震No.と同一のものである。A, B, C は強震計の設置位置を示す記号である。最後の番号は設置位置A, B, Cの各点における記録の一連番号である。地震No.が同一の記録は、同一地震による各点での記録を示す。

「ペーパーなし」とあるのは、地震が数回起こっていることが予想されるが、記録紙が完全に巻きとられていたため記録が得られなかったことを示す。

※印のあるデータは波形記録を本報告書に掲載している。

(6) Max. gal

記録から読みとった、各成分方向の最大加速度 (gal) の概略の値である。この場合、感度は全て 12.5 gal/mm として振動数による感度の補正は行っていない。又 () 書きがあるのは、記録紙が送られる前に最大値があり、この記録では、最大加速度付近の周期は求められない。

又 L および T は、落合橋の橋軸方向および橋軸直角方向を意味し、N-S, E-W, および U-D はそれぞれ南北、東西、鉛直方向を意味している。

(7) 備 考

この欄で連続記録とあるのは数個の地震が非常に短い時間 (約 3 分以内) 内に起ったため 1 本の記録紙に 2 回以上の地震が連続して記録されていることを意味する。

表 7 松代地震強震記録整理表

※印のあるゲージの波形記録は
本報告書に掲載されている。

地震 No		震害発生 年月日時分		震害庁 震 度 代 市		地 震 記 録																								備 考	
						A) 落 合 橋 々 脚 上						B) 落 合 橋 地 盤 上						C) 長 野 出 張 所													
						点 検 日 時		DATA		max. gal		点 検 日 時		DATA		max. gal		点 検 日 時		DATA		max. gal		点 検 日 時		DATA		max. gal			
						記録前	記録後	No	L	U-D	T	記録前	記録後	No	L	U-D	T	記録前	記録後	No	E-W	U-D	N-S	記録前	記録後	No	E-W	U-D	N-S		
243	41. 6.25.07.02		Ⅲ	Ⅲ	6.24							6.24		245-B-94	(45.0)	(10.0)	(60.0)	6.24			245-C-56	(10.0)	(5.0)	(15.0)							
246														246-B-94'	(50.0)	(17.5)	不明				246-C-57	(15.0)	(10.0)	(30.0)							
247	41. 6.25.16.34		Ⅲ	Ⅳ										※ 247-B-95	130.0	(65.0)	*		6.26 (16:50)	※ 247-C-58	70.0	10.0	70.0								
248					6.27 14:30							6.27 14:15	ベ ー パ ー な し				6.26 16:50			248-C-59	(15.0)	微小	(5.0)								
249																				249-C-60	(10.0)	*	(37.5)								
250	41. 6.28.18.00		Ⅲ	Ⅲ																250-C-61	7.5	*	6.3								
																			6.28 (18:24)	ベ ー パ ー	一 な し										
251												6.27 (14:15)		251-B-96	(10.0)	微小	(5.0)														
252														252-B-96'	(10.0)	*	(5.0)														
253												6.31 (10:15)	※ 253-B-97	90.0	(10.0)	(37.5)															
254												6.31 (10:15)		254-B-98	(7.5)	(2.5)	(10.0)	6.28 16:24													
255					6.27 14:30	7.1 11:20	※ 255-A-216	(70.0)	(25.0)	(40.0)		7.1 (11:30)	※ 255-B-99'	210.0	25.0	80.0	6.30	7.1	※ 255-C-62	70.0	12.5	50.0									
256					7.1 11:20							7.1 11:35		256-B-100	(15.0)	微小	(10.0)														
257														257-B-101	(47.5)	(5.0)	(20.0)	7.1 15:00			257-C-63	(15.0)	(2.5)	(30.0)							
258														258-B-102	(25.0)	(5.0)	(5.0)			ベ ー パ ー	一 な し										
259												7.7 (9:30)		259-B-103	(72.5)	(5.0)	(47.5)														
260												7.7 (9:35)		260-B-104	90.0	(25.0)	25.0														
261												7.9 (11:15)		261-B-105	(10.0)	微小	(5.0)														
262												7.9 (11:20)		※ 262-B-106	100.0	(10.0)	20.0	7.9 (13:25)	7.9 (16:15)	262-C-64	(30.0)	(5.0)	(20.0)								
263	41. 7.10.15.43	Ⅳ	Ⅳ	7.9 11:28	7.14 12:45	※ 263-A-217	(130.0)	(40.0)	(50.0)				※ 263-B-107	130.0	(55.0)	100.0	7.9 16:15		※ 263-C-65	(55.0)	(20.0)	(82.5)									
264						ベ ー パ ー な し								264-B-108	(25.0)	(5.0)	(5.0)				264-C-66	(20.0)	(5.0)	(20.0)							
265														265-B-109	(60.0)	(10.0)	(10.0)		7.12 14:10		265-C-67	20.0	(15.0)	45.0							
266														266-B-110	(30.0)	(5.0)	(7.5)														

地震 No.	地震発生 年月日時分	気象庁 震 源 現代 長野市		地 震 記 録																備 考		
				A) 活 合 換 上						B) 活 合 換 地 震 上						C) 長 野 出 張 所						
				点 検 日 時		DATA		max. gal		点 検 日 時		DATA		max. gal		点 検 日 時		DATA			max. gal	
				記録前	記録後	No.	L	U-D	T	記録前	記録後	No.	L	U-D	T	記録前	記録後	No.	E-W		U-D	N-S
267																						
268										7.12 9:35		ベ - パ - なし										
269										7.12 9:35		※ 268-B-111	67.5	(37.5)	40.0	7.12 14:10		268-C-68	(25.0)	(5.0)	(10.0)	
270												269-B-112	(45.0)	(22.5)	(47.5)		7.19 11:30	269-C-69	(25.0)	(25)	(25.0)	
271												270-B-112	(32.5)	(12.5)	(20.0)	7.19 11:35						
272										7.14 12:50		271-A-218	(17.5)	微小	(15.0)							
273												272-A-219	(12.5)	"	(5.0)							
274												273-A-220	(4.25)	"	(10.0)							
275												273-B-113	(27.5)	(20.0)	(40.0)							
276										7.19 10:00		274-A-221	(35.0)	"	(25.0)							
277										7.19 10:00		275-A-222	(20.0)	"	(25.0)							
278												276-A-223	(2.25)	"	(25.0)							
279												277-A-224	(3.25)	"	(5.0)							
280										7.19 9:45		277-B-115	(50.0)	(15.0)	(12.5)							
281												278-A-225	(10.0)	"	(5.0)							
282												279-A-226	(1.75)	(12.5)	(20.0)							
283												280-A-227	(20.0)	微小	(5.0)							
284												281-A-228	(30.0)	"	(17.5)							
285										7.25 11:10		282-A-229	(20.0)	(5.0)	(7.5)							
286												283-A-230	(37.5)	微小	(10.0)							
287										7.25 11:30	7.28 9:30	283-B-116	35.0	(12.5)	20.0							
288												284-A-231	(1.25)	"	(7.5)							
289										7.28 9:30		285-B-117	37.5	(32.5)	82.5	7.25 8.1 10:50	284-C-70	(30.0)	(7.5)	(35.0)		
290										7.30 10:50		286-B-118	87.5	(17.5)	25.0							
291										7.30 11:00		287-A-234	(10.0)	微小	10.0							
292												288-A-235	(22.5)	"	(10.0)							
293										7.30 11:00		288-B-119	(17.5)	(15.0)	(12.5)							
294	41. 8. 30.3.48	V	N							8.3 10:15		※ 289-B-120	85.0	62.5	65.0	8.1 10:50	8.3	289-C-71	20.0	(12.5)	30.0	

地点 No	気象発生 年月日時分	気象 記号	長野 市	地震 記 録																		備 考	
				A) 常 合 機 上						B) 諸 合 機 地 震 上						C) 最 大 出 張 所							
				点検日時		DATA		max. gal		点検日時		DATA		max. gal		点検日時		DATA		max. gal			
				記録前	記録後	Na	L	U-D	T	記録前	記録後	Na	L	U-D	T	記録前	記録後	Na	E-W	U-D	N-S		
290					8.3 11:05	290-A-237	(15.0)	微小	微小		8.3 10:15	8.4 14:50	290-B-121	(10.0)	(15.0)	(10.0)							
291					8.3 11:05	291-A-238	10.0	"		7.5													
292					8.4 14:25	292-A-239	(5.0)	"		(12.5)													
293					8.4 14:35	293-A-240	7.5	45	35		8.4 15:00		293-B-122	215	35	55	8.4 13:45		293-C-72	(45)	20	(55)	速 記
294						294-A-241	15	微小	7.3				294-B-123	15	25	50							
295						295-A-242	(3.0)	"		5.0			295-B-124	(25)	(10)	(10)							
296						296-A-243	(5.0)	"		(5.0)			296-B-125	(10)	微小	(10)							
297						297-A-244	5.0	"		(5.0)													
298						298-A-245	(25)	"		(5.0)			298-B-126	微小	微小	(5.0)							
299	41. 8. 8. 9.37	I	IV		8.8 14:10	299-A-246	50	12.5	60		8.8 14:00		299-B-127	55	20	40	8.8 9:40		299-C-73	50	10	65	
300					8.8 14:10	300-A-247	微小	微小	微小		8.8 14:00		300-B-128	(5.0)	微小	微小	8.8 9:50						
301						301-A-248	(35)	"		(15)			301-B-129	(75)	(20)	(23)							
302						302-A-249	(20)	"		5.0	8.13 14:40		ペーパー	なし									
303						303-A-250	(5.0)	"		(5.0)													
304						304-A-251	5.0	"		(7.5)													
305					8.11 15:00	305-A-252	(7.5)	"		5.0													
306					8.11 15:08	306-A-253	(15)	"		(5.0)	8.11 14:50		306-B-130	(25)	(25)	(25)							
307						307-A-254	(25)	"		(5.0)			307-B-131	(10)	(25)	(5.0)							
308						308-A-255	(15)	"		(10)			308-B-132	(10)	(25)	(25)							
309						309-A-256	(10)	"		(5.0)													
310					8.13 9:47	310-A-257	(10)	"		(10)	8.13 9:40		310-B-133	(20)	(25)	(10)							
311					8.13 9:50	311-A-258	(30)	25	55		8.13 9:43			(10)	(5.0)	(5)							
312						312-A-259	(15)	微小	(15)														

地震 No	地震発生 年月日時分	震度	震源 深度	地震記録																		備考	
				A) 落合橋上						B) 落合橋地盤上						C) 長野前橋所							
				点検日時		DATA		max. gal		点検日時		DATA		max. gal		点検日時		DATA		max. gal			
				記録前	記録後	No	L	U-D	T	記録前	記録後	No	L	U-D	T	記録前	記録後	No	E-W	U-D	N-S		
313	41. 8.14.04.05	IV	I			313-A-260	(50)	2.5	(10)			313-B-135	(45)	(5)	(10)								
314						314-A-261	(30)	微小	(10)			314-B-136	(38)	(25)	(5)								
315						315-A-262	25	*	5			315-B-137	20	(5)	20								
316						316-A-263	20	25	15			316-B-138	(15)	(25)	(15)	8.15 12:00							
317	41. 8.16.18.43	IV	I		8.18 9:25	317-A-264	(15)	微小	25		8.18 9:15	317-B-139	50	25	35	8.16 9:00	8.18 9:30	317-C-74	(15)	(10)	(20)		
318					8.18 9:30	318-A-265	(15)	(25)	(20)		8.18 9:15	318-B-140	(35)	(10)	(5)	8.18 9:30		318-C-75	(25)	(5)	(15)		
319	41. 8.20.19.50	IV	IV			ペーパー	一	なし				319-B-141	70	75	20			319-C-76	(15)	(10)	(25)		
											8.24 14:10	ペーパー	一	なし			8.22 13:30	ペーパー	一	なし			
320											8.24 14:30					8.24							
321	41. 8.28.13.00	IV	IV									※ 321-B-142	65	10	20	8.26 14:20	8.28 14:20	※ 321-C-77	30	5	50		
322	* * 29.00.36	IV	IV									※ 322-B-143	73	(40)	50	8.28 14:20	8.29 8:40	※ 322-C-78	50	10	35		
323	* * * 10.37	II	II								8.30 10:15	323-B-144	45	20	30	8.29 8:45	8.30 8:35	323-C-79	20	5	15		
324	* * 31.07.15	II	II								8.30 10:20	324-B-145	(35)	(20)	(15)	8.30 8:35	8.31 11:15	324-C-80	(25)	25	(20)		
325	* * * 13.37	IV	II									325-B-146	(38)	(75)	(15)	8.31 11:20		325-C-81	(28)	(25)	(25)		
326												326-B-147	(45)	(25)	(5)								
327												327-B-148	(50)	(5)	(10)								
328	41. 9. 20.09.51	II	II									328-B-149	60	25	10								
329												329-B-150	15	微小	5								
330											9.2 13:45	330-B-151	23	*	25								
331					9.2 14:30	331-A-266	5	微小	25														
332						332-A-267	(10)	*	10														
333						333-A-268	(20)	*	5		9.2 13:45	333-B-152	(50)	(25)	(5)								
334						334-A-269	(15)	*	5			334-B-153	(15)	(25)	(15)								

連続

地層 No	地質系 年月日時分	気象庁		観測												備考						
		年代	長野市	A) 落合橋上						B) 落合橋上							C) 長野出張所					
				点検日時		DATA		max. gal		点検日時		DATA		max. gal			点検日時		DATA		max. gal	
				記録前	記録後	No	L	U-D	T	記録前	記録後	No	L	U-D	T		記録前	記録後	No	E-W	U-D	N-S
335						335-A-270 (13)	微小		25			335-B-154 (30)	(5)	(30)								
336	41.9.6.337	F	F		9.7 11:05	ベーパーなし							336-B-155 145	15	50			336-C-82	40	15	55	
337												337-B-156 25	微小	5				337-C-82'	微小	微小	微小	
338												338-B-157 23	*	5				338-C-82'	*	*	*	
339	41.9.6.340	I	I									339-B-158 63	5	20			9.6 8:30	339-C-83	20	25	15	
340	" " 4.28	I	I									340-B-159 (65)	(2.5)	(13)								
341										9.7 11:05		341-B-160 (25)	微小	5								
342				9.7 11:20		342-A-271 (25)	微小	5		9.7 11:15												
343						343-A-272 (15)	*	(5)														
344	41.9.7.11.38	I	I			344-A-273 (30)	*	(10)				344-B-161 (30)	(5)	(10)								
345						345-A-274 30	25	13														
346						346-A-275 (25)	微小	5														
347						347-A-276 10	25	25														
348	41.9.7.15.18	F	F		9.14 11:09	348-A-277 75	(50)	50				348-B-162 115	60	50			9.6 8:40	9.9 18:00	348-C-84 (30)	(25)	(55)	
349												349-B-163 (60)	(25)	(20)			9.9 18:00	9.12 9:07	349-C-85 (7.5)	微小	(5)	
350												350-B-164 (25)	(25)	(10)			9.12 9:10		350-C-86 15	25	15	
351												351-B-165 (75)	25	(10)								
352	41.9.14.10.14	F	F							9.14 11:09		352-B-166 40	10	25			9.14 10:25		352-C-87 55	(55)	52	
353										9.14 11:23		353-B-167 20	25	5								
354												354-B-168 (10)	微小	(2.5)								
355	41.9.17.18.22	I	I		9.14 11:18	355-A-278 (50)	(5)	(18)				355-B-169 55	10	25			9.14 10:25		355-C-88 15	25	12	
356												356-B-170 (35)	(5)	(15)								
357												357-B-171 (25)	(2.5)	(25)								

測点 No.	地質見生 年月日時分	気象庁 高度		観測結果															備考																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		観測 代	気象 記号	A) 潮 位					B) 潮 位					C) 長 野 出 発 所																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
				合 格 値		観 測 値			合 格 値		観 測 値			合 格 値		観 測 値																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
				点検日時	DATA	max. gal	L	U-D	T	点検日時	DATA	max. gal	L	U-D	T	点検日時	DATA	max. gal		L	U-D	T																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
358																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

→連続

地点 No.	地震発生 年月日時分	震度 震代	震源 市	地震																		備考
				A) 活合地 震 上						B) 活合地 震 上						C) 長 野 出 雲 所						
				点検日時		DATA		max. gal		点検日時		DATA		max. gal		点検日時		DATA		max. gal		
				記録前	記録後	No.	L	U-D	T	記録前	記録後	No.	L	U-D	T	記録前	記録後	No.	E-W	U-D	N-S	
381				10.21 13:15		381-A-300	5	微小	(10)						10.20 17:00							
382	41.10.23.11.14	■	■			382-A-301	88	20	25	10.21 13:25		382-B-183	120	5'	25	10.21 8:45	10.23 11:20	382-C-95	48	(18)	45	
383						383-A-302	(20)	微小	25			383-B-184	(15)	微小	(25)							
384						384-A-303	(10)	"	(5)			384-B-185	(8)	"	(10)							
385	41.10.26.03.04	■	■			385-A-304	55	20	25			385-B-186	60	20	53	10.23 11:25	11.9 9:30	385-C-96	55	15	85	
386				10.26 10:45		ベ - パ	な	し		10.26 11:05		386-B-187	(10)	微小	(25)							
387				10.26 10:55		387-A-305	(20)	(8)	10	10.26 11:10		387-B-188	10	(15)	10							
388						388-A-306	(15)	微小	(8)			388-B-189	(10)	微小	(5)							
389				11.1 9:30		389-A-307	(10)	"	(25)		11.1 9:40	389-B-190	(15)	"	(10)							
390				11.1 9:30		390-A-308	5	"	(13)	11.1 9:40		390-B-191	(8)	"	(20)							
391						391-A-309	(5)	"	(10)													
392				11.7 10:25		392-A-310	(15)	"	25		11.7 10:35	392-B-192	(25)	(10)	(5)							
393				11.7 10:30		393-A-311	(20)	"	(5)	11.7 10:40		393-B-193	(8)	微小	微小							
394						394-A-312	(13)	"	(5)													
395				11.14 11:15		395-A-313	(25)	(25)	(20)		11.14 11:25	395-B-194	(40)	(5)	(25)							
396				11.14 11:15		396-A-314	(13)	微小	5													
397						397-A-315	(25)	"	10	11.14 11:25		397-B-195	(30)	25	(15)							
398				11.17 14:40		398-A-316	(20)	"	(23)		11.17 14:55	398-B-196	(38)	15	(43)							
399				11.17 14:50		399-A-317	(10)	"	(25)													
400						400-A-318	(25)	"	25													
401						401-A-319	(20)	"	(10)	11.17 15:00		401-B-197	(23)	(5)	(10)							
402						402-A-320	(10)	"	(20)													
403				11.24 11:15		403-A-321	(30)	"	(10)	11.24 10:30		403-B-198	(18)	(25)	(35)							

[illegible]

5.2 波形記録

記録量は 264 であり余りにも膨大なため、比較的加速度の大きい地震で最大加速度付近の周期が判る 50 記録を示すことにした。

A) 落合橋々脚上で 12 記録

B) " 地盤上 22 記録

C) 長野出張所地盤 16 記録

合 計 50 記録

を A), B), C) の順に示す。

表8 波形記録を示した地震一覧表

×: 記録なし

\\: 記録あるが報告書に掲載されていない。

地震 No.	発 生 時 刻 年 月 日 時 分	気象庁震度		A) 落合橋橋脚上		B) 落合橋地盤		C) 長野出張所	
		松代	長野	NATA No.	ページ	NATA No.	ページ	NATA No.	ページ
247	41. 6.26.16.34	Ⅲ	Ⅳ			247-B-95		247-C-58	
253	6.27 6.31					253-B-97			
255	6.31 7.1			255-A-216		255-B-99		255-C-62	
260	7.7 7.9					260-B-104			
262	7.9 7.12					262-B-106			
263	7.10.15.43	Ⅳ	Ⅳ	263-A-217		263-B-107		263-C-65	
268	7.12 7.19					268-B-111			
289	8. 3.03.48	Ⅴ	Ⅳ	289-A-236		289-B-120			
293	8.4 8.8			293-A-240		293-B-122		293-C-72	
299	8. 8.09.37	Ⅲ	Ⅳ	299-A-246		299-B-127		299-C-73	
321	8.28.13.09	Ⅳ	Ⅳ			321-B-142		321-C-77	
322	8.29.00.36	Ⅳ	Ⅳ			322-B-143		322-C-78	
336	9. 6.03.37	Ⅳ	Ⅳ			336-B-155		336-C-82	
339	9. 6.03.40	Ⅱ	Ⅲ			339-B-158			
348	9.14.10.14	Ⅳ	Ⅳ	348-A-277		348-B-162		348-C-84	
352	9.14.							352-C-87	
361	9.24.19.29	Ⅲ	Ⅲ	361-A-281		361-B-174		361-C-90	
364	9.27.04.03	Ⅳ	Ⅲ	364-A-284		364-B-175		364-C-91	
378	10.13.06.01	Ⅲ	Ⅳ			378-B-181		378-C-93	
379	10.19.00.04	Ⅲ	Ⅳ	379-A-298		379-B-182		379-C-94	
382	10.23.11.14	Ⅲ	Ⅲ	382-A-301		382-B-183		382-C-95	
385	10.26.03.04	Ⅲ	Ⅳ	385-A-304		385-B-186		385-C-96	
409	12. 5.04.25	Ⅲ	Ⅰ	409-A-327		409-B-103			

むすび

松代群発地震における地震動および道路橋の挙動に関する数多くの貴重な資料を得ることができた。

観測記録の整理と共に簡単な一次解析ならびに一部の線型および非線型の応答スペクトル解析を実施したが、今後更に解析を進めていき、構造物の地震時の挙動を明らかにしていきたいと考えている。

本調査は建設省道路局、関東地方建設局、北陸地方建設局、長野県土木部、若穂町の関係各位の御協力のもとに実現された。ここに記して感謝の意を表する。

波 形 記 録

A) 落 合 橋 々 脚 上

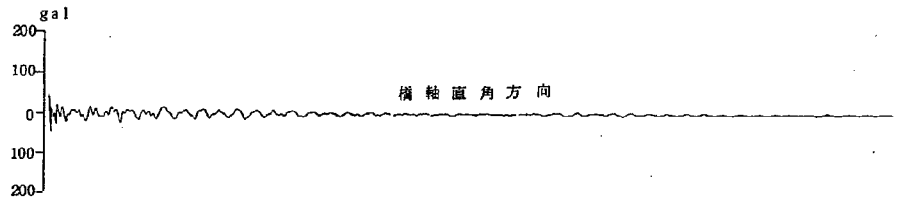
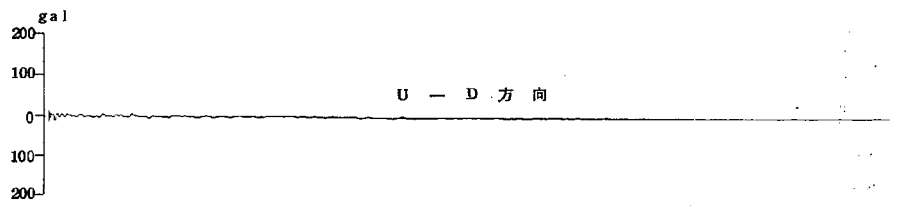
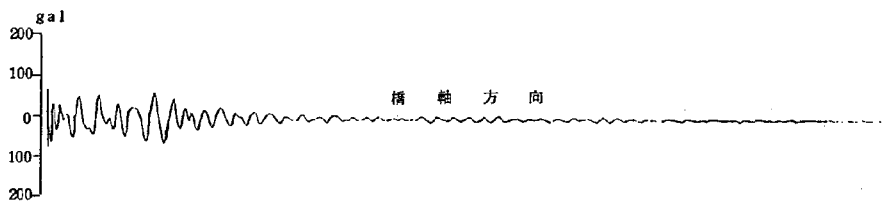
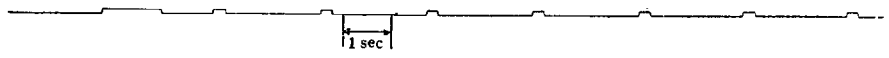
B) 落 合 橋 地 盤

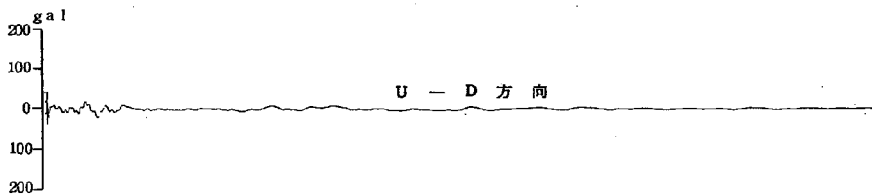
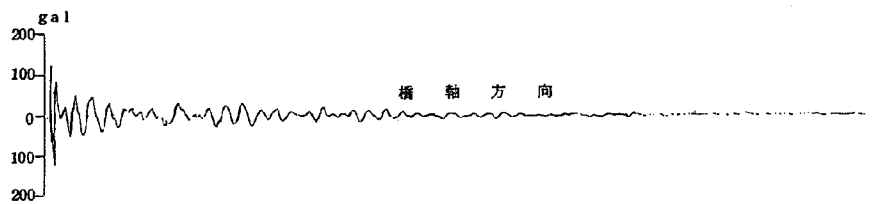
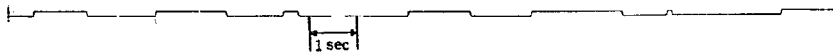
C) 長 野 出 張 所 地 盤

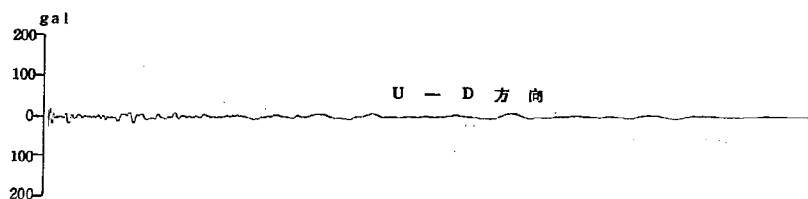
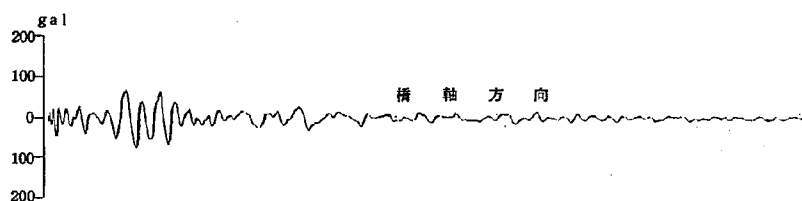
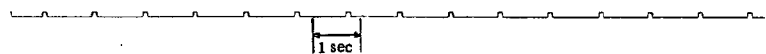
A) 落 合 橋 々 脚 上

5

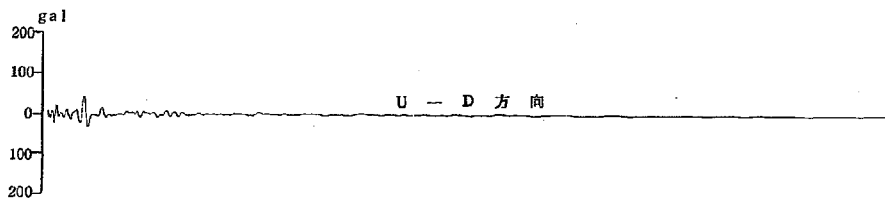
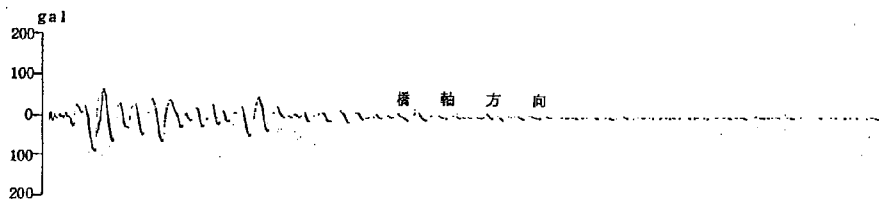
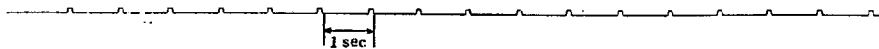
6



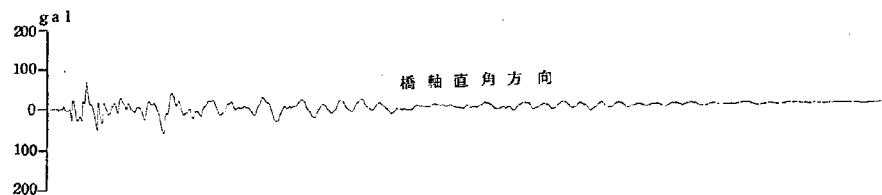
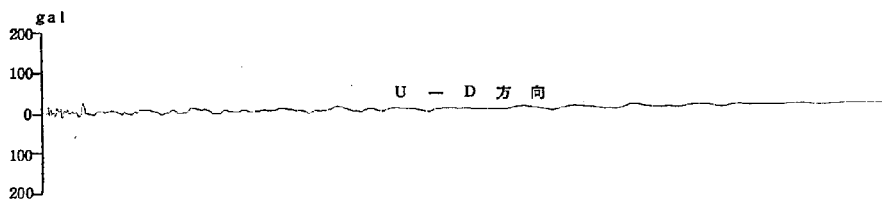
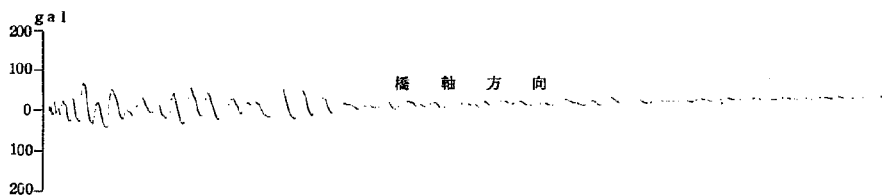
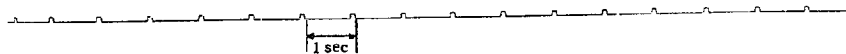




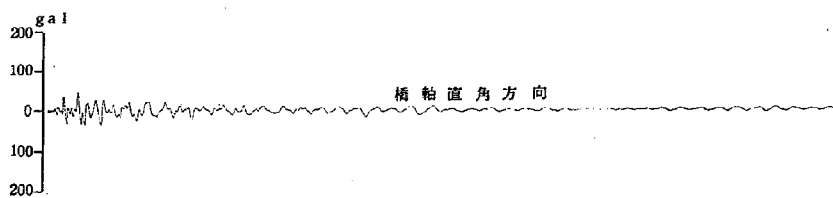
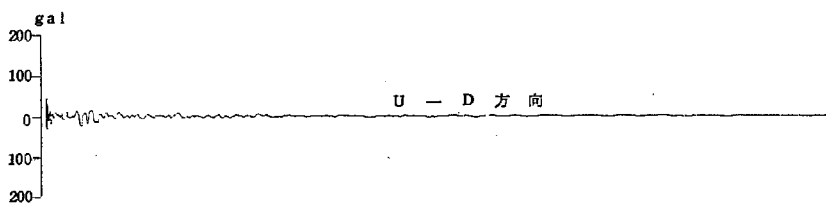
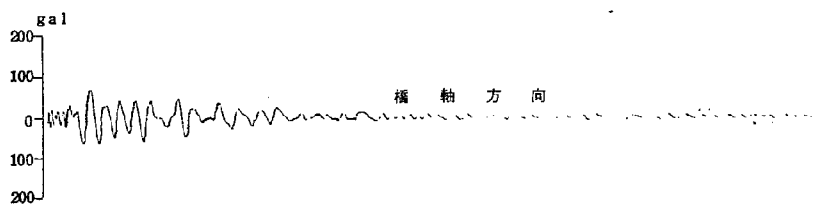
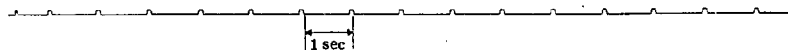
289-A-236



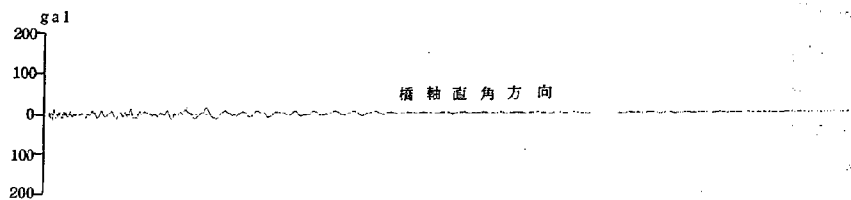
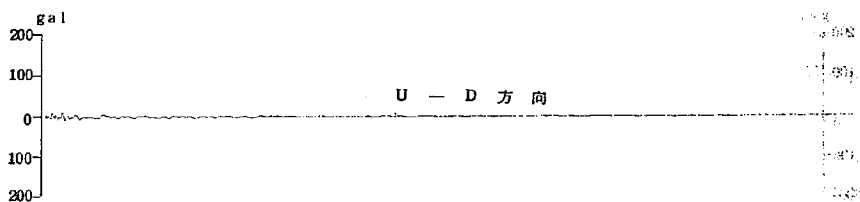
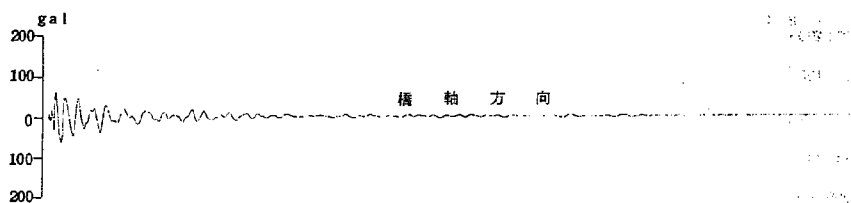
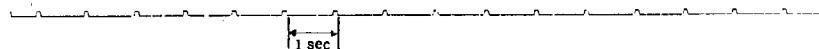
293-A-240



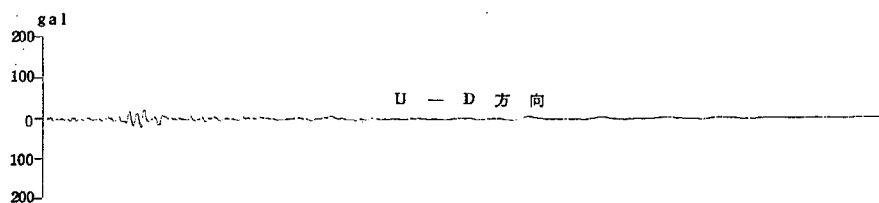
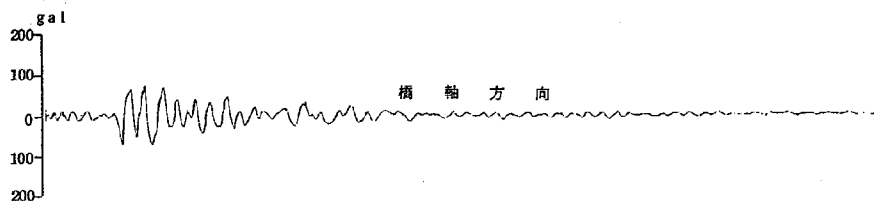
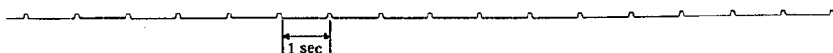
299-A-246.



348-A-277



361-A-281



364-A-284

1 sec

gal
200
100
0
100
200

橫軸方向

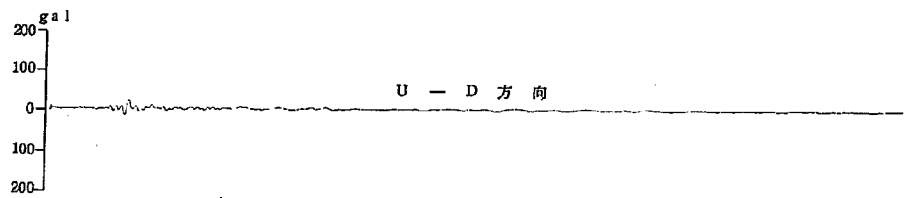
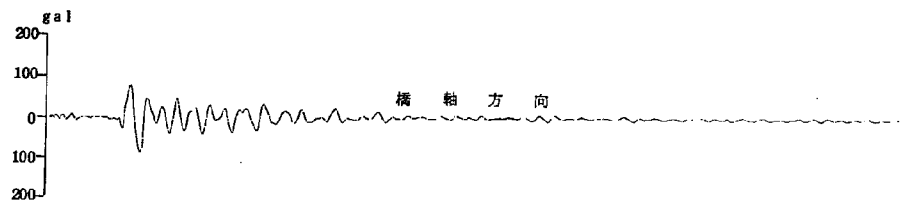
gal
200
100
0
100
200

U — D 方向

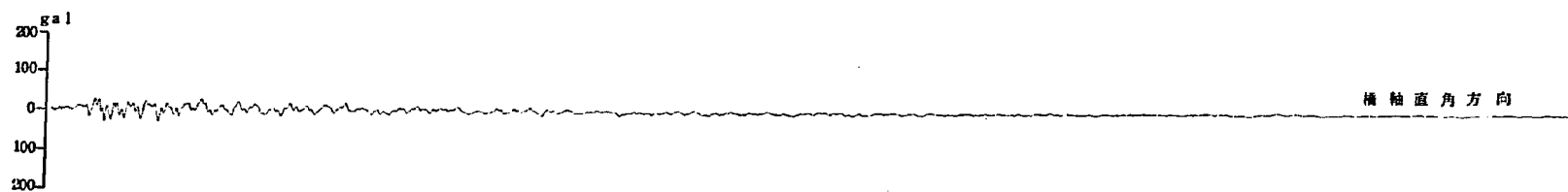
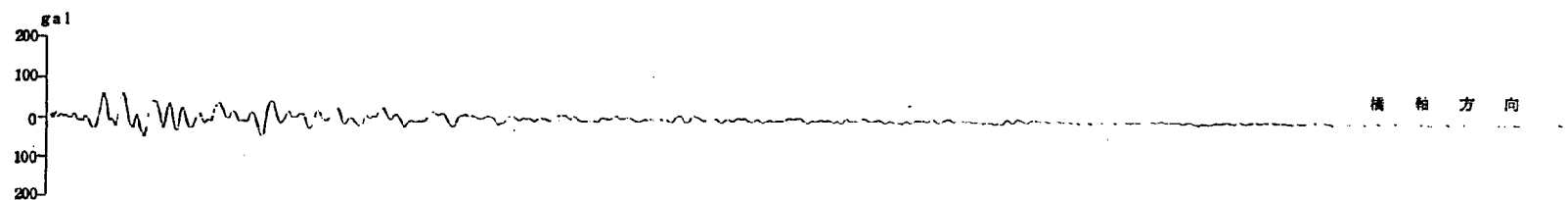
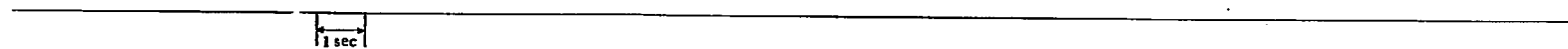
gal
200
100
0
100
200

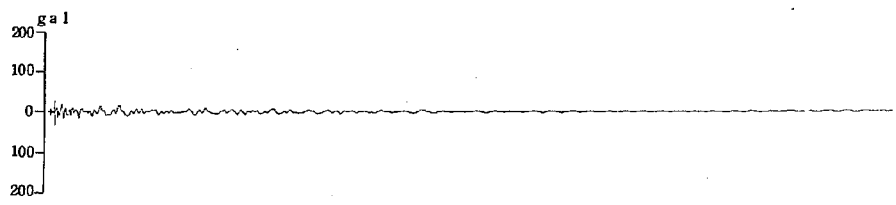
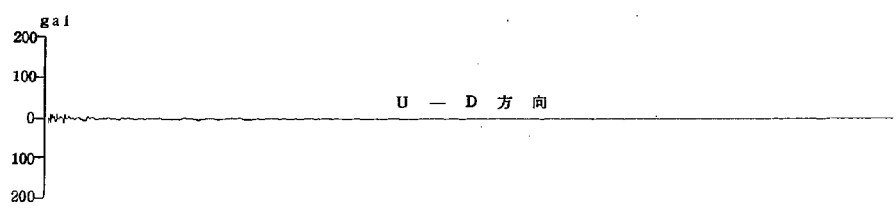
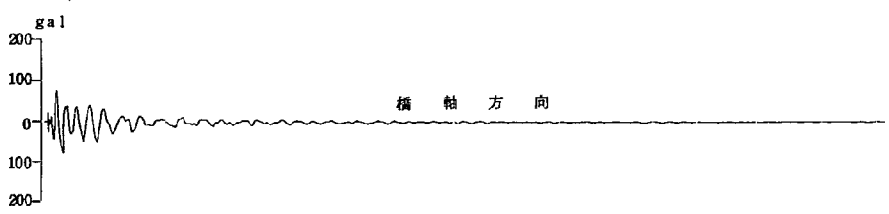
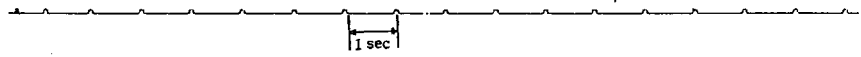
橫軸直角方向

379-A-298



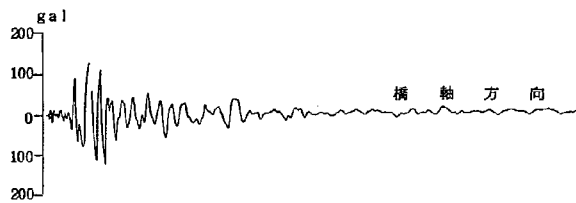
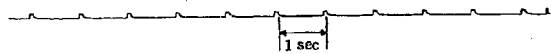
382-A-301



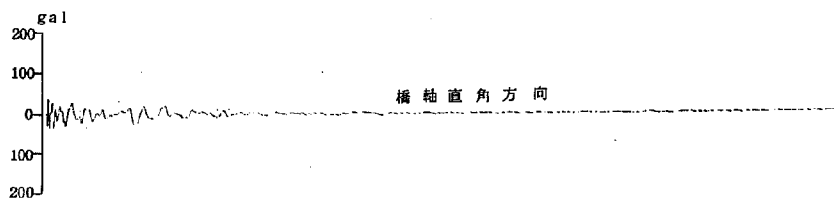
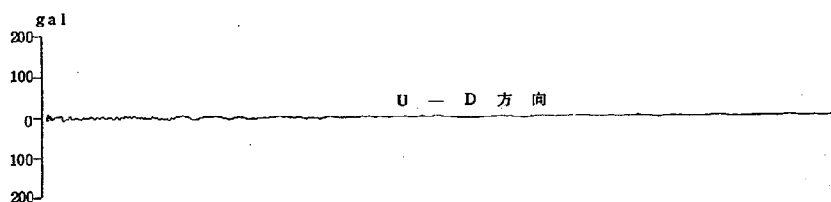
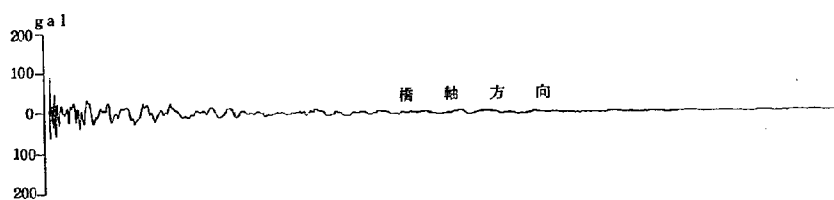
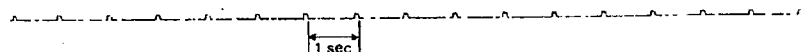


409-A--327

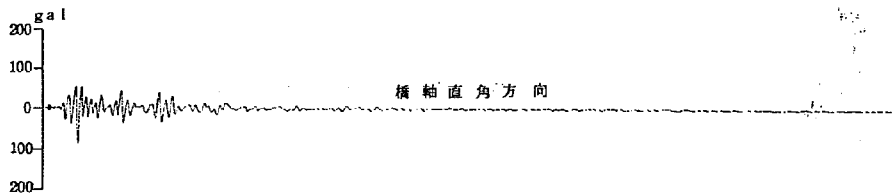
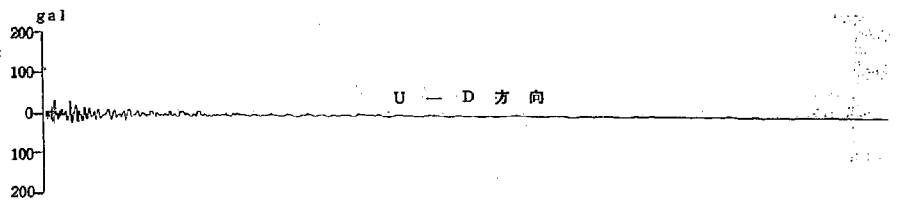
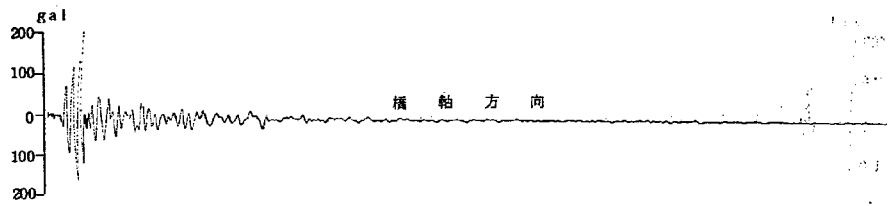
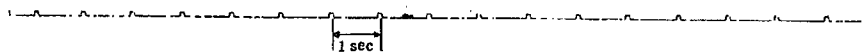
B) 落 合 橋 地 盤



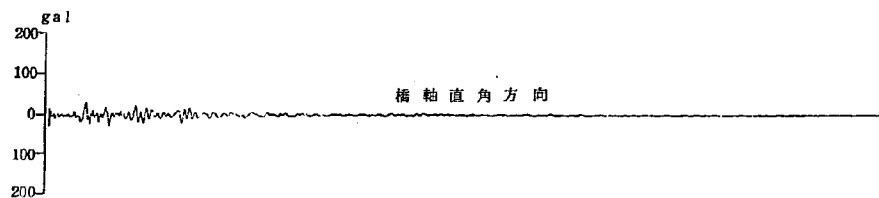
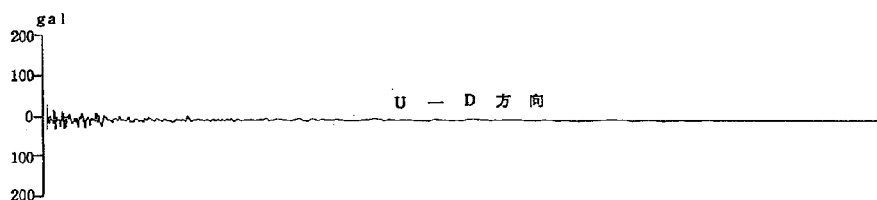
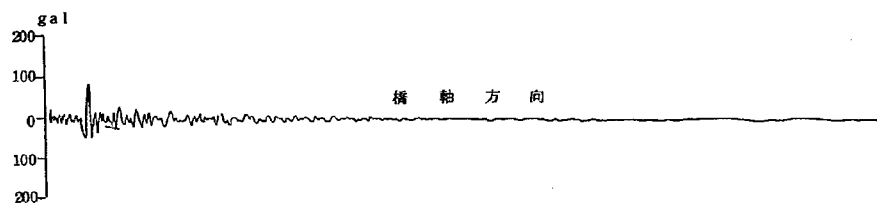
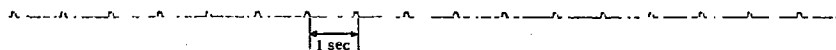
247-B-95



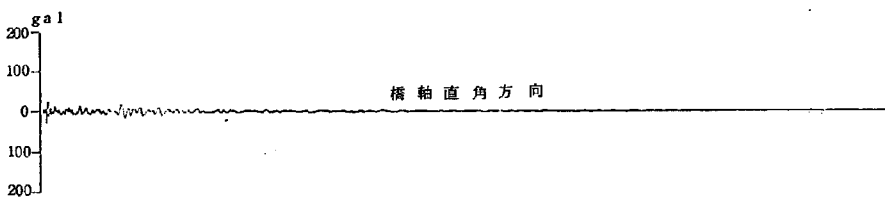
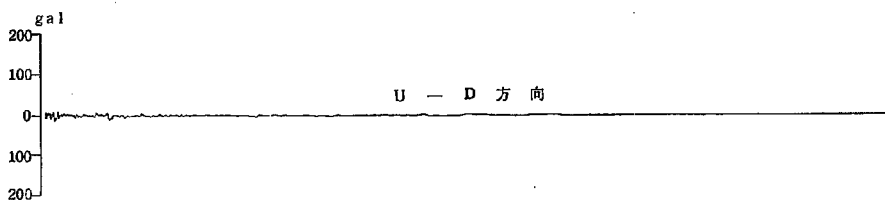
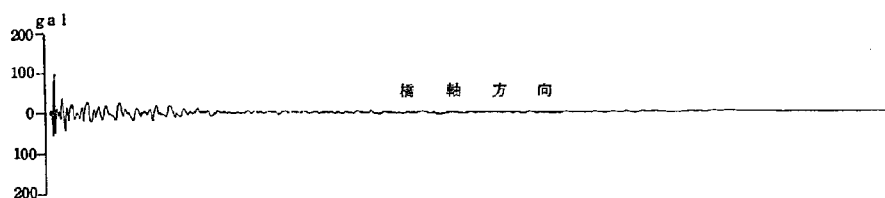
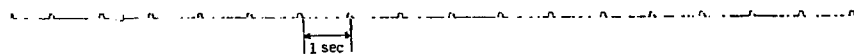
253-B-97



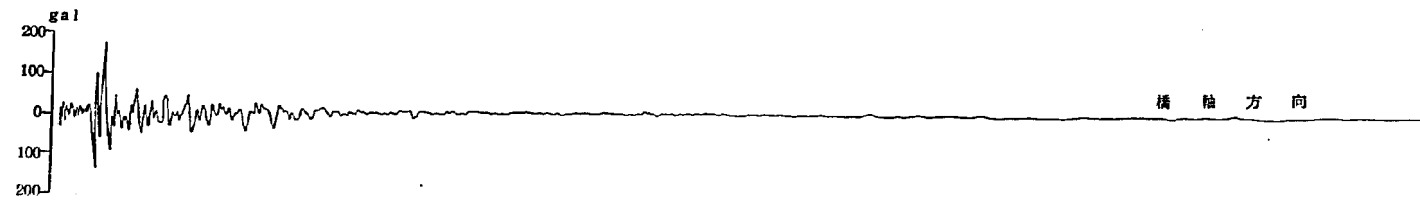
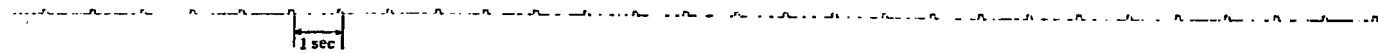
255-B-99

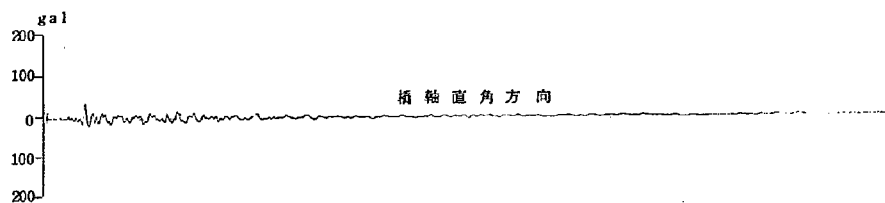
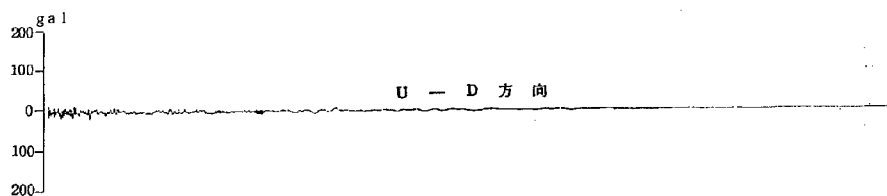
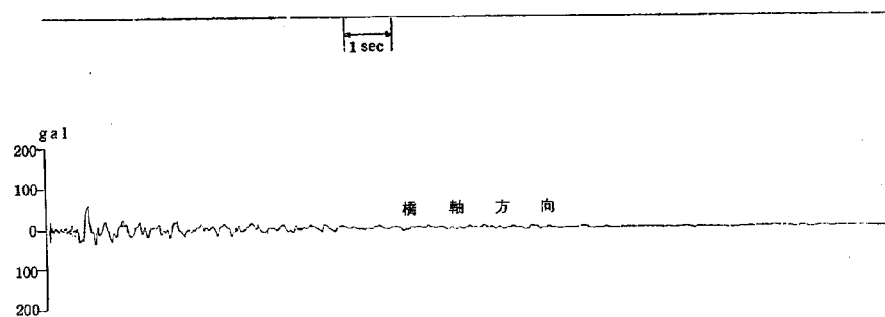


260-B-104

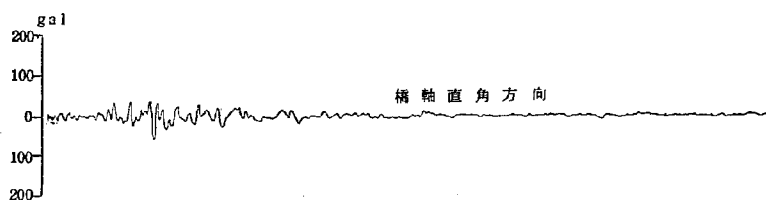
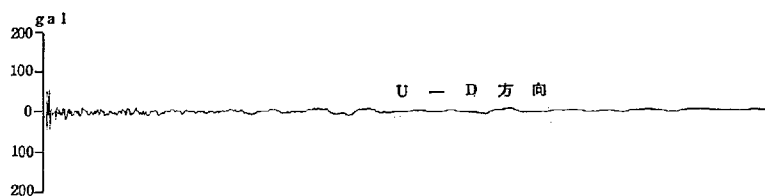
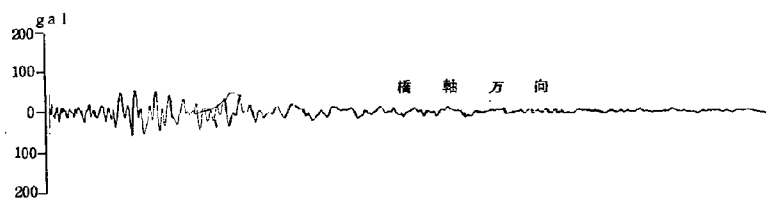


262-B-106

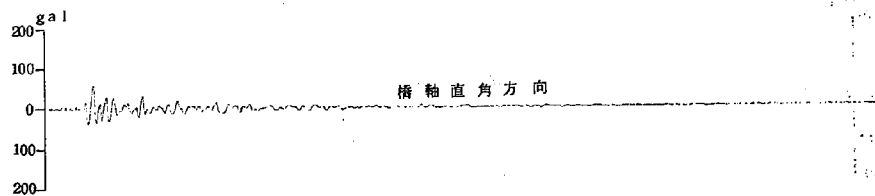
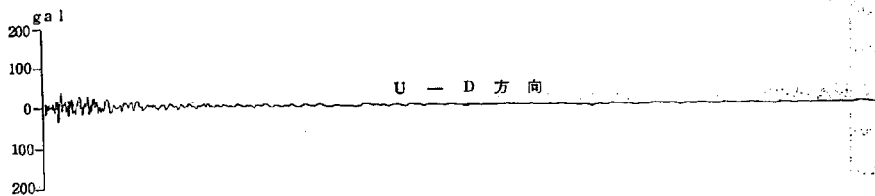
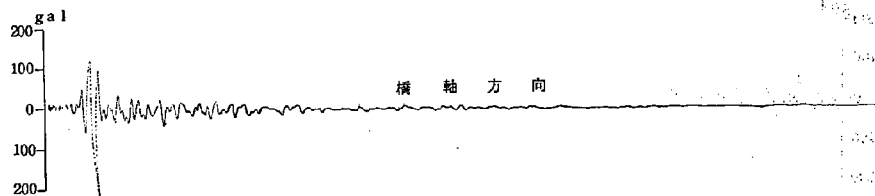
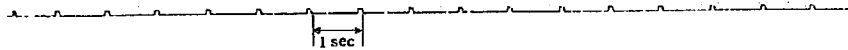


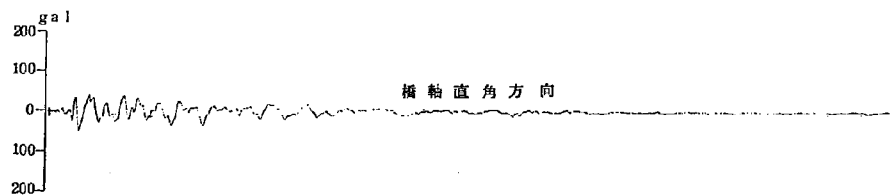
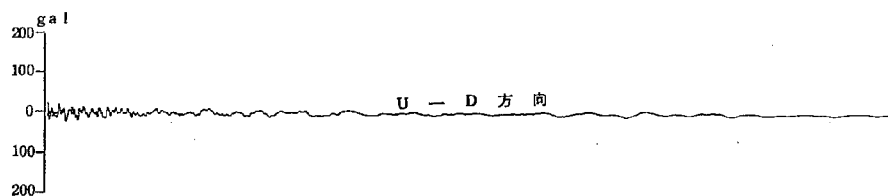
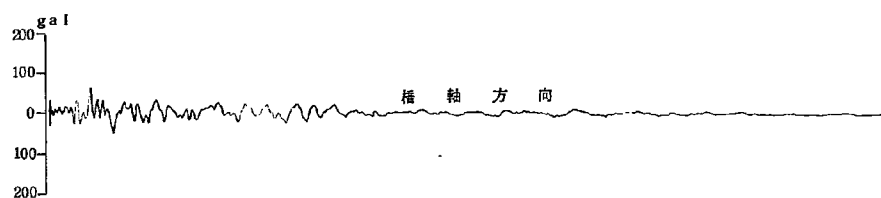
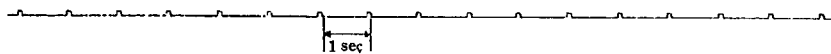


268-B-111

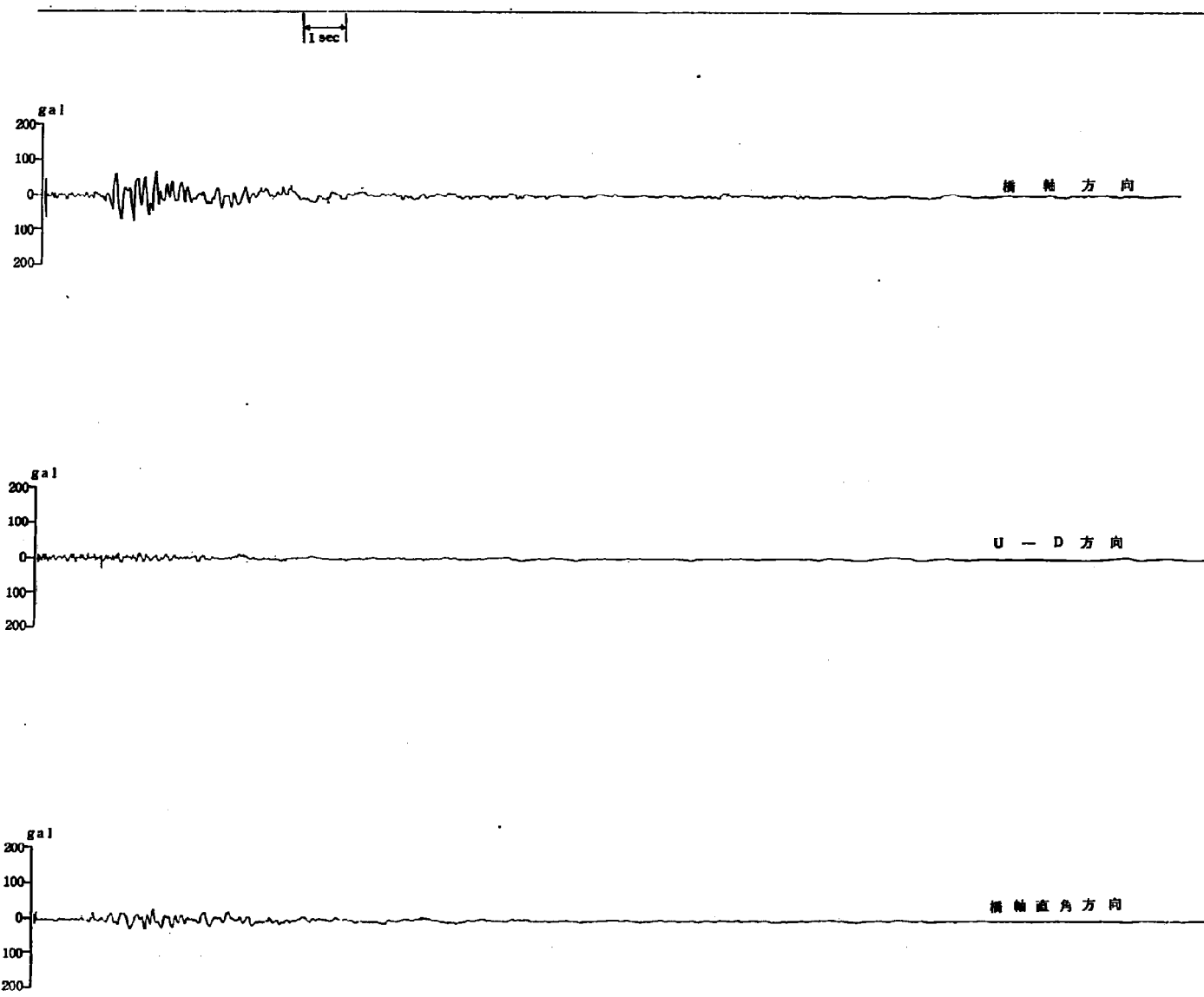


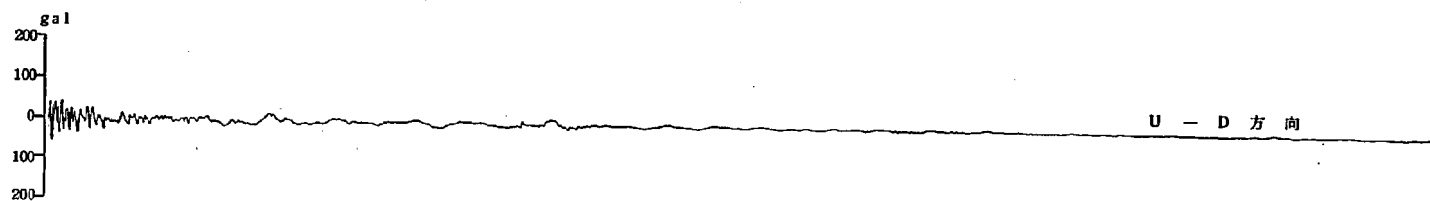
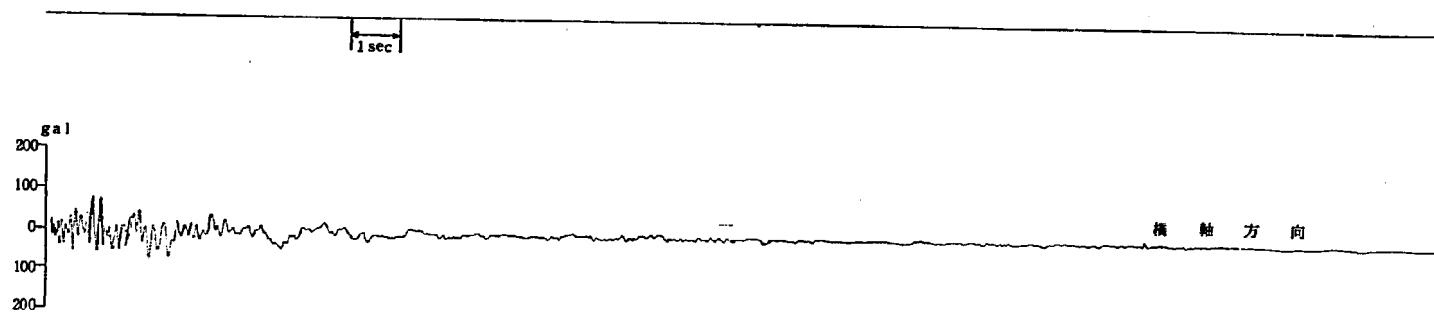
289-B-120

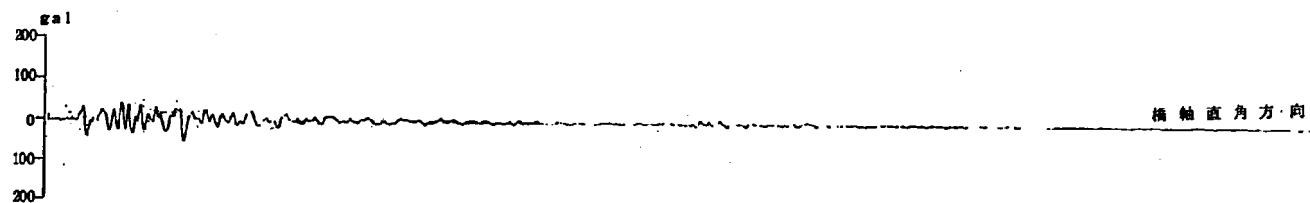
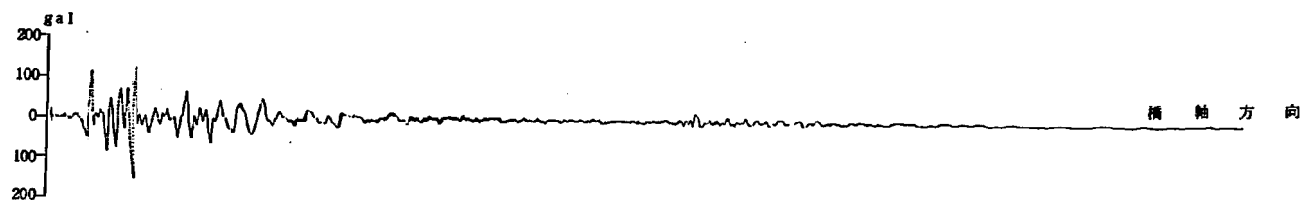
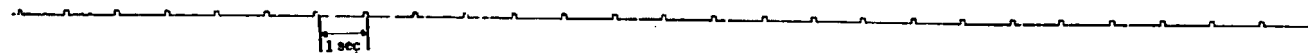


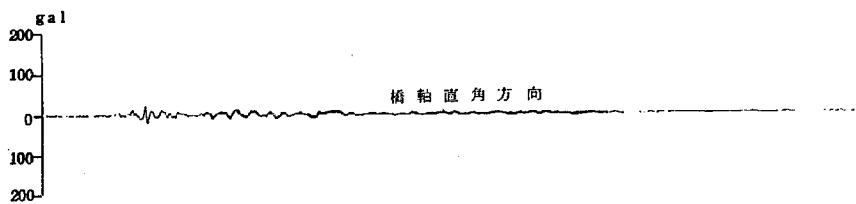
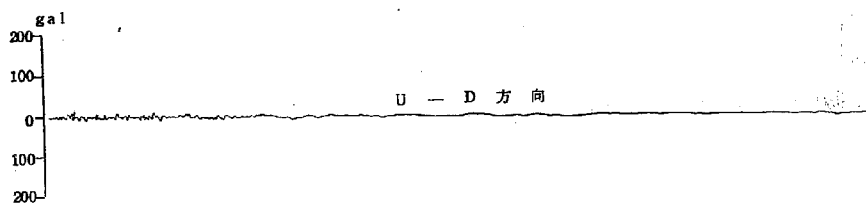
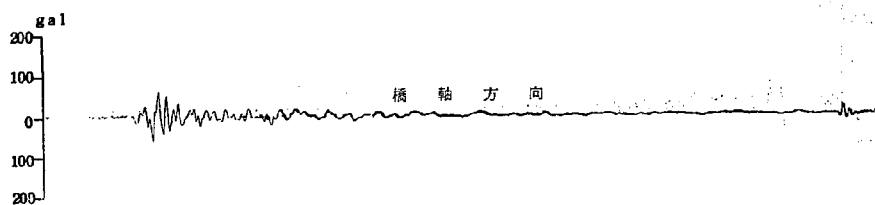
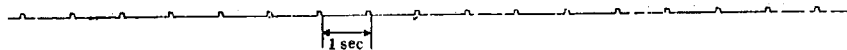


299-B-127

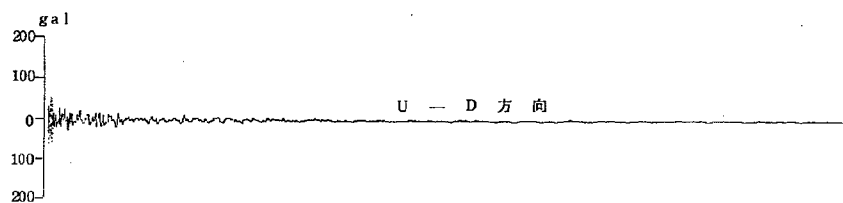
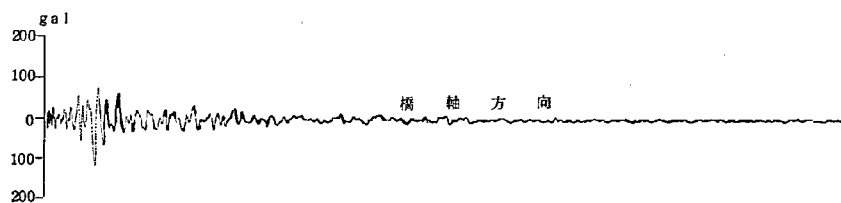
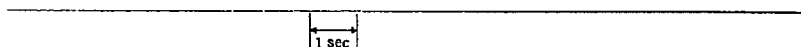




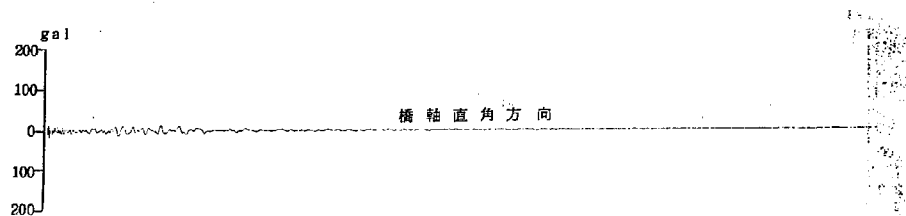
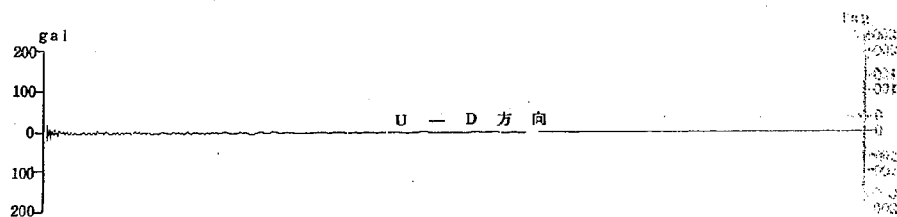
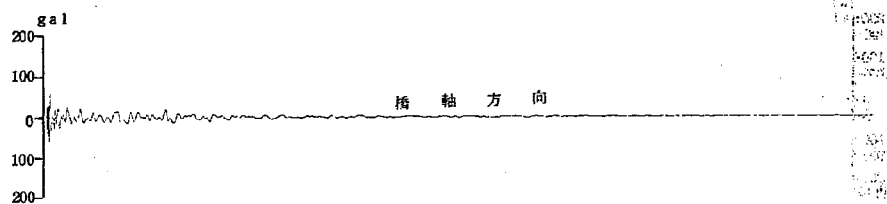
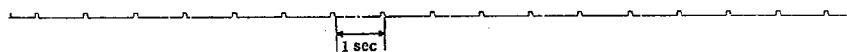


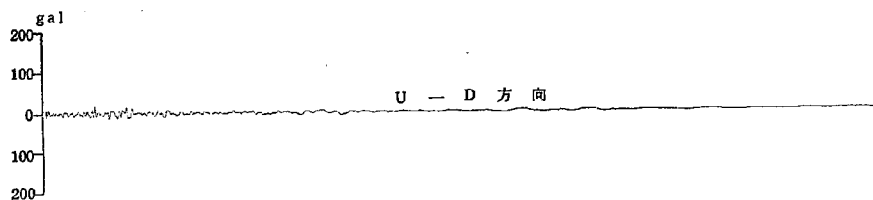
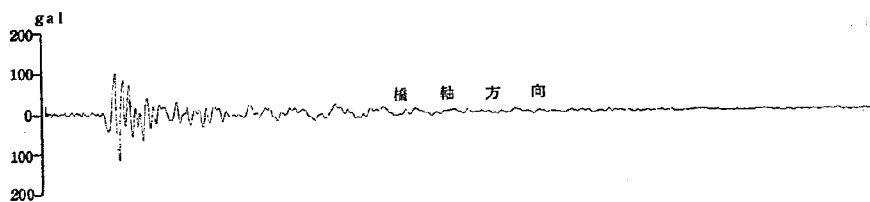
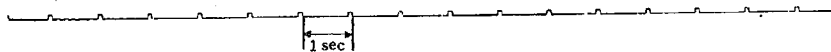


339-B-158

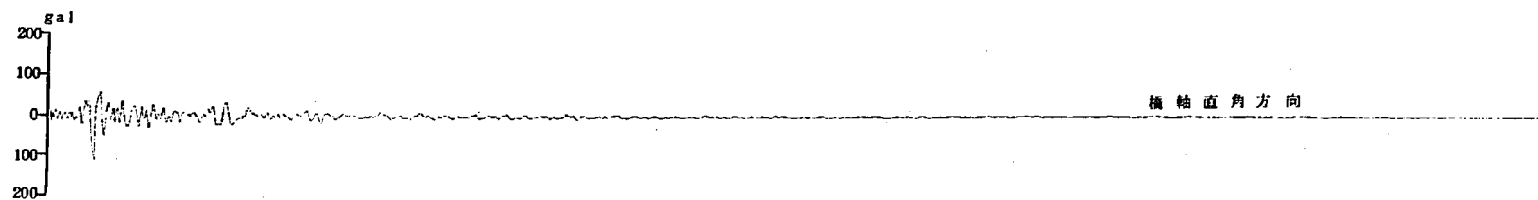
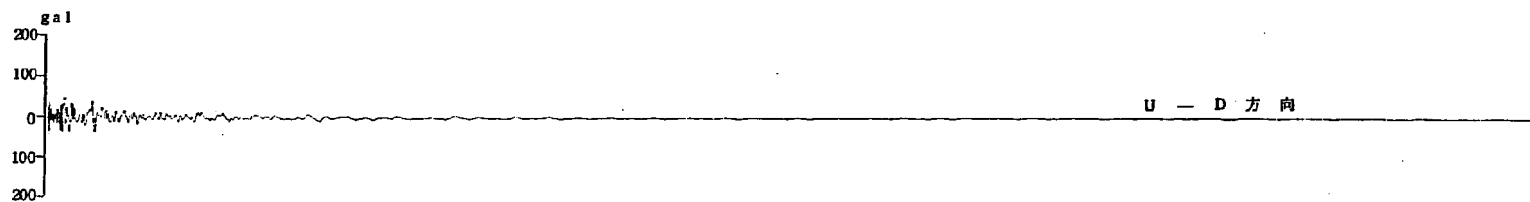
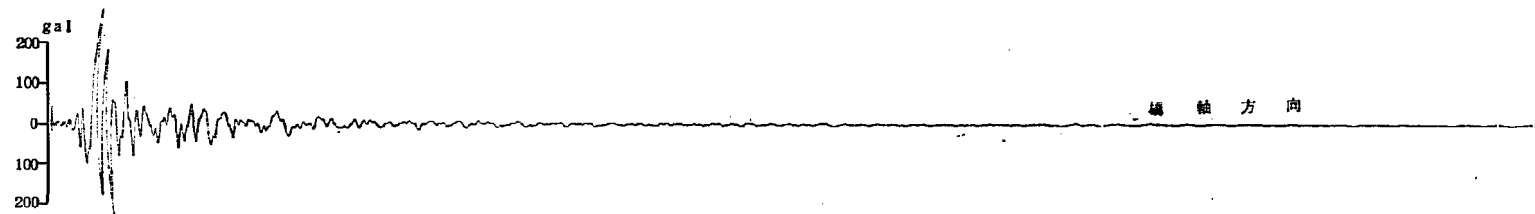
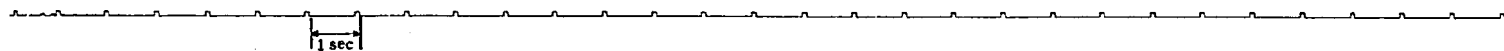


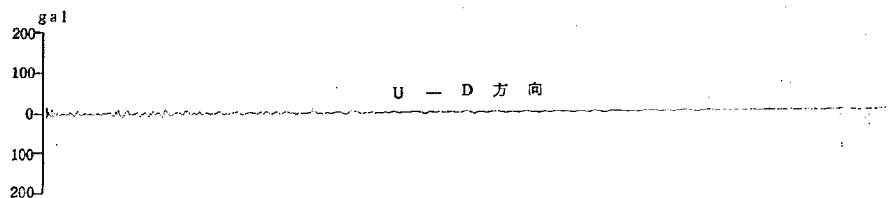
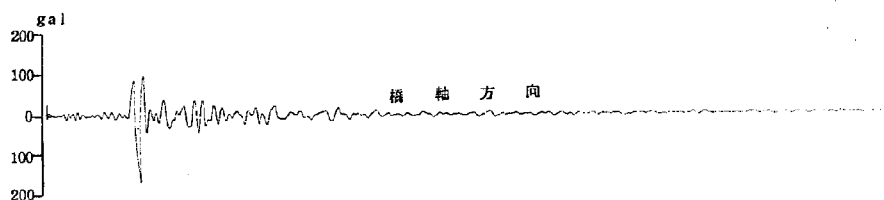
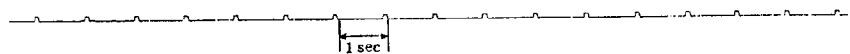
348-B-162



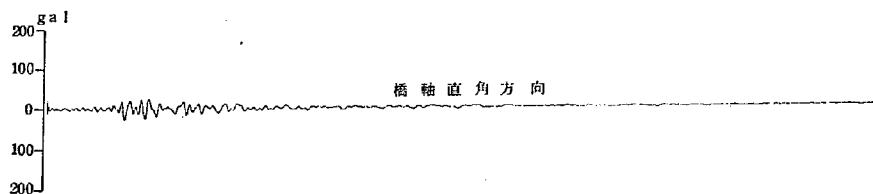
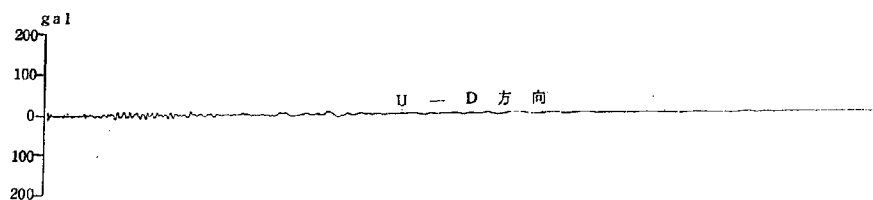
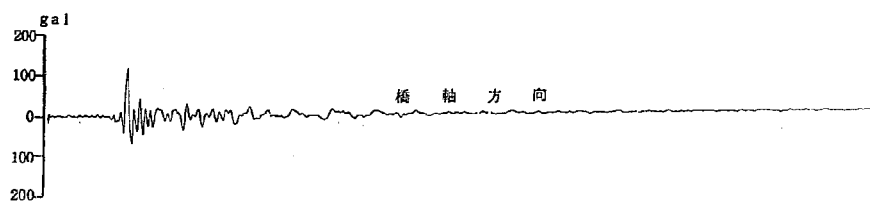
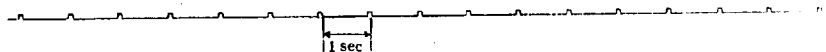


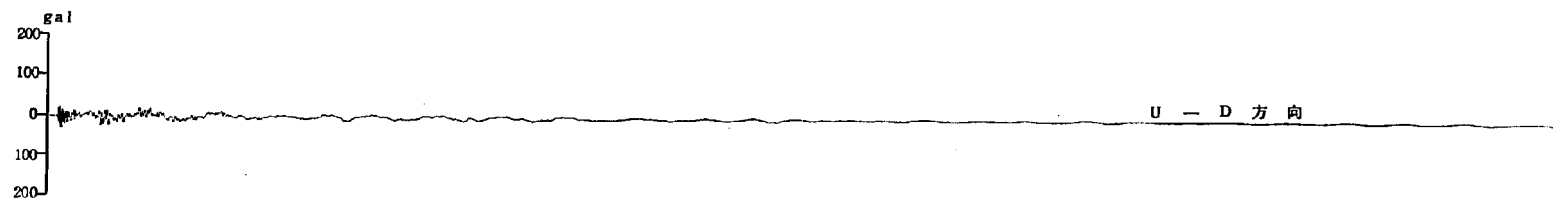
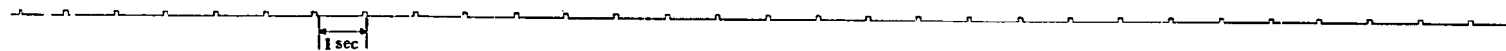
364-B-175

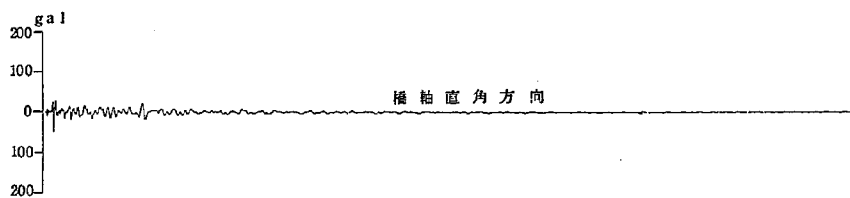
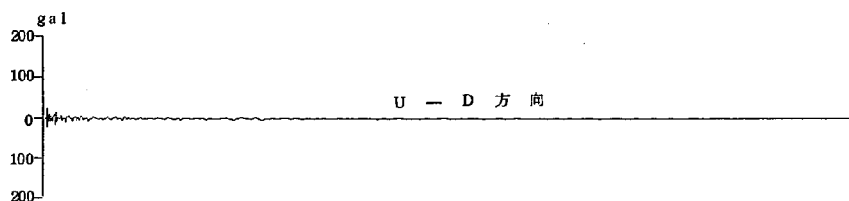
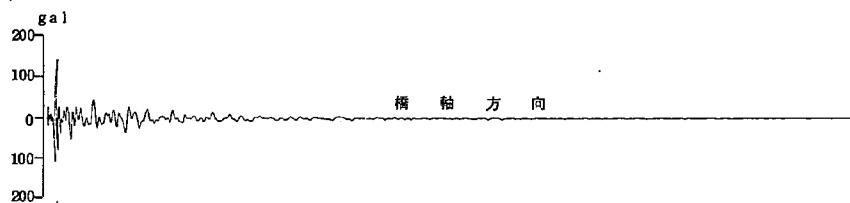
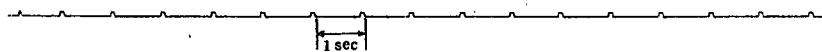




379-B-182





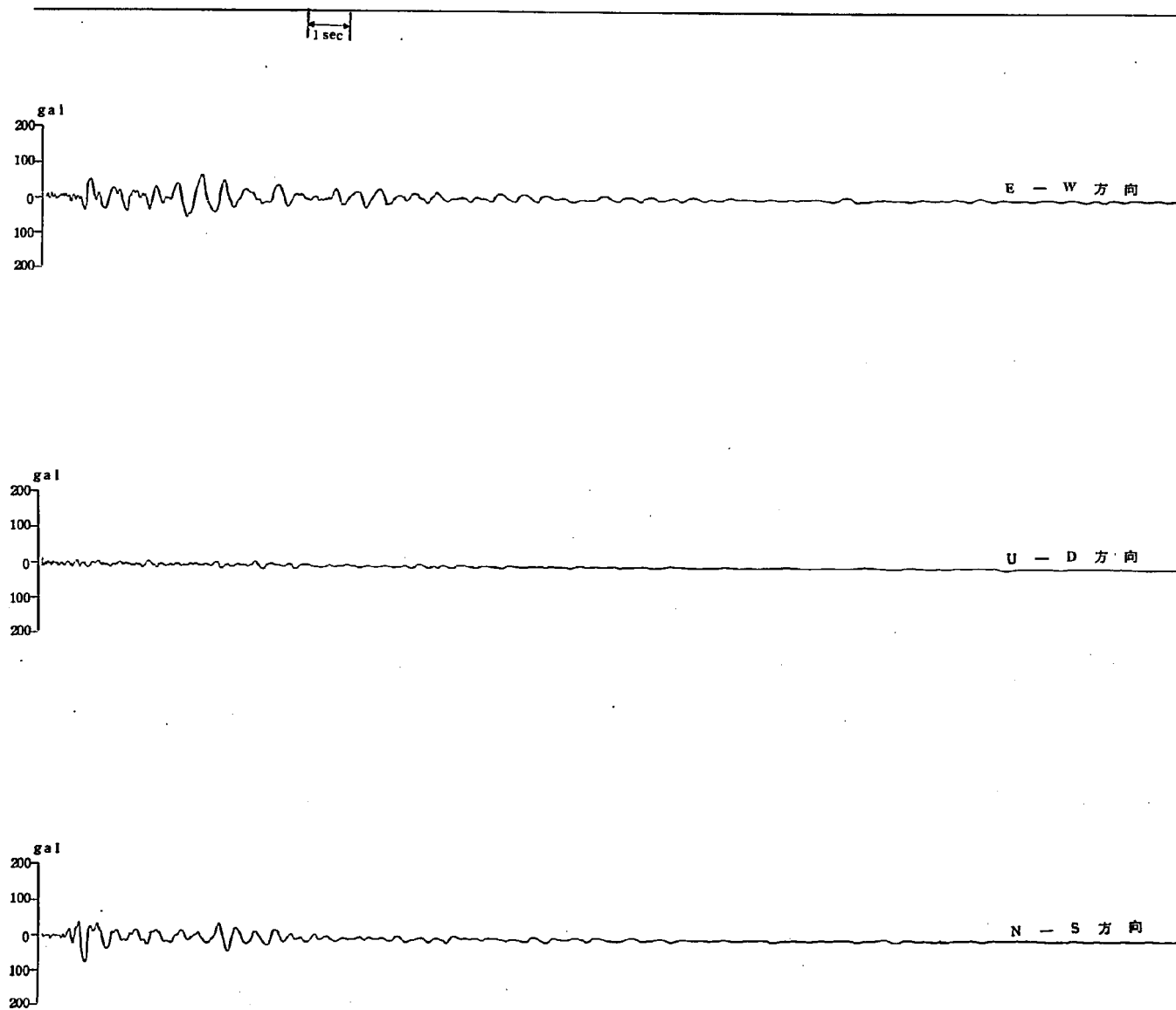


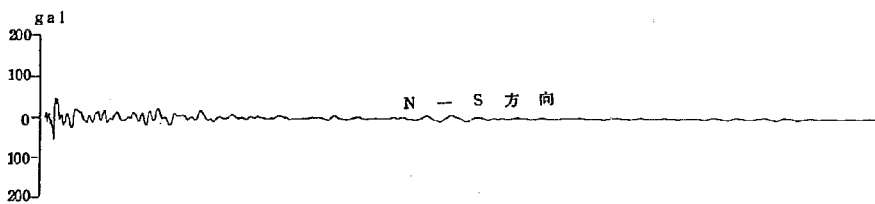
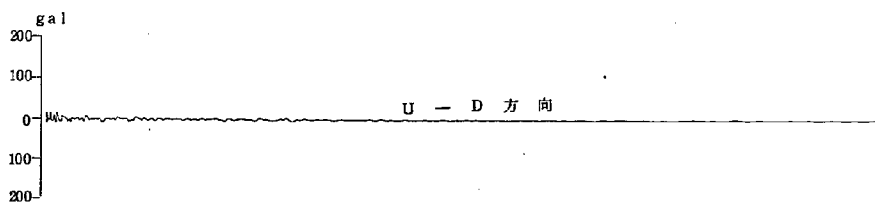
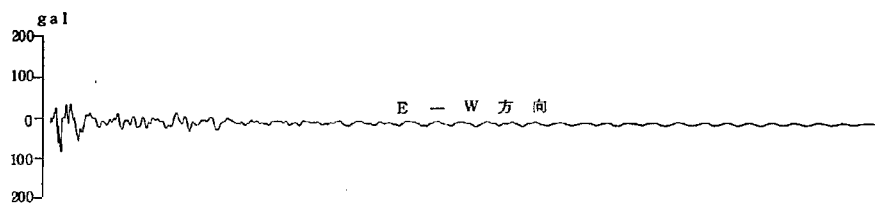
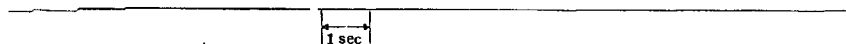
409-B-203

C) 長野出張所地盤

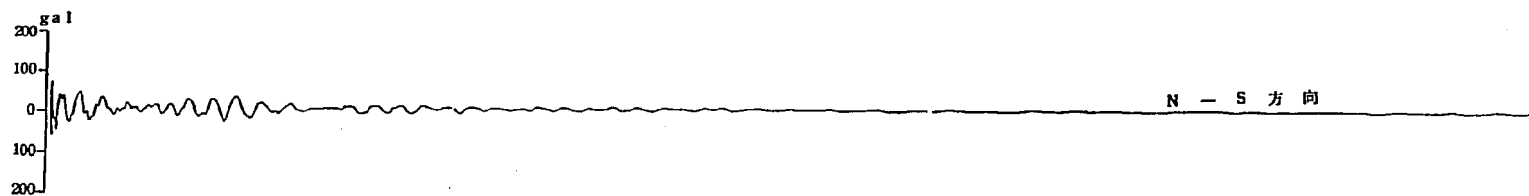
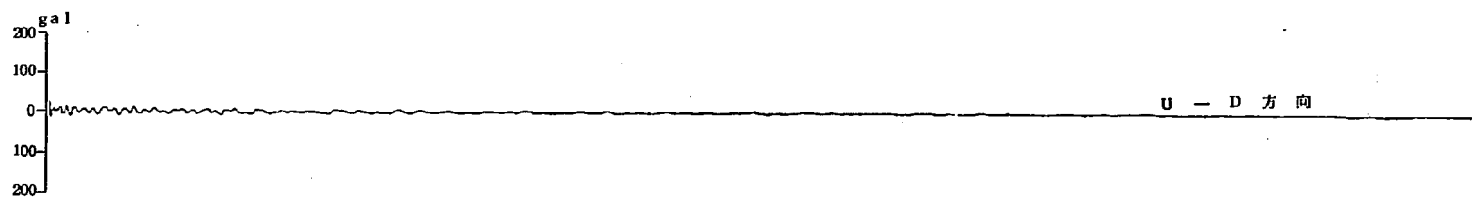
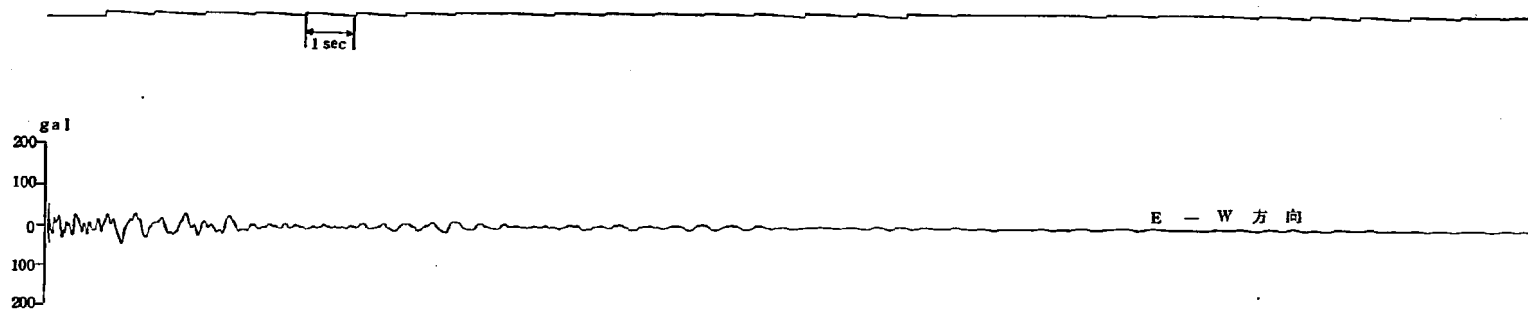
①

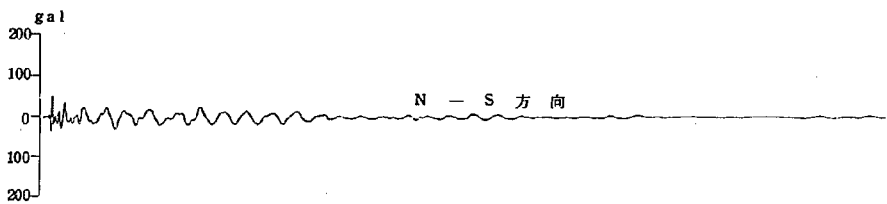
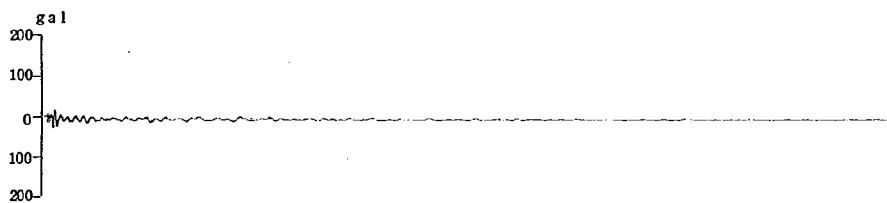
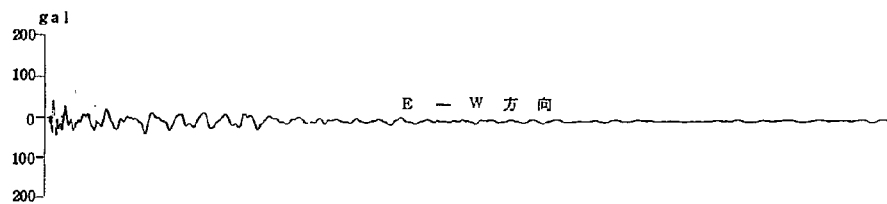
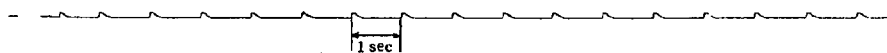
②



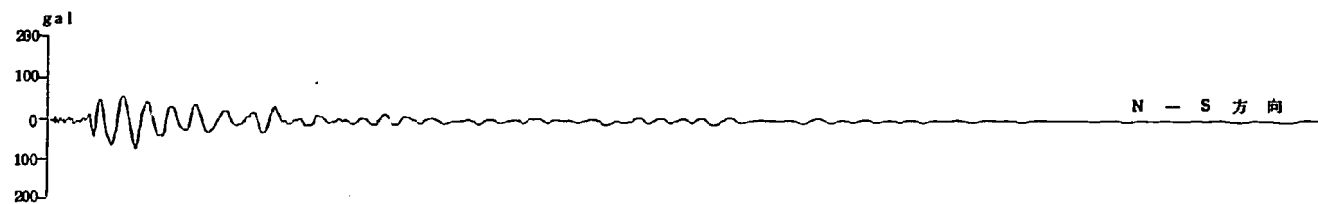
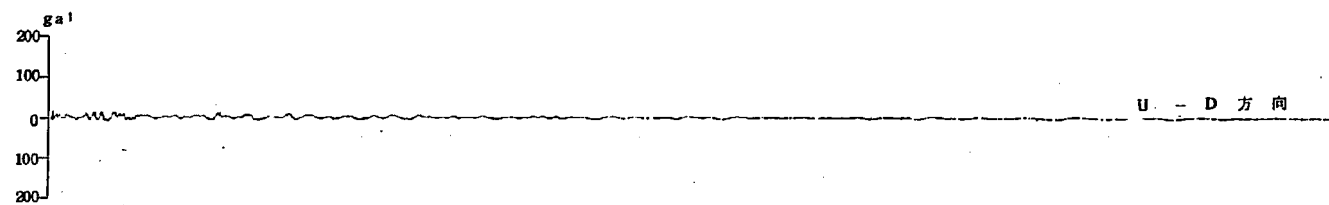
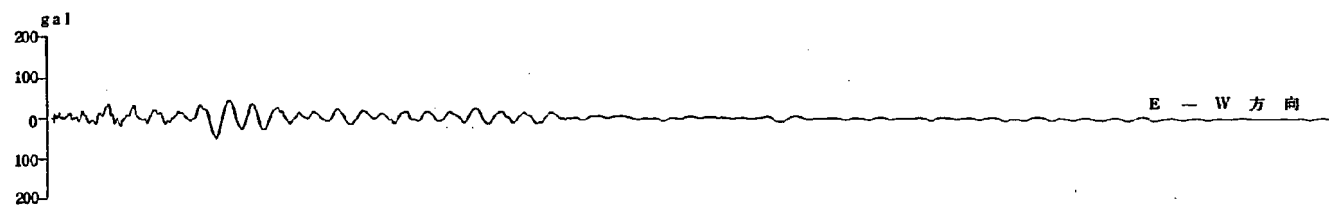


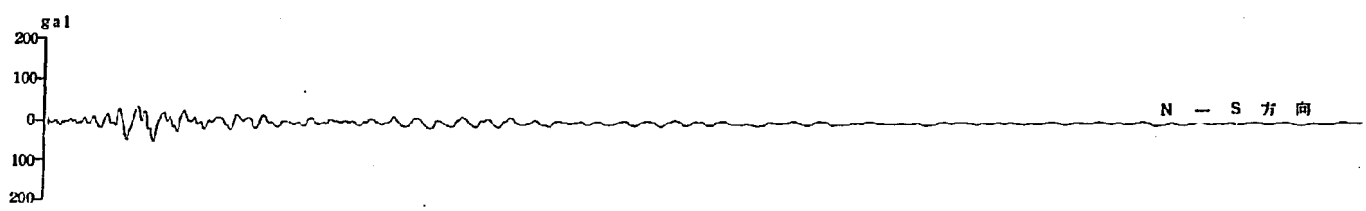
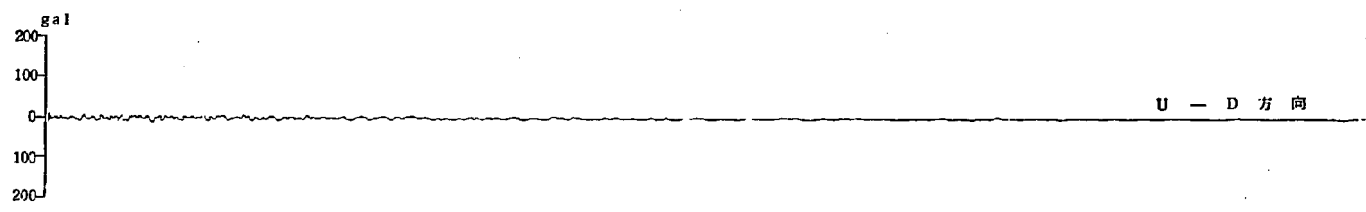
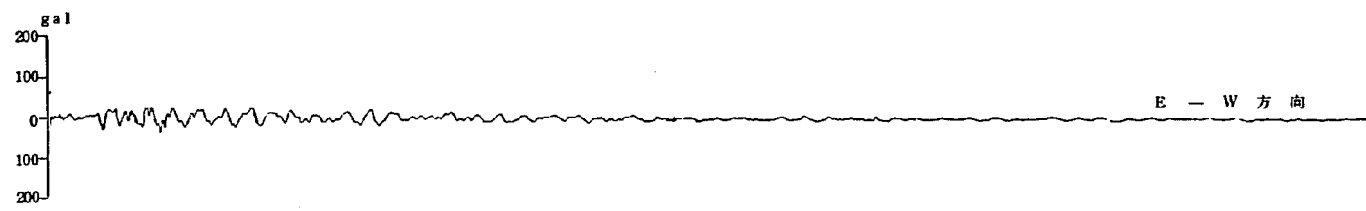
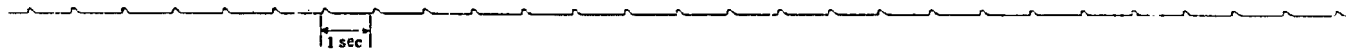
255-C-62

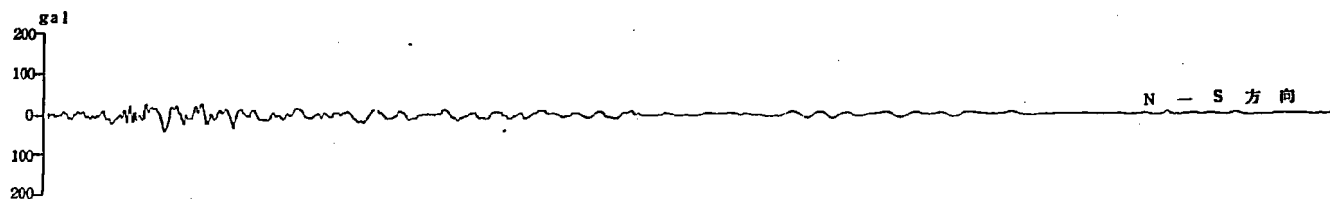
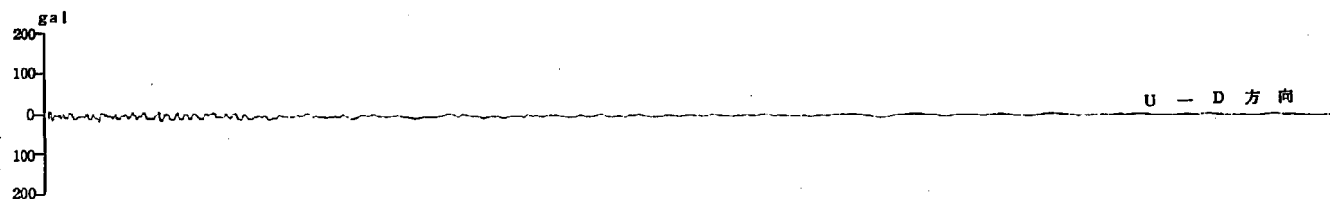
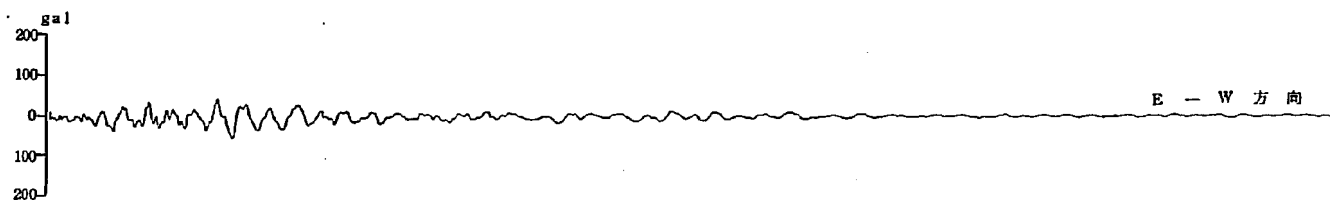
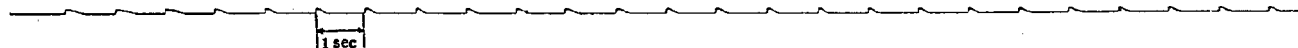




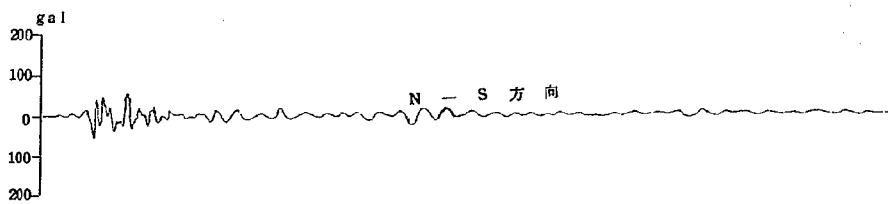
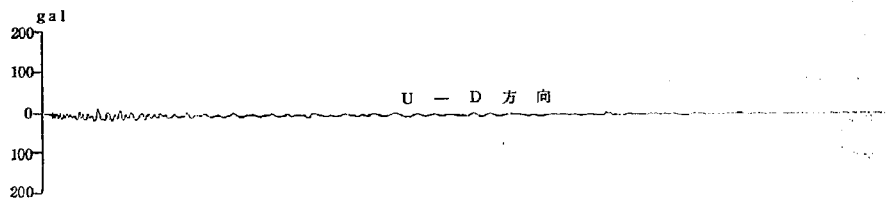
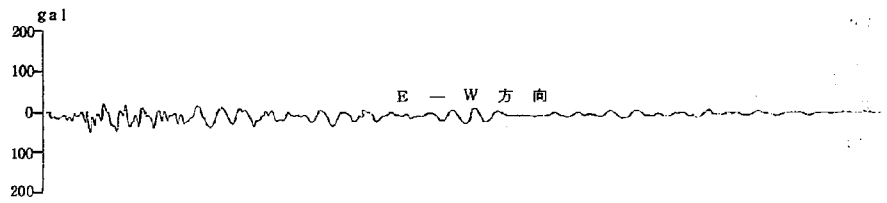
293-C-72



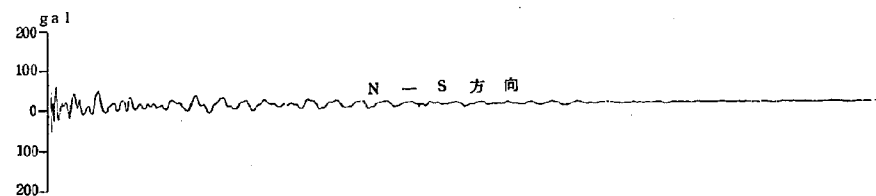
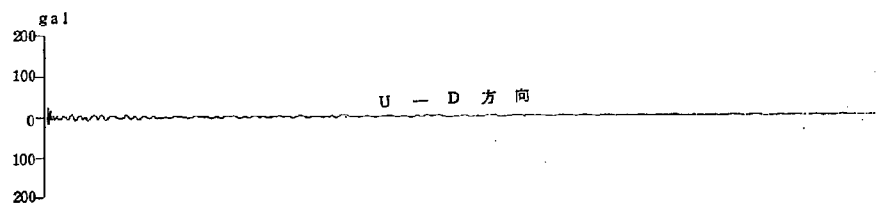
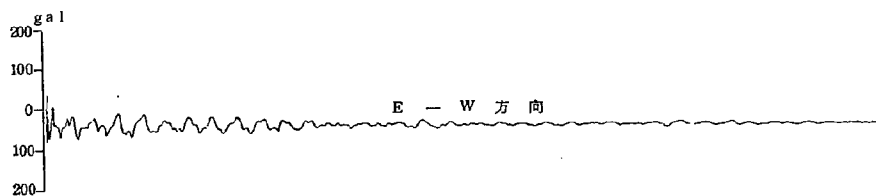
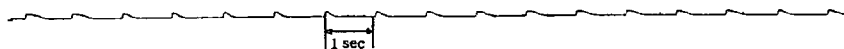




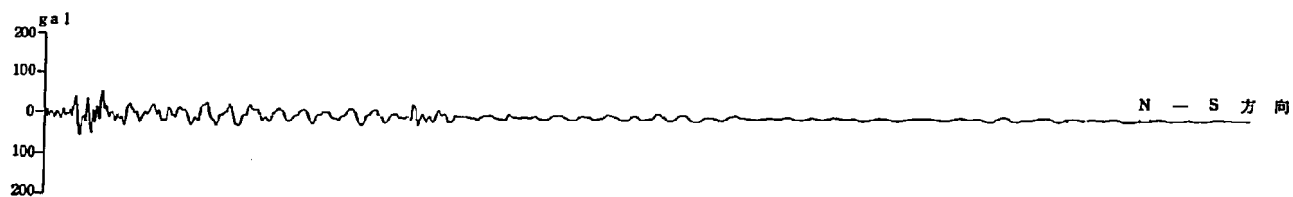
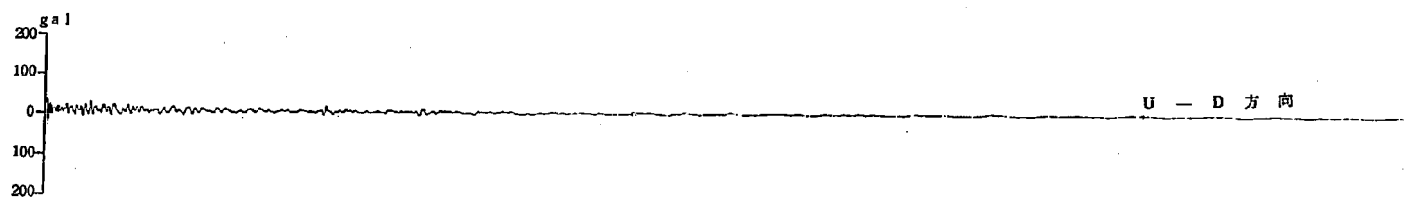
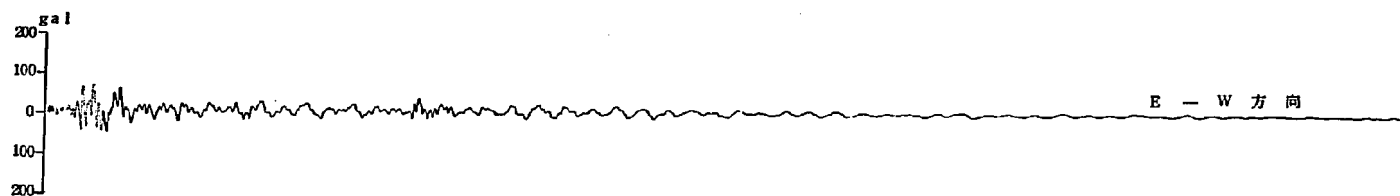
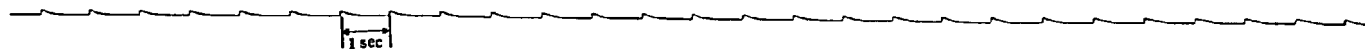
322-C-78

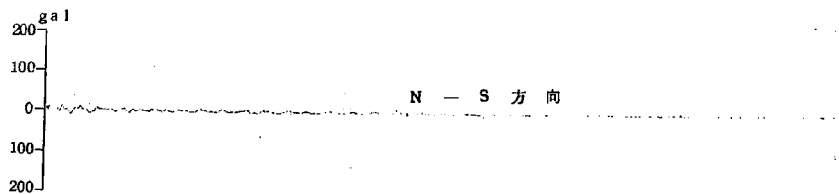
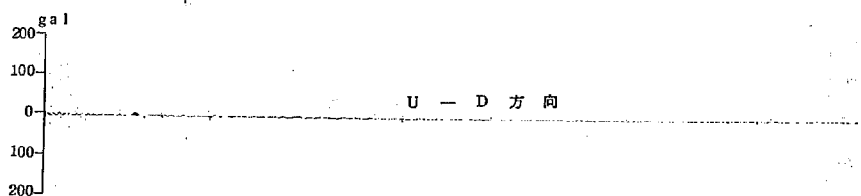
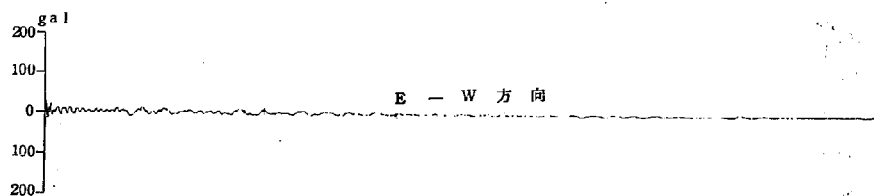
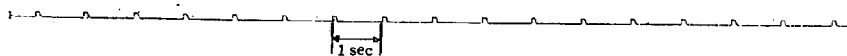


336-C-82

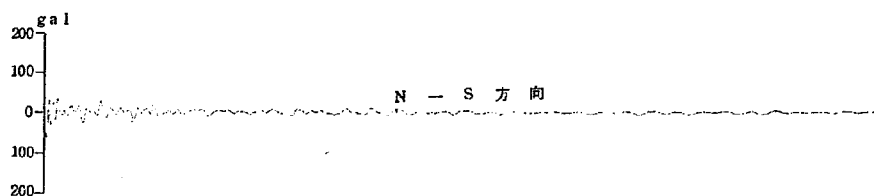
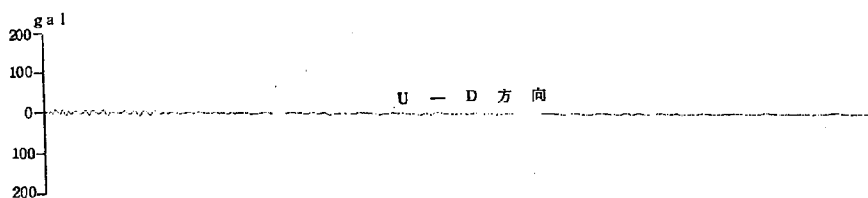
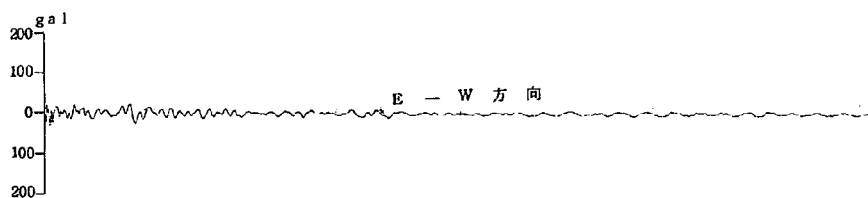
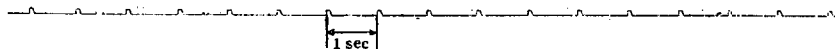


348-C-84

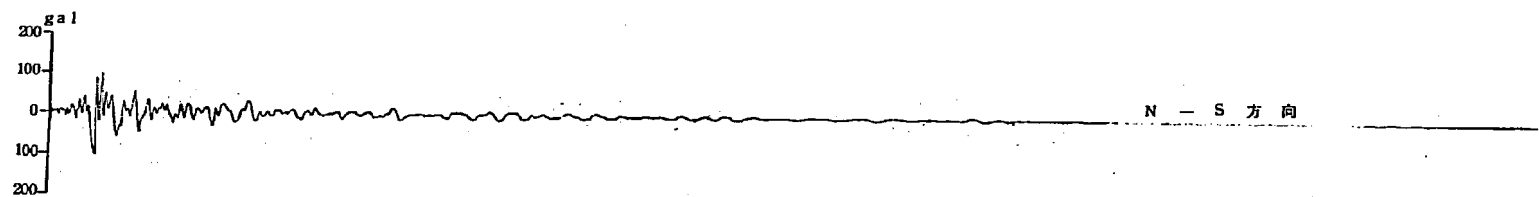
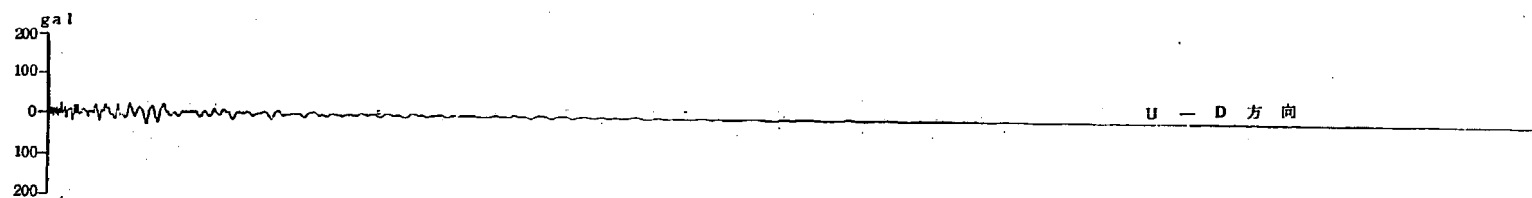
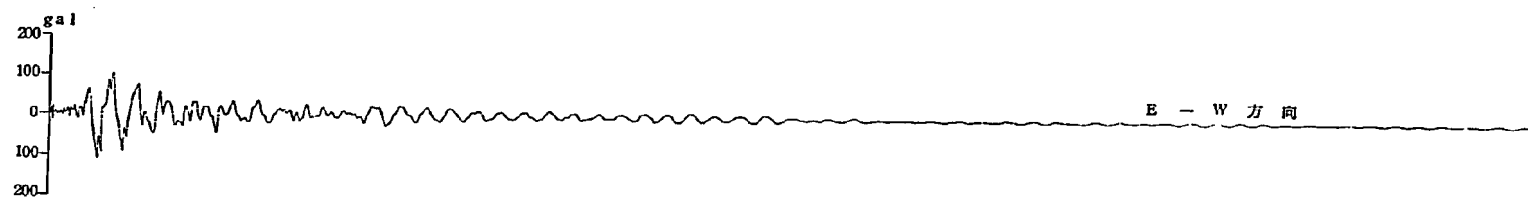
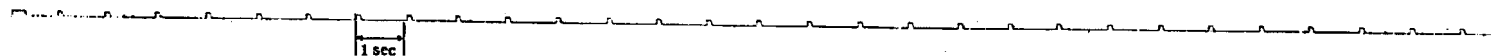


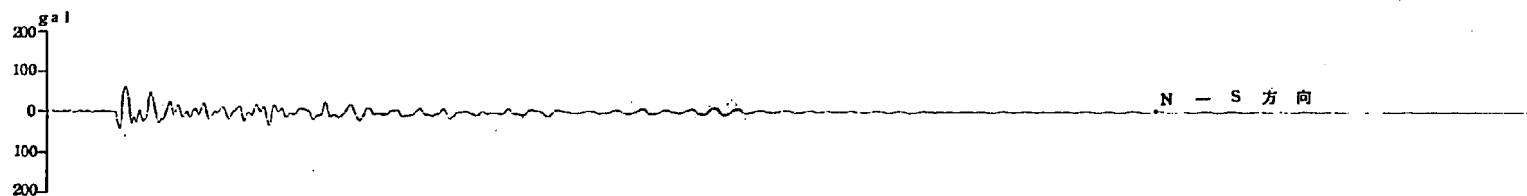
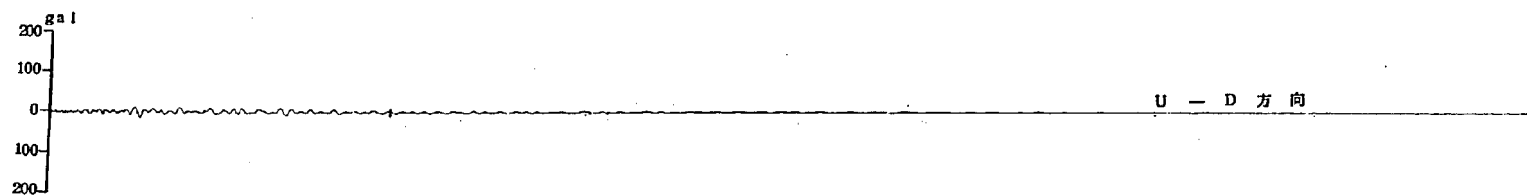
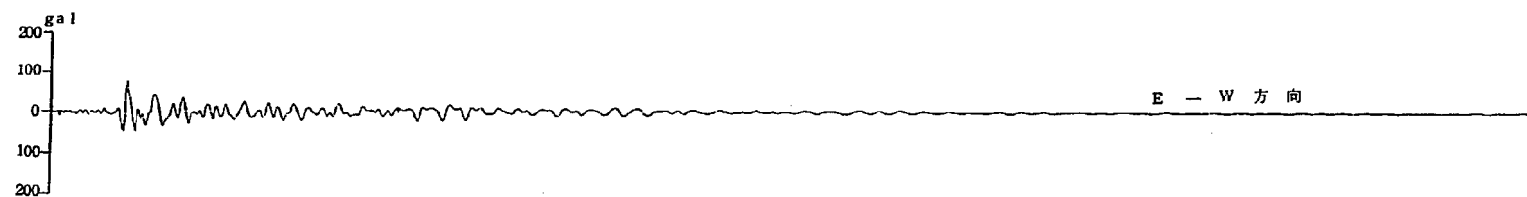
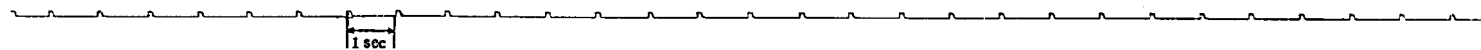


361-C-90

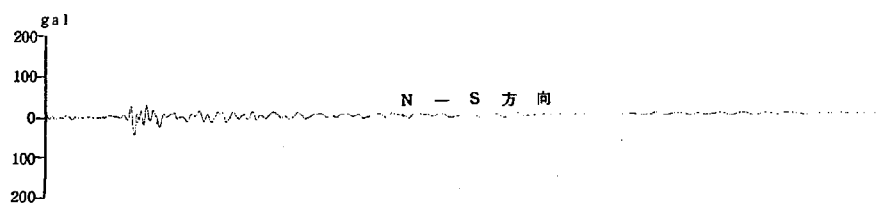
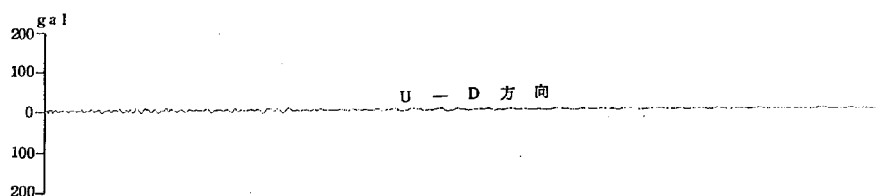
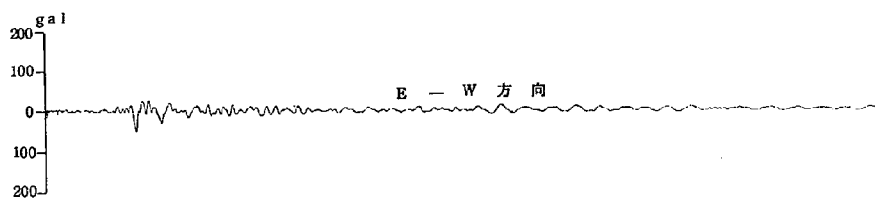
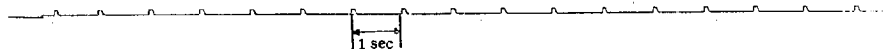


364-C-91

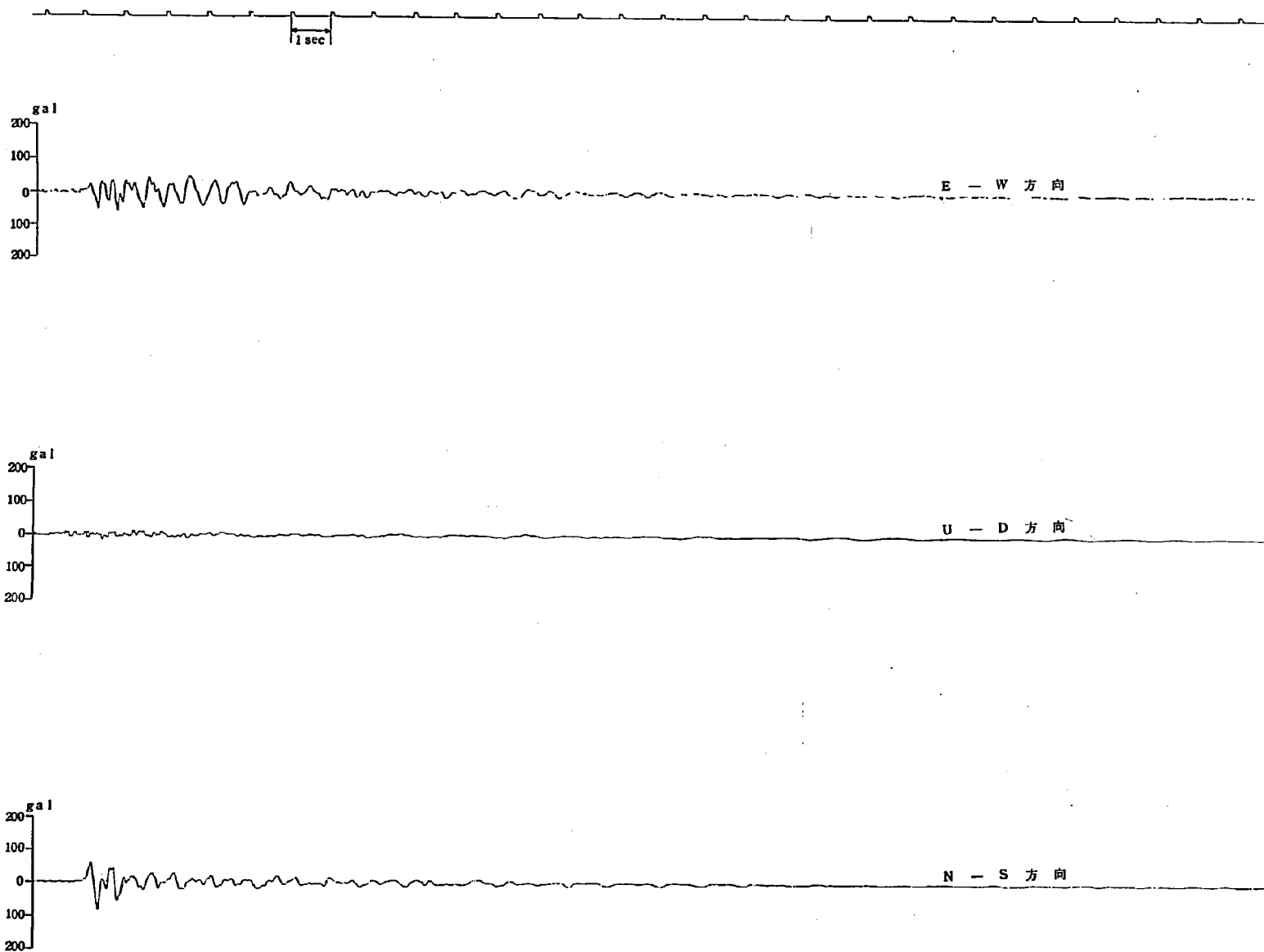




379-C-94



382-C-95



385-C-96