



土木研究所資料

第 5 8 5 号

日本道路公団委託

関門橋設計施工調査
耐震性に関する調査
報告書

昭和 4 5 年 3 月

建設省土木研究所 振動研究室

ま え が き

この報告書は、日本道路公団の委託により、建設省土木研究所が、昭和44年度に実施した関門橋地震応答解析の結果を述べたものである。

昭和44年度においては、実施設計の諸元を用いて、構造主系面に直交する方向に作用する地震に対する応答解析を行なった。

昭和45年3月

振動研究室長	栗	林	栄	一
研 究 員	小	山	田	欣 裕
研 究 員	飯	田		裕
	福	田	富	三
	森	山	英	一

目 次

ま え が き	
1. 昭和 4 4 年度調査の概要	1
2. 関門橋の概要	1
3. 解析法の概要	3
4. 力学モデル	3
5. 地震入力	6
6. 固有振動モード	5 8
7. 応答解析結果	5 8
あ と が き	5 8
参 考 文 献	5 8

1 昭和44年度調査の概要

関門橋の耐震設計は、本州四国連絡橋耐震設計指針に準じ、応答を考慮した修正震度法にもとづいて行なわれている。この設計結果を理論解析の面から検証するため、昭和44年度は構造主系面に直交する方向に作用する地震に対する応答解析を実施した。

本橋は、主径間長712m、側径間長178mの三径間吊橋である。本調査では、この三径間吊橋の上下部構造全体を73の自由度をもつ多質点系力学モデルに置き換え、平均応答スペクトル、釧路E-W'62応答スペクトル、釧路E-W'62地震加速度記録を地震入力として、モーダル・アナリシスによる方法を用いて、各種の応答を求めた。

2 関門橋の概要

関門橋は、関門国道トンネルのバイパスの役目とともに、下関市にある中国縦貫道の終点と北九州市門司区にある九州縦貫道の起点とを結ぶ高速自動車国道として、山口県下関市壇之浦町と福岡県北九州市門司区和布刈間の関門海峡早瀬の瀬戸に架設中の三径間吊橋である。

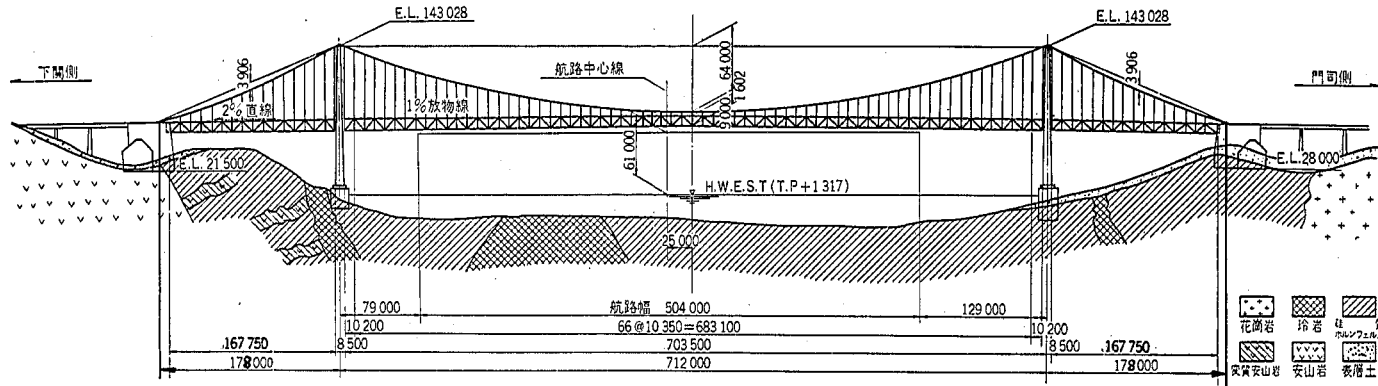
吊橋部の計画車線数は、完成6車線、暫定4車線で、将来は関門トンネルの2車線と関門橋の6車線を合わせると、関門間には1日約80,000台の自動車交通が可能となる。

関門橋の一般図を図-1に示す。

関門橋の諸数値

道路構造規格	A3級
設計速度	80 Km/hr
橋の等級	1等橋
橋長	1068 m
ケーブル中央径間長(主塔間隔)	712 m
ケーブル側径間長	178 m
補剛トラス中央支間長	703.5 m
補剛トラス側支間長	167.75 m
中央支間垂距	64 m
側支間垂距	39.06 m
桁下高	61 m (朔望平均満潮面より)
主塔高	133.8 m (海面上140.8 m)

側面図



平面図

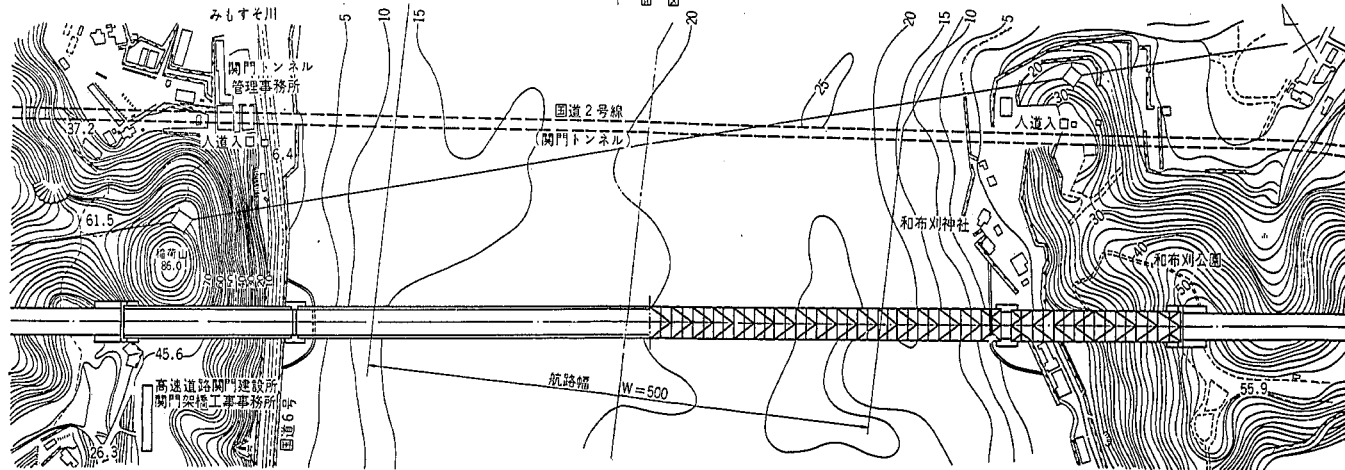


図 - 1 関門橋一般図

塔柱の中心間隔	29.5 m
ケーブル中心間隔	29 m
ケーブルの直径	667 mm
ワイヤーの本数	14014本 (ケーブル1本当たり)
ワイヤーの総延長	32500 Km (赤道の約3/4周)
ハンガーロープの径	53 mm
橋脚の平面寸法	20m×40 m
橋台の平面寸法	55m×44 m
総鋼重	約28,000 t
総コンクリート量	約150,000 m ³
(橋台1基当たりのコンクリート量 約50,000 m ³)	
工期	約5年

3 解析法の概要

日本道路公団関門建設所関門架橋工事事務所が昭和45年3月に示した諸元にもとづいて、図-2に示す73の自由度をもつ力学モデルを設定し、モーダル・アナリシスによって解析を行なった。

解析過程の概要は、つぎのとおりである。

- (1) 力学モデルの固有振動モードを求める。
- (2) 各モードごとの応答を求める。
- (3) 各モードの応答を重ね合わせて最終的な応答を求める。

この解析計算は、当所の所持する三径間吊橋の地震応答解析に関する電算プログラムSEQR(L)-3を用いて行なった。平均応答スペクトル、釧路E-W'62応答スペクトルによる応答は、減衰定数0, 2, 5%の3ケース、釧路E-W'62地震加速度記録を用いた直接応答は、2, 5%の2ケースについて求めた。直接応答の計算時間間隔は、1/100秒とした。

4 力学モデル

解析にあたり対象とした吊橋各構造部材の運動様式は表-1のとおりである。

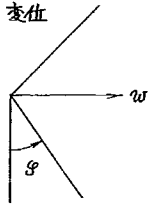
図-2に示す力学モデルに対する入力データは、つぎのとおりである。

10 下開側橋台

9 下開側倒壁間

8 下開側主塔

変位



6 中央柱間

4 門司側主塔

3 門司側倒壁間

2 門司側橋台

7 下開側橋脚

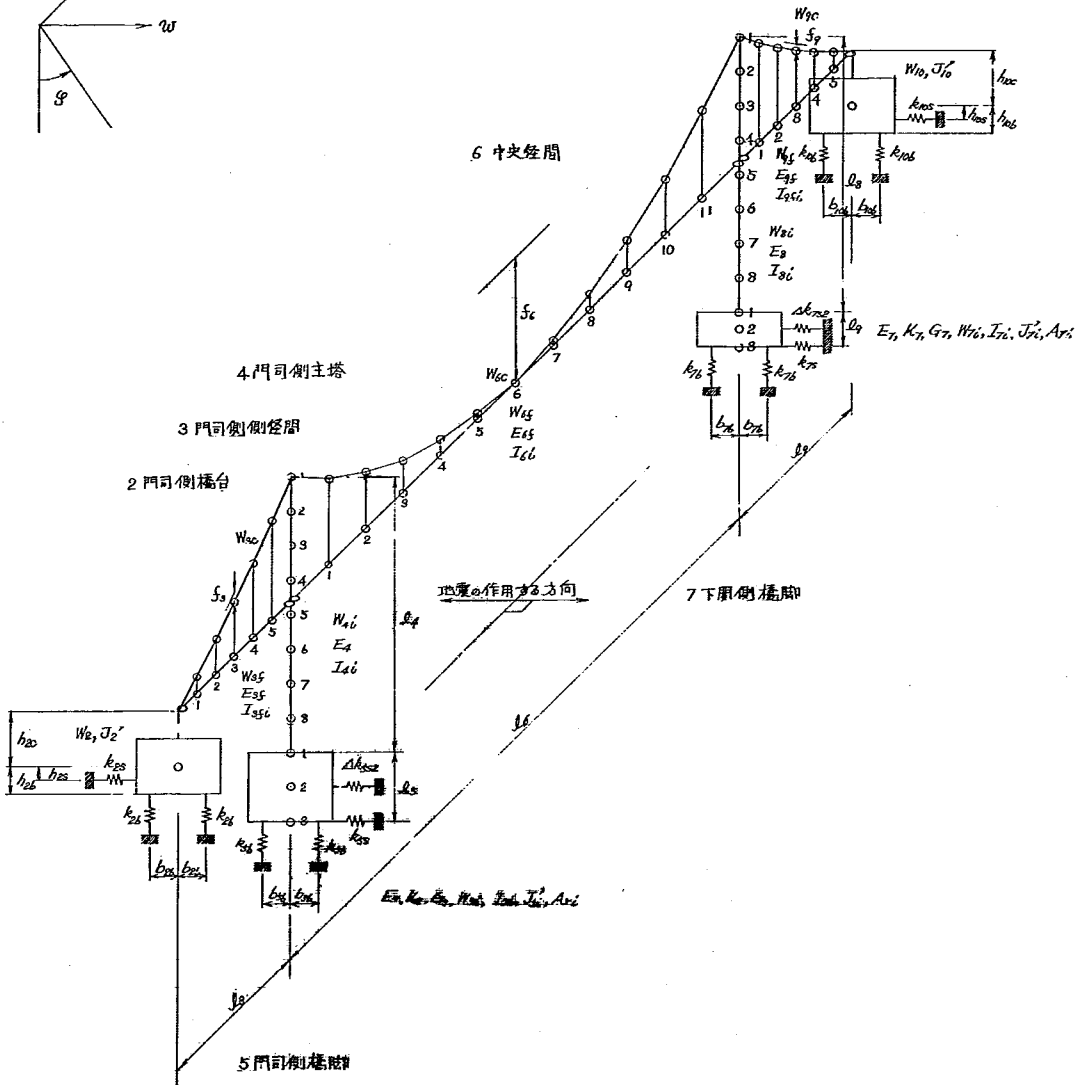


図 - 2 力学モデル

表-1 吊橋各構造部材の運動様式(面外)

構 造 部 材	運 動 様 式
橋 台	2 自由度剛体ケーソンとしての振動
橋 脚	(1) 水平振動 (2) 断面の回転振動
主 塔	水平振動
補 剛 桁	
ケ ー ブ ル	

部材番号 L=2 門司側橋台

$$\begin{aligned}
 W_2 &= 1.594 \times 10^5 \text{ t} , & J_2' &= 3.39 \times 10^7 \text{ tm}^2 , & K_{2B} &= 6.36 \times 10^6 \text{ t/m} \\
 K_{2b} &= 9.55 \times 10^6 \text{ t/m} , & h_{2c} &= 2.88 \times 10 \text{ m} , & h_{2B} &= 1.432 \times 10 \text{ m} \\
 h_{2b} &= 1.432 \times 10 \text{ m} , & e_{2c} &= 0 , & e_{2b} &= 0 \\
 b_{2b} &= 1.853 \times 10 \text{ m} , & E_c &= 2 \times 10^7 \text{ t/m}^2 , & A_c &= 5.592 \times 10^{-1} \text{ m}^2 \\
 H_w &= 2.3365 \times 10^4 \text{ t}
 \end{aligned}$$

部材番号 L=3 門司側側径間

$$\begin{aligned}
 E_{3f} &= 2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2 , & W_{3c} &= 5.132 \text{ t/m} , & W_{3f} &= 2.0814 \times 10 \text{ t/m} \\
 h_3 &= 6.5547 \text{ m} , & \ell_3 &= 1.78 \times 10^2 \text{ m} , & f_3 &= 4.3828 \text{ m} \\
 I_{3fi} &= 2.6912 \times 10 \text{ m}^4 ,
 \end{aligned}$$

部材番号 L=4 門司側主塔

$$\begin{aligned}
 E_4 &= 2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2 , & P_{4w} &= 2.0533 \times 10^4 \text{ t} , & \ell_4 &= 1.36 \times 10^2 \text{ m} \\
 W_{41} &= 2.910 \times 10^2 \text{ t} , & W_{42} &= 2.904 \times 10^2 \text{ t} , & W_{43} &= 3.076 \times 10^2 \text{ t} \\
 W_{44} &= 2.794 \times 10^2 \text{ t} , & W_{45} &= 4.412 \times 10^2 \text{ t} , & W_{46} &= 3.710 \times 10^2 \text{ t} \\
 W_{47} &= 3.668 \times 10^2 \text{ t} , & W_{48} &= 3.286 \times 10^2 \text{ t} \\
 I_{41} &= 3.476 \times 10^2 \text{ m}^4 , & I_{42} &= 3.654 \times 10^2 \text{ m}^4 , & I_{43} &= 3.771 \times 10^2 \text{ m}^4 \\
 I_{44} &= 3.877 \times 10^2 \text{ m}^4 , & I_{45} &= 4.015 \times 10^2 \text{ m}^4 , & I_{46} &= 4.197 \times 10^2 \text{ m}^4 \\
 I_{47} &= 4.320 \times 10^2 \text{ m}^4 , & I_{48} &= 4.426 \times 10^2 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

部材番号 L=5 門司側橋脚

$$\begin{aligned}
 E_5 &= 2.1 \times 10^6 \text{ t/m}^2 , & K &= 2/3 , & G_5 &= 9 \times 10^5 \text{ t/m}^2 \\
 b_{5b} &= 1.398 \times 10 \text{ m} , & K_{5B} &= 1.61 \times 10^6 \text{ t/m} , & K_{5b} &= 2.13 \times 10^4 \text{ t/m} \\
 \ell_5 &= 3 \times 10 \text{ m} , & I_{5i} &= 7.1111 \times 10^4 \text{ m}^4 , & A_{5i} &= 5.33 \times 10^2 \text{ m}^2 \\
 W_{51} &= 1.496 \times 10^4 \text{ t} , & W_{52} &= 2.940 \times 10^4 \text{ t} , & W_{53} &= 1.470 \times 10^4 \text{ t} \\
 J_{51}' &= 2.24 \times 10^6 \text{ tm}^2 , & J_{52}' &= 4.47 \times 10^6 \text{ tm}^2 , & J_{53}' &= 2.24 \times 10^6 \text{ t} \\
 \triangle K_{5B1} &= 0 , & \triangle K_{5B2} &= 1.32 \times 10^5 \text{ t/m} , & \triangle K_{5B3} &= 0
 \end{aligned}$$

部材番号 L = 6 中央径間

$$E_{ef} = 2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2, \quad W_{ec} = 5.132 \text{ t/m}, \quad W_{ef} = 1.904 \times 10 \text{ t/m}$$

$$l_e = 7.12 \times 10^2 \text{ m}, \quad f_e = 6.5547 \times 10 \text{ m}, \quad I_{ei} = 3.2799 \times 10 \text{ m}^4$$

部材番号 L = 7 下関側橋脚

$$E_f = 2.1 \times 10^8 \text{ t/m}^2, \quad K = 2/3, \quad G_s = 9 \times 10^8 \text{ t/m}^2$$

$$b_{fb} = 1.398 \times 10 \text{ m}, \quad K_{fs} = 1.44 \times 10^8 \text{ t/m}, \quad K_{fb} = 2.11 \times 10^8 \text{ t/m}$$

$$l_f = 1.4 \times 10 \text{ m}, \quad I_{fi} = 7.1111 \times 10^4 \text{ m}^4, \quad A_{si} = 5.33 \times 10^2 \text{ m}^2$$

$$W_{f1} = 7.55 \times 10^3 \text{ t}, \quad W_{f2} = 1.458 \times 10^4 \text{ t}, \quad W_{fs} = 7.29 \times 10^8 \text{ t}$$

$$J'_{f1} = 10^6 \text{ t m}^2, \quad J'_{f2} = 2 \times 10^6 \text{ t m}^2, \quad J'_{fs} = 10^6 \text{ t m}^2$$

$$\Delta K_{ssi} = 0, \quad \Delta K_{ss2} = 5 \times 10^3 \text{ t/m}, \quad \Delta K_{ss3} = 0$$

部材番号 L = 8 下関側主塔

L = 4 門司側主塔と同じ。L = 4 における添字 4 を 8 にする。

部材番号 L = 9 下関側側径間

L = 3 門司側側径間と同じ。L = 3 における添字 3 を 9 にする。

部材番号 L = 10 下関側橋台

$$W_{10} = 1.7775 \times 10^6 \text{ t}, \quad J'_{10} = 3.99 \times 10^7 \text{ t m}^2, \quad K_{10s} = 2.47 \times 10^6 \text{ t/m}$$

$$K_{10b} = 3.70 \times 10^8 \text{ t/m}, \quad h_{10c} = 3.108 \times 10 \text{ m}, \quad h_{10s} = 1.554 \times 10 \text{ m}$$

$$h_{10b} = 1.554 \times 10 \text{ m}, \quad e_{10c} = 0, \quad e_{10b} = 0$$

$$b_{10b} = 1.853 \times 10 \text{ m}, \quad E_c = 2 \times 10^7 \text{ t/m}^2, \quad A_c = 5.592 \times 10^{-1} \text{ m}^2$$

$$H_w = 2.3365 \times 10^4 \text{ t},$$

5 地震入力

設計に用いている地盤の基準水平震度は 0.15 である。解析に用いた地震入力はずきの 3 種類である。

(1) 平均応答スペクトル

図-3, 表-2 に示す土木研究所作成の平均応答スペクトル・1964。ただし地盤における最大加速度を 150 gal としたもの。

(2) 釧路 E-W'62 応答スペクトル

図-4, 表-3 に示す土木研究所作成の 1964 年釧路 E-W 成分の応答スペクトル。ただし地盤における最大加速度を 150 gal としたもの。

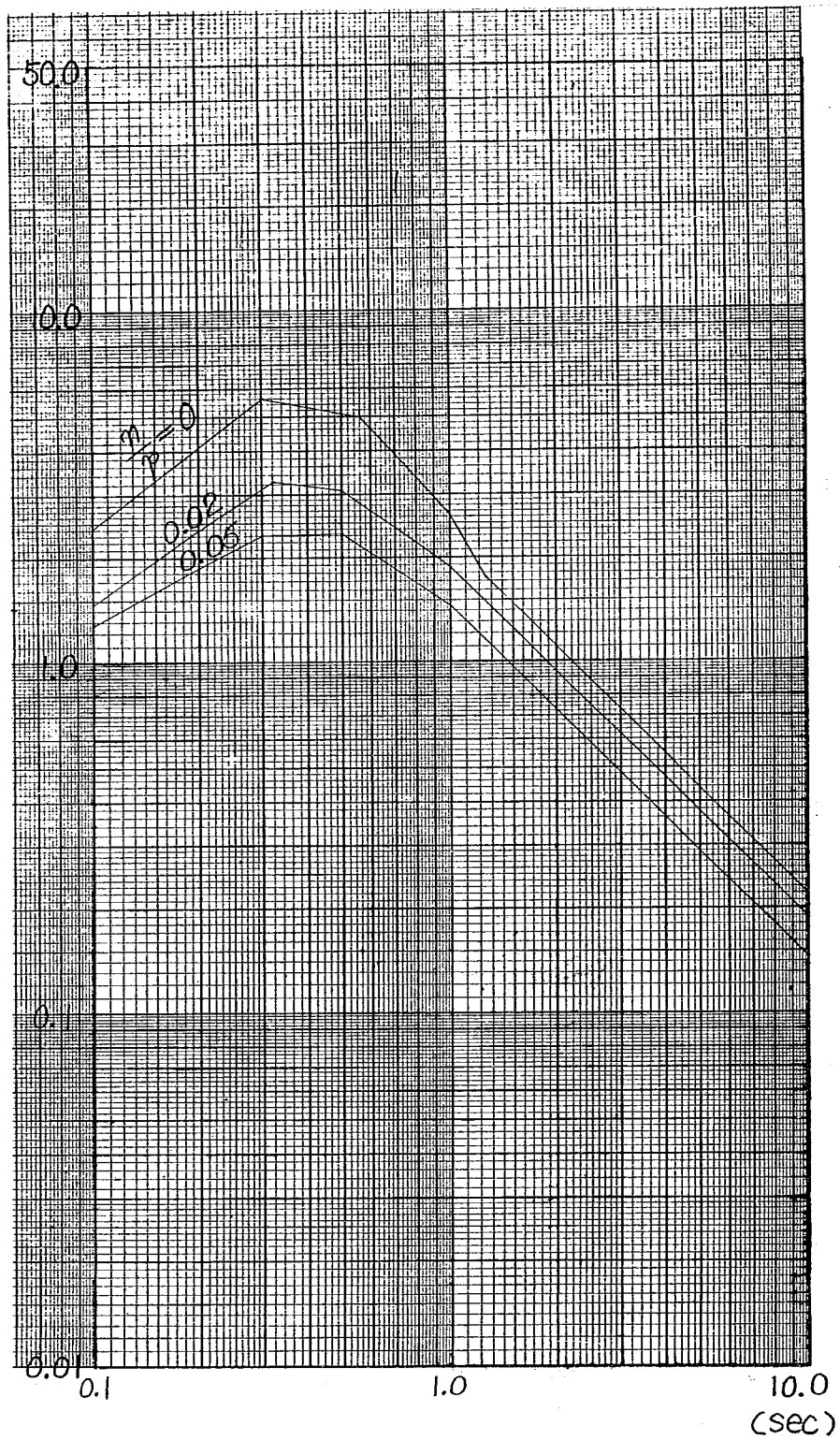
表-2 平均応答スペクトル

Natural Periods (T) sec	$\beta_{av.}=(S_A/\ddot{z}_{max})_{av}$			Natural Periods (T) sec	$\beta_{av.}=(S_A/\ddot{z}_{max})_{av}$		
	n/p=0.00	0.02	0.05		n/p=0.00	0.02	0.05
0.00	1.00	1.00	1.00	0.90	2.97	2.05	1.57
0.10	2.43	1.47	1.27	0.92	2.90	2.01	1.54
0.12	2.77	1.68	1.41	0.94	2.83	1.99	1.52
0.14	3.10	1.86	1.54	0.96	2.76	1.95	1.49
0.16	3.42	2.04	1.66	0.98	2.70	1.92	1.47
0.18	3.72	2.22	1.78	1.00	2.64	1.88	1.45
0.20	4.01	2.39	1.87	1.05	2.40	1.80	1.38
0.22	4.36	2.57	1.96	1.10	2.20	1.71	1.31
0.24	4.69	2.72	2.05	1.15	2.03	1.64	1.26
0.26	5.01	2.85	2.14	1.20	1.88	1.57	1.20
0.28	5.30	2.96	2.22	1.25	1.76	1.51	1.16
0.30	5.60	3.06	2.30	1.30	1.69	1.45	1.11
0.32	5.53	3.26	2.30	1.35	1.63	1.40	1.07
0.34	5.47	3.07	2.31	1.40	1.57	1.35	1.03
0.36	5.41	3.07	2.31	1.45	1.52	1.30	0.997
0.38	5.36	3.08	2.31	1.50	1.47	1.26	0.963
0.40	5.31	3.08	2.32	1.55	1.42	1.22	0.932
0.42	5.26	3.08	2.32	1.60	1.37	1.18	0.903
0.44	5.21	3.08	2.32	1.65	1.33	1.14	0.876
0.46	5.17	3.07	2.32	1.70	1.29	1.11	0.850
0.48	5.13	3.07	2.32	1.75	1.25	1.08	0.826
0.50	5.09	3.07	2.32	1.80	1.22	1.05	0.803
0.52	5.06	2.99	2.26	1.85	1.19	1.02	0.781
0.54	5.03	2.91	2.20	1.90	1.16	0.992	0.761
0.56	5.00	2.84	2.14	1.95	1.13	0.967	0.741
0.58	4.81	2.77	2.09	2.00	1.10	0.942	0.723
0.60	4.64	2.71	2.04	2.10	1.05	0.897	0.688
0.62	4.48	2.65	2.00	2.20	1.00	0.857	0.657
0.64	4.33	2.60	1.96	2.30	0.956	0.820	0.628
0.66	4.19	2.55	1.92	2.40	0.916	0.785	0.602
0.68	4.06	2.49	1.88	2.50	0.880	0.754	0.578
0.70	3.93	2.44	1.85	2.60	0.846	0.725	0.556
0.72	3.80	2.39	1.82	2.70	0.814	0.698	0.535
0.74	3.69	2.34	1.79	2.80	0.785	0.673	0.516
0.76	3.59	2.30	1.76	2.90	0.758	0.650	0.498
0.78	3.49	2.26	1.73	3.00	0.733	0.628	0.482
0.80	3.39	2.22	1.70	3.10	0.709	0.608	0.466
0.82	3.29	2.18	1.68	3.20	0.687	0.589	0.452
0.84	3.21	2.15	1.65	3.30	0.666	0.571	0.438
0.86	3.13	2.11	1.63	3.40	0.647	0.554	0.425
0.88	3.05	2.08	1.60	3.50	0.628	0.539	0.413

Natural Periods (T) sec	$\beta_{av.} = (S_A / \ddot{z}_{max})_{av}$			Natural Periods (T) sec	$\beta_{av.} = (S_A / \ddot{z}_{max})_{av}$		
	$\eta p = 0.00$	0.02	0.05		$\eta p = 0.00$	0.02	0.05
3.60	0.611	0.524	0.401	8.20	0.268	0.230	0.176
3.70	0.594	0.509	0.391	8.40	0.262	0.224	0.172
3.80	0.579	0.496	0.380	8.60	0.256	0.219	0.168
3.90	0.564	0.483	0.371	8.80	0.250	0.214	0.164
4.00	0.550	0.471	0.361	9.00	0.244	0.209	0.161
4.10	0.536	0.460	0.352	9.20	0.239	0.205	0.157
4.20	0.524	0.449	0.344	9.40	0.234	0.201	0.154
4.30	0.512	0.438	0.336	9.60	0.229	0.196	0.151
4.40	0.500	0.428	0.328	9.80	0.224	0.192	0.147
4.50	0.489	0.419	0.321	10.00	0.220	0.188	0.145
4.60	0.478	0.410	0.314	10.50	0.210	0.180	0.138
4.70	0.468	0.401	0.307	11.00	0.200	0.171	0.131
4.80	0.458	0.393	0.301	11.50	0.191	0.164	0.126
4.90	0.449	0.385	0.295	12.00	0.183	0.157	0.120
5.00	0.440	0.377	0.289	12.50	0.176	0.151	0.116
5.20	0.423	0.362	0.278	13.00	0.169	0.145	0.111
5.40	0.407	0.349	0.268	13.50	0.163	0.140	0.107
5.60	0.393	0.337	0.258	14.00	0.157	0.135	0.103
5.80	0.379	0.325	0.249	14.50	0.152	0.130	0.0997
6.00	0.367	0.314	0.241	15.00	0.147	0.126	0.0963
6.20	0.355	0.304	0.233	15.50	0.142	0.122	0.0932
6.40	0.344	0.295	0.226	16.00	0.137	0.118	0.0903
6.60	0.333	0.286	0.219	16.50	0.133	0.114	0.0876
6.80	0.323	0.277	0.213	17.00	0.129	0.111	0.0850
7.00	0.314	0.269	0.206	17.50	0.125	0.108	0.0826
7.20	0.305	0.262	0.201	18.00	0.122	0.105	0.0803
7.40	0.297	0.255	0.195	18.50	0.119	0.102	0.0781
7.60	0.289	0.248	0.190	19.00	0.116	0.0990	0.0761
7.80	0.282	0.242	0.185	19.50	0.113	0.0970	0.0741
8.00	0.275	0.236	0.181	20.00	0.110	0.0940	0.0723

表-3 釧路E-W'62応答スペクトル

Natural Periods (T) (sec)	$\beta = S_A/\ddot{z}_{max}$			Natural Periods (T) (sec)	$\beta = S_A/\ddot{z}_{max}$		
	$\eta/p=0.00$	0.02	0.05		$\eta/p=0.00$	0.02	0.05
0.00	1.0000	1.0000	1.0000	0.85	1.3921		
0.10	5.1370	1.9372	1.6063	0.90	1.0706	0.67064	0.52496
0.11	3.4902			0.95	1.0196		
0.12	3.9834	2.2661	1.7492	1.00	0.85479	0.69583	0.54081
0.13	5.8124			1.10	0.61506	0.43661	0.31600
0.14	2.3455	2.1552	1.9976	1.20	0.50364	0.35434	0.27827
0.15	3.2069			1.30	0.43300	0.26373	0.19955
0.16	3.8223	2.0055	1.8079	1.40	0.25875	0.22245	0.18134
0.17	4.1812			1.50	0.26447	0.21977	0.17244
0.18	5.1745	2.1660	1.6725	1.60	0.30654	0.19514	0.15909
0.19	3.7511			1.70	0.32393	0.21223	0.16815
0.20	2.7698	1.6877	1.4749	1.80	0.11758	0.12867	0.12778
0.21	5.1003			1.90	0.13694	0.12042	0.099913
0.22	2.4897	2.0142	1.9281	2.00	0.13507	0.11080	0.090593
0.23	5.6229			2.10	0.11765	0.090980	0.084936
0.24	6.3070	2.6451	2.4802	2.20	0.19125	0.11871	0.084632
0.25	6.0848			2.30	0.23232	0.13142	0.096047
0.26	5.7039	2.6881	2.6250	2.40	0.18585	0.12611	0.10050
0.27	7.4345			2.50	0.16777	0.12037	0.092872
0.28	7.2571	3.1545	2.6588	2.60	0.11711	0.090305	0.077816
0.29	6.0005			2.70	0.091819	0.076996	0.064541
0.30	9.1093	4.6327	2.9893	2.80	0.084537	0.071092	0.059474
0.32	15.765	7.6390	4.2134	2.90	0.091389	0.075257	0.068200
0.34	14.576	8.2883	5.2089	3.00	0.10326	0.088297	0.077195
0.36	16.170	7.3492	4.5018	3.50	0.14649	0.11220	0.083047
0.38	10.639	5.4596	3.4650	4.00	0.089181	0.076147	0.061348
0.40	4.0453	2.9321	2.5102	4.50	0.10891	0.077058	0.060119
0.42	4.9072	2.9683	2.3778	5.00	0.058989	0.051869	0.045074
0.44	5.2908	3.2888	2.3738	5.50	0.044525	0.038567	0.037134
0.46	3.0532	2.2758	2.0412	6.00	0.030438	0.029355	0.030509
0.48	2.2976	2.2143	1.9855	6.50	0.042128	0.037898	0.036076
0.50	5.2453	3.0831	2.0602	7.00	0.062468	0.052402	0.042278
0.55	3.5500			7.50	0.064334	0.052988	0.042208
0.60	2.5607	1.4554	1.0790	8.00	0.053238	0.043929	0.037058
0.65	1.1420			8.50	0.038400	0.033517	0.031521
0.70	0.90840	0.68614	0.60222	9.00	0.033401	0.030225	0.026348
0.75	0.95867			9.50	0.028074	0.026356	0.023723
0.80	1.1347	0.86164	0.70256	10.00	0.025083	0.023935	0.021926



固有周期 (T)

図 - 3 平均応答スペクトル曲線

動的係数 (加速度倍率) β

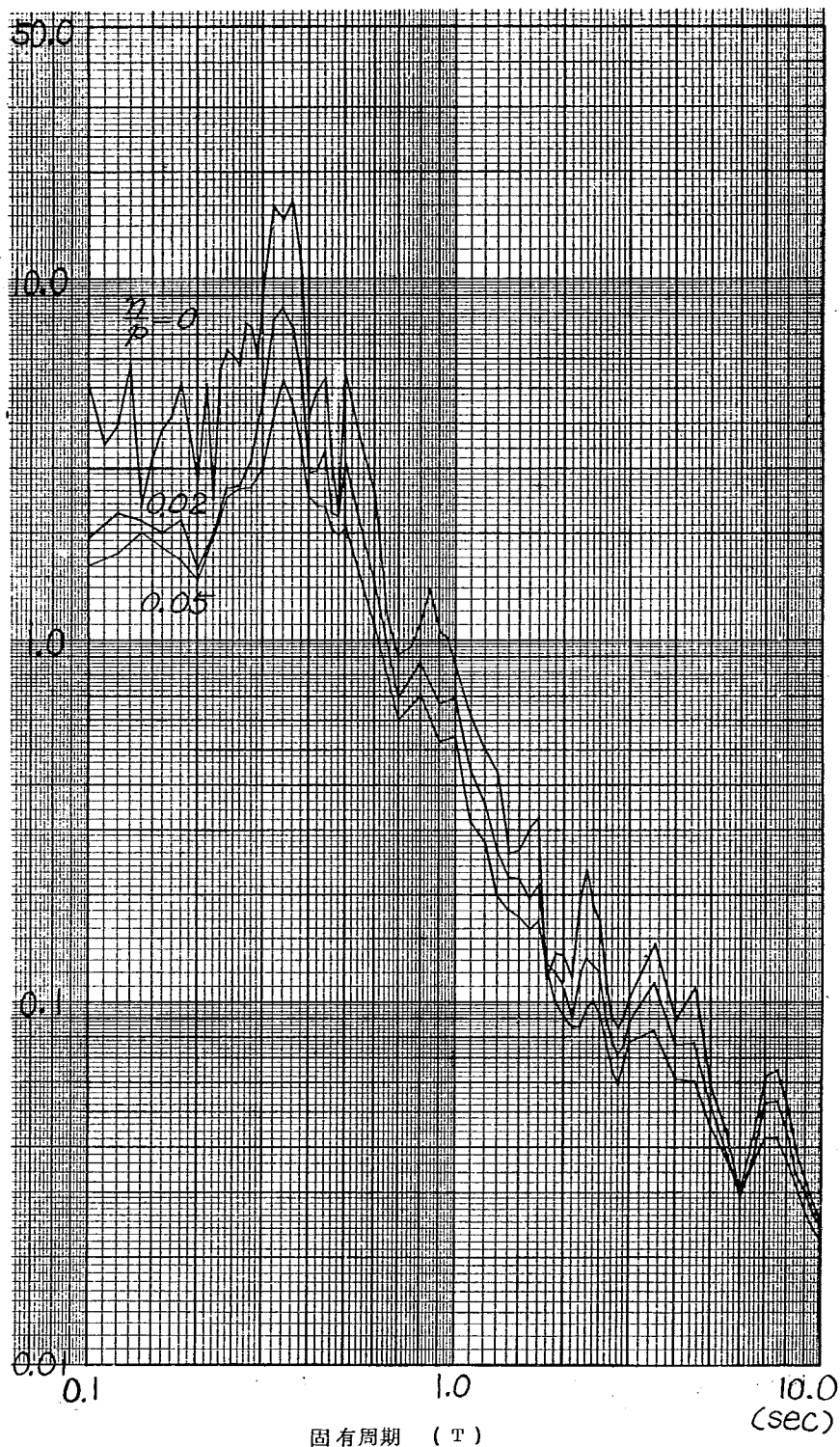
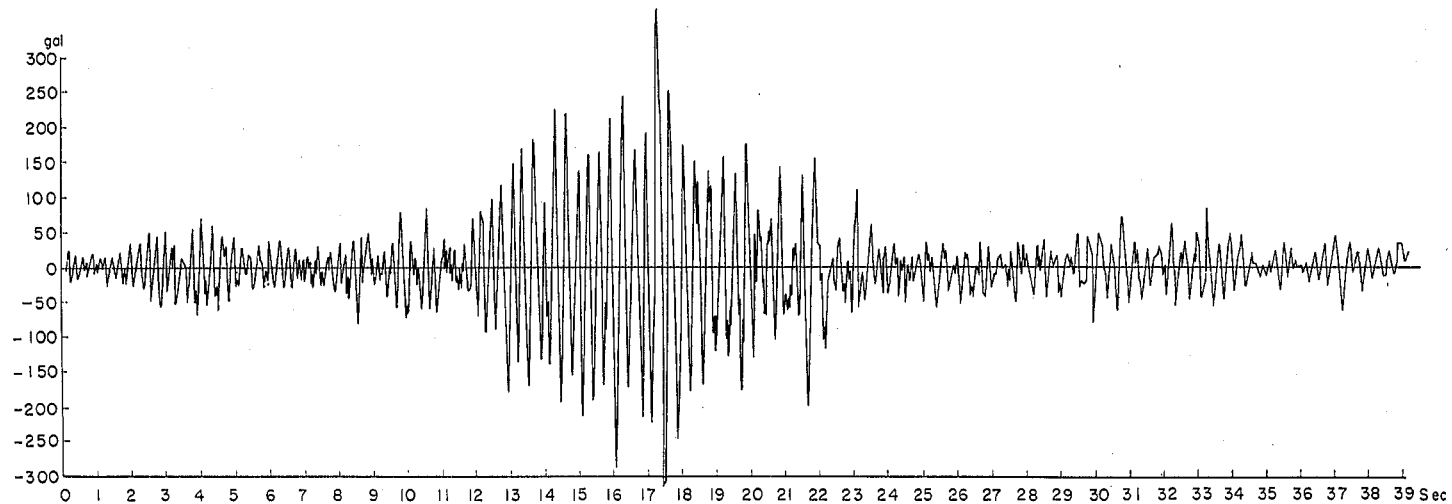


図-4 釧路E-W 62応答スペクトル曲線

図-5 釧路 E-W, '62

52



釧路地点における地震加速度	
ELE. NO	3
設置対象	地盤
型式	SMAC
成分方向	E-W
最大加速度	372.75 gal
地震年月日	1962. 4. 23

表-4 釧路E-W 62 デジタル数値

時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)
0.000	-16.000	2.260	-24.750	4.200	11.500	6.000	4.000	7.600	6.500	9.240	25.250	10.630	-50.500	12.190	-81.000	14.340	-114.750
0.100	29.000	2.300	-17.250	4.270	59.000	6.100	-28.500	7.620	14.000	9.280	-4.750	10.700	25.250	12.250	-91.000	14.350	-178.500
0.200	-19.750	2.320	-18.500	4.300	34.000	6.200	41.500	7.670	1.500	9.300	-6.000	10.790	-23.500	12.300	16.500	14.370	-177.250
0.270	16.500	2.400	47.750	4.380	-33.500	6.300	-16.000	7.700	19.000	9.350	-43.500	10.800	-64.750	12.390	95.250	14.390	-188.500
0.300	14.000	2.450	16.500	4.400	-27.250	6.370	-26.000	7.800	-14.750	9.400	-2.250	10.840	-7.250	12.500	-62.250	14.500	-37.270
0.400	-11.000	2.500	-46.000	4.430	-56.000	6.400	-4.750	7.900	-26.000	9.440	-2.250	10.870	-13.500	12.600	72.750	14.570	184.000
0.500	14.000	2.600	24.000	4.500	17.750	6.490	27.750	7.950	31.500	9.500	26.500	10.900	7.750	12.670	121.500	14.580	221.500
0.560	4.000	2.680	46.500	4.580	49.000	6.500	21.500	8.000	-1.000	9.560	35.250	10.940	11.500	12.600	-67.750	14.700	-21.000
0.600	7.750	2.700	-3.500	4.600	31.500	6.580	-31.000	8.030	-21.000	9.600	-44.750	10.980	41.500	12.780	-142.250	14.750	-151.000
0.700	-6.000	2.800	-58.500	4.630	29.000	6.600	-6.000	8.100	16.500	9.630	-42.250	11.000	35.250	12.830	-176.000	14.800	-17.250
0.760	20.250	2.900	49.000	4.700	-38.500	6.620	-6.000	8.140	19.000	9.670	-49.750	11.050	-6.000	12.890	-112.250	14.830	57.750
0.800	4.000	3.000	-38.500	4.780	-49.750	6.670	25.250	8.200	-33.500	9.700	7.750	11.070	25.250	12.980	127.750	14.890	111.500
0.840	-4.750	3.020	-21.000	4.800	4.000	6.700	19.000	8.240	-21.000	9.730	84.000	11.100	1.500	13.000	149.000	14.900	135.250
0.900	6.500	3.100	-6.000	4.900	49.000	6.760	-13.500	8.300	-42.250	9.780	69.000	11.200	-8.500	13.100	-26.000	14.990	-87.250
0.960	1.500	3.140	32.750	4.990	-27.250	6.800	10.250	8.330	34.000	9.790	75.250	11.220	10.250	13.180	131.000	15.060	-208.500
1.000	11.500	3.170	14.000	5.000	-21.000	6.870	-13.500	8.400	41.500	9.810	-11.000	11.270	-14.750	13.270	171.500	15.180	-156.500
1.100	0.250	3.200	32.750	5.050	-29.750	6.900	-8.500	8.480	4.000	9.860	-13.500	11.300	27.750	13.390	-83.500	15.220	156.500
1.180	12.750	3.300	-24.750	5.100	1.500	6.940	12.750	8.500	-33.500	9.900	-71.000	11.320	-4.750	13.410	-106.000	15.300	-6.000
1.200	-2.250	3.400	12.750	5.120	29.000	6.970	-16.000	8.530	-76.000	9.920	-57.250	11.400	-21.000	13.470	-173.500	15.360	-189.750
1.300	0.250	3.420	32.750	5.200	1.500	7.000	7.750	8.550	-24.750	9.940	-56.000	11.410	-33.500	13.560	44.000	15.480	151.500
1.320	12.750	3.500	-2.250	5.240	-8.500	7.050	16.500	8.590	-3.500	10.000	36.500	11.460	-2.250	13.580	131.500	15.490	166.500
1.400	-4.750	3.560	-52.250	5.300	19.000	7.060	1.500	8.600	41.500	10.070	16.500	11.500	-26.000	13.600	191.500	15.600	69.000
1.470	-13.500	3.600	-29.750	5.400	11.500	7.100	10.250	8.660	-21.500	10.100	1.500	11.530	0.250	13.690	107.750	15.680	-156.000
1.500	4.000	3.670	59.000	5.460	-28.500	7.130	7.750	8.700	29.750	10.120	4.000	11.570	-4.750	13.790	-78.500	15.710	-58.500
1.570	20.250	3.700	57.750	5.500	-18.500	7.160	-21.000	8.800	49.000	10.140	-11.000	11.600	41.500	13.840	-131.000	15.740	-83.500
1.600	10.250	3.790	-46.000	5.600	31.500	7.170	-8.500	8.870	1.500	10.170	14.000	11.700	-33.500	13.900	-21.000	15.800	69.000
1.700	-6.000	3.800	-36.000	5.660	24.000	7.200	-23.500	8.900	11.500	10.200	12.750	11.770	-27.250	13.940	77.750	15.810	175.250
1.770	-14.750	3.820	-68.500	5.700	6.500	7.270	7.750	8.970	-21.000	10.240	-21.000	11.800	34.000	14.000	-56.000	15.860	210.250
1.800	0.250	3.900	6.500	5.720	4.000	7.300	0.250	9.000	-9.750	10.270	-4.750	11.820	71.500	14.040	-58.500	15.980	-129.750
1.870	34.000	3.970	70.250	5.740	-13.500	7.320	31.500	9.050	-4.750	10.300	-33.500	11.900	-14.750	14.090	-106.000	16.020	-289.750
1.900	14.000	4.000	25.250	5.800	-21.000	7.380	9.000	9.070	16.500	10.380	-57.250	11.980	-62.250	14.110	-133.500	16.150	39.000
2.000	-29.750	4.080	-28.500	5.840	-8.500	7.400	-23.500	9.100	-3.500	10.400	-46.000	12.000	-21.000	14.170	144.000	16.170	166.500
2.100	36.500	4.100	-13.500	5.870	-21.000	7.460	-8.500	9.120	-14.750	10.500	50.250	12.070	81.500	14.180	201.500	16.200	247.750
2.160	35.250	4.130	-48.500	5.900	16.500	7.500	-27.250	9.200	9.000	10.510	91.500	12.100	67.750	14.210	226.500	16.300	59.000
2.200	-12.250	4.170	-48.500	5.930	36.500	7.570	25.250	9.210	20.250	10.600	-29.750	12.120	62.750	14.300	25.250	16.360	-208.500

時間 (sec)	加速度 (gal)	時間 (sec)	加速度 (gal)	時間 (sec)	加速度 (gal)	時間 (sec)	加速度 (gal)	時間 (sec)	加速度 (gal)	時間 (sec)	加速度 (gal)	時間 (sec)	加速度 (gal)	時間 (sec)	加速度 (gal)	時間 (sec)	加速度 (gal)
16.380	-158.500	17.910	111.500	19.260	-74.750	20.600	-38.500	22.160	-21.000	23.600	-17.250	25.040	36.500	26.740	-39.750	28.400	34.000
16.390	-176.000	17.940	110.250	19.280	-127.250	20.650	-103.500	22.200	-4.750	23.630	1.500	25.080	15.250	26.800	0.250	28.500	-33.500
16.490	79.000	17.950	174.000	19.330	-63.500	20.700	-60.000	22.240	84.000	23.660	29.000	25.100	19.000	26.830	30.250	28.520	-43.500
16.540	161.500	17.970	170.250	19.360	-81.000	20.720	74.000	22.300	10.250	23.680	14.000	25.180	-6.000	26.870	-1.000	28.600	16.500
16.580	125.250	18.100	-43.500	19.400	16.500	20.760	79.000	22.320	16.500	23.700	14.000	25.200	14.000	26.900	-12.250	28.700	4.000
16.700	4.000	18.150	-176.000	19.440	44.000	20.780	141.500	22.340	-26.000	23.770	-33.500	25.300	-33.500	26.930	-29.750	28.780	11.500
16.750	-216.000	18.180	-142.250	19.480	154.000	20.820	49.000	22.400	-31.000	23.800	16.500	25.340	-56.000	27.000	-11.000	28.800	4.000
16.880	136.500	18.240	70.250	19.600	-67.250	20.900	-63.500	22.460	37.750	23.830	19.000	25.400	-21.000	27.040	-11.000	28.840	-38.500
16.930	191.500	18.270	107.750	19.620	-46.000	20.940	-37.250	22.500	41.500	23.850	29.000	25.500	34.000	27.070	6.500	28.880	-28.500
16.990	-116.500	18.280	150.250	19.630	-171.000	21.000	-46.000	22.520	41.500	23.900	-11.000	25.540	19.000	27.100	14.000	28.900	-32.250
17.050	-224.750	18.310	89.000	19.700	-83.500	21.010	-58.500	22.600	-14.750	23.920	-38.500	25.580	26.500	27.180	19.000	28.940	-41.000
17.060	-299.750	18.350	121.500	19.730	-109.000	21.040	-28.500	22.640	-33.500	24.000	-21.000	25.600	20.250	27.200	9.000	29.000	6.500
17.160	0.000	18.370	61.500	19.770	25.250	21.080	-51.000	22.670	-26.000	24.040	16.500	25.700	-26.000	27.230	0.000	29.100	16.500
17.170	361.500	18.390	104.000	19.780	176.500	21.100	-48.500	22.700	-51.000	24.100	34.000	25.800	-1.000	27.260	-1.000	29.180	0.250
17.180	341.500	18.440	10.250	19.900	79.000	21.160	30.250	22.750	9.000	24.140	11.500	25.830	-1.000	27.300	1.500	29.200	6.500
17.190	346.500	18.470	-3.500	19.920	-12.250	21.180	19.000	22.800	-14.750	24.200	165.000	25.870	-4.750	27.360	-29.750	29.300	-13.500
17.200	372.750	18.490	-81.000	19.940	-14.750	21.200	34.000	22.820	-3.500	24.280	-31.000	25.900	4.000	27.400	-19.750	29.370	44.000
17.260	186.000	18.550	-183.500	19.960	-123.500	21.300	9.000	22.870	-62.250	24.300	-8.500	25.940	16.500	27.430	-4.750	29.400	31.500
17.350	0.000	18.580	-151.000	19.990	-98.500	21.380	-64.750	22.900	6.500	24.330	9.000	26.000	-31.000	27.490	-11.000	29.480	-28.500
17.370	-179.750	18.650	41.500	20.030	-128.500	21.400	-6.000	22.930	70.250	24.370	1.500	26.030	-51.000	27.500	21.500	29.500	-23.500
17.390	-313.500	18.670	41.500	20.090	49.000	21.460	135.250	22.970	64.750	24.400	16.500	26.080	-7.250	27.600	-43.500	29.520	-21.000
17.400	-312.250	18.680	131.500	20.100	-12.250	21.500	71.500	22.990	106.500	24.450	-43.500	26.100	-8.500	27.620	-43.500	29.540	-33.500
17.440	-307.250	18.720	112.750	20.150	81.500	21.580	-129.750	23.090	-58.500	24.500	5.250	26.140	20.250	27.700	36.500	29.570	-23.500
17.550	89.000	18.750	116.500	20.200	45.250	21.610	-194.750	23.100	-46.000	24.570	-13.500	26.200	16.500	27.780	-4.750	29.600	-21.000
17.560	166.500	18.790	96.500	20.240	32.750	21.700	-21.000	23.110	-28.500	24.600	-8.500	26.230	20.250	27.800	-6.000	29.640	-18.500
17.570	249.000	18.880	-88.500	20.280	-29.750	21.710	84.000	23.130	-36.000	24.630	16.500	26.300	-22.250	27.840	36.000	29.680	45.250
17.590	212.750	18.890	-88.500	20.300	-19.750	21.780	154.000	23.180	-8.500	24.680	-17.250	26.320	-39.750	27.900	0.250	29.700	35.250
17.680	71.500	18.900	-74.750	20.350	-64.750	21.880	37.750	23.200	-11.000	24.700	-8.500	26.360	-29.750	27.960	21.500	29.800	16.500
17.700	74.000	18.940	-117.250	20.360	-58.500	21.900	32.750	23.240	-43.500	24.730	-1.000	26.400	-39.750	28.000	1.500	29.890	-79.750
17.710	24.000	19.000	19.000	20.400	-66.000	21.930	-13.500	23.300	-8.500	24.780	0.250	26.480	1.500	28.100	-36.000	30.000	41.500
17.740	11.500	19.020	96.500	20.420	36.500	21.970	-7.250	23.360	-0.850	24.800	19.000	26.500	-1.000	28.170	-33.500	30.100	29.000
17.770	-174.750	19.080	132.750	20.450	36.500	22.000	-28.500	23.400	25.250	24.880	6.500	26.540	-4.750	28.200	25.250	30.120	1.500
17.800	-251.000	19.100	159.000	20.480	64.000	22.030	-104.750	23.460	66.500	24.900	-33.500	26.600	35.250	28.240	4.000	30.200	-8.500
17.840	-198.500	19.200	-16.000	20.500	61.500	22.070	-91.000	23.500	10.250	24.980	-41.000	26.680	-33.500	28.300	7.750	30.250	-46.000
17.850	-188.500	19.220	-99.750	20.530	69.000	22.090	-117.250	23.560	-5.600	25.000	-3.500	26.700	-36.000	28.330	-4.750	30.300	-12.250

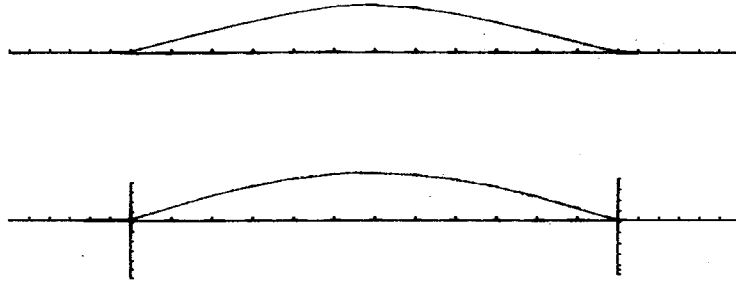
時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)	時 間 (sec)	加速度 (gal)
30.350	29.000	32.250	-58.500	34.300	-26.000	36.300	12.750	38.700	4.000								
30.400	21.500	32.300	-33.500	34.370	-13.500	36.400	-21.000	38.780	36.500								
30.460	14.000	32.400	20.250	34.380	4.000	36.500	11.500	38.800	31.500								
30.470	-8.500	32.450	7.750	34.400	9.000	36.560	31.500	38.900	6.500								
30.500	-17.250	32.500	35.250	34.470	20.250	36.600	20.250	39.000	19.000								
30.550	-66.000	32.600	1.500	34.500	6.500	36.700	-28.500										
30.600	-33.500	32.650	-48.500	34.580	6.500	36.780	6.500										
30.690	75.250	32.700	-18.500	34.600	4.000	36.800	7.250										
30.800	-11.000	32.740	14.000	34.700	-16.000	36.900	46.500										
30.840	-17.250	32.800	12.750	34.740	-4.750	37.000	-18.500										
30.880	-51.000	32.840	46.500	34.800	-1.000	37.100	-67.250										
30.900	-51.000	32.900	32.750	34.900	-11.000	37.200	10.250										
30.980	-4.750	32.990	-17.250	34.970	6.500	37.300	34.000										
31.000	29.000	33.000	-43.500	35.000	-4.750	37.390	16.500										
31.060	4.000	33.100	-21.000	35.040	-6.000	37.400	-8.500										
31.100	20.250	33.170	36.500	35.100	22.750	37.500	16.500										
31.160	7.750	33.200	32.750	35.200	4.000	37.520	20.250										
31.170	-17.250	33.230	7.750	35.300	-33.500	37.600	7.750										
31.200	-27.250	33.300	-21.000	35.400	31.500	37.680	-36.000										
31.270	-46.000	33.340	-62.250	35.500	-16.000	37.700	-24.750										
31.300	-28.500	33.400	-4.750	35.580	20.250	37.720	-3.500										
31.400	20.250	33.500	32.750	35.600	17.750	37.800	25.250										
31.500	-32.250	33.570	-11.000	35.700	-4.750	37.900	10.250										
31.600	14.000	33.600	-17.250	35.740	7.750	37.930	-13.500										
31.700	19.000	33.680	-49.750	35.800	-1.000	38.000	-16.000										
31.750	31.500	33.700	10.250	35.870	1.500	38.100	9.000										
31.800	25.250	33.800	47.750	35.900	-4.750	38.160	25.250										
31.840	-13.500	33.850	32.750	35.930	-6.000	38.200	11.500										
31.900	-1.000	33.900	-26.000	35.970	1.500	38.300	-14.750										
31.940	-29.750	33.970	-33.500	36.000	1.500	38.350	-13.500										
31.980	-41.000	34.000	-8.500	36.050	4.000	38.380	10.250										
32.000	-29.750	34.020	14.000	36.100	-11.000	38.400	14.000										
32.100	61.500	34.100	25.250	36.140	-24.750	38.450	25.250										
32.160	-3.500	34.120	45.250	36.200	-2.250	38.500	11.500										
32.200	-16.000	34.200	24.000	36.270	16.500	38.600	-11.000										

表-5 固有周期一覧表

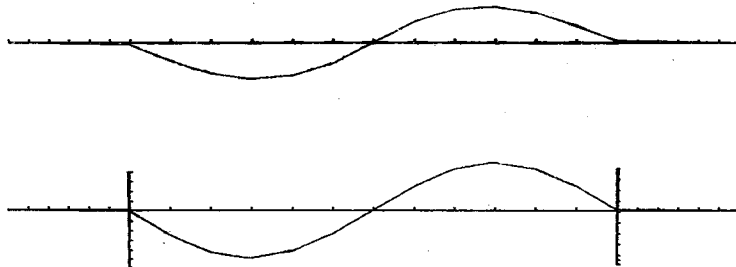
次数	固有円振動数 P (rad/sec)	固有周期 T (sec)	モード寄与率 R_z	相当質量 f
1	504135×10^{-1}	1.24633×10	3.95061×10	3.34373×10^{-2}
2	143461	4.37972	-8.30398×10^{-2}	1.47732×10^{-7}
3	252826	2.48518	4.73466×10^{-1}	4.80265×10^{-6}
4	253493	2.47864	7.65192	1.25442×10^{-8}
5	292467	2.14834	-1.47666×10	4.67160×10^{-8}
6	350926	1.79046	4.25443	3.87779×10^{-4}
7	351881	1.78560	1.96025×10	8.23235×10^{-8}
8	400330	1.56950	-2.63722×10^{-1}	1.49004×10^{-6}
9	418747	1.50047	5.08272	5.53472×10^{-4}
10	449486	1.39786	1.81440×10	7.05295×10^{-8}
11	450011	1.39623	2.21853×10	1.05447×10^{-2}
12	509686	1.23276	1.71097×10^{-1}	6.27175×10^{-7}
13	550098	1.14219	-2.72896	1.59550×10^{-4}
14	554280	1.13358	4.12010×10^{-1}	3.63678×10^{-6}
15	645140	9.73926×10^{-1}	4.72064×10^{-1}	4.77425×10^{-6}
16	646346	9.72109×10^{-1}	5.62214×10^{-1}	6.77184×10^{-6}
17	652774	9.62536×10^{-1}	2.29152	1.12499×10^{-4}
18	654713	9.59685×10^{-1}	1.26587	3.43305×10^{-5}
19	706208	8.89707×10^{-1}	6.42840	8.85336×10^{-4}
20	716662	8.76729×10^{-1}	-1.11497×10^{-1}	2.66335×10^{-7}
21	762136	8.24417×10^{-1}	-8.20161	1.44112×10^{-8}
22	891866	7.04499×10^{-1}	6.98780	1.04613×10^{-8}
23	905912	6.93576×10^{-1}	1.35141×10	3.91272×10^{-8}
24	973801	6.45223×10^{-1}	-1.41374×10	4.28194×10^{-8}
25	1.01345×10	6.19977×10^{-1}	4.24019×10	3.85188×10^{-2}
26	1.03382×10	6.07763×10^{-1}	1.23536×10^2	3.26955×10^{-1}
27	1.08621×10	5.78448×10^{-1}	-1.84252×10	7.27320×10^{-8}
28	1.14401×10	5.49223×10^{-1}	-7.03190	1.05937×10^{-8}
29	1.15162×10	5.45595×10^{-1}	3.28727	2.31512×10^{-4}
30	1.26276×10	4.97575×10^{-1}	-1.55645	5.19004×10^{-5}
31	1.26419×10	4.97011×10^{-1}	2.11730	9.60435×10^{-5}
32	1.28846×10	4.87650×10^{-1}	6.01444	7.74985×10^{-4}
33	1.54876×10	4.05691×10^{-1}	-2.11629	9.59520×10^{-5}
34	1.70692×10	3.68102×10^{-1}	5.55119×10	6.60200×10^{-2}
35	1.72330×10	3.64602×10^{-1}	-3.86905×10	3.20709×10^{-2}
36	1.74141×10	3.60810×10^{-1}	7.89037	1.33382×10^{-8}
37	1.79946×10	3.49171×10^{-1}	1.05482×10^2	2.38373×10^{-1}
38	1.91570×10	3.27984×10^{-1}	-3.49846×10^{-1}	2.62215×10^{-6}
39	1.98918×10	3.15868×10^{-1}	-8.29486×10^{-1}	1.47408×10^{-5}
40	2.14051×10	2.93537×10^{-1}	5.16670×10	5.71912×10^{-2}

次数	固有円振動数 $p(\text{rad/sec})$	固有周期 $T(\text{sec})$	モード寄与率 F_Z	相当質量 f
41	215521×10	291535×10^{-1}	6.11409×10^{-1}	8.00879×10^{-2}
42	282688×10	2.22266×10^{-1}	2.82114×10	1.70511×10^{-2}
43	3.07472×10	2.04350×10^{-1}	4.31957×10^{-1}	3.99746×10^{-2}
44	3.38334×10	1.85709×10^{-1}	-5.33172×10	6.09028×10^{-6}
45	3.39127×10	1.85275×10^{-1}	1.26215	3.41291×10^{-5}
46	4.37961×10	1.43464×10^{-1}	9.02375	1.74453×10^{-3}
47	4.83812×10	1.29868×10^{-1}	2.40693×10	1.24116×10^{-2}
48	5.06231×10	1.24117×10^{-1}	4.65846	4.64930×10^{-4}
49	5.09086×10	1.23421×10^{-1}	1.19801	3.07484×10^{-5}
50	6.27883×10	1.00069×10^{-1}	-4.75087×10^{-1}	4.83558×10^{-6}
51	6.30448×10	9.96622×10^{-2}	-3.57972×10^{-1}	2.74537×10^{-6}
52	6.94900×10	9.04186×10^{-2}	5.52484×10^{-1}	6.53947×10^{-6}
53	7.53154×10	8.34249×10^{-2}	-1.01269	2.19712×10^{-5}
54	1.36544×10^1	4.60158×10^{-2}	6.85974×10^{-1}	1.00813×10^{-5}
55	1.57017×10^1	4.00160×10^{-2}	-7.61166×10^{-1}	1.24126×10^{-5}
56	1.78920×10^1	3.51172×10^{-2}	2.88398×10^{-2}	1.78192×10^{-8}
57	1.79763×10^1	3.49525×10^{-2}	-1.09064×10^{-2}	2.54841×10^{-9}
58	2.46687×10^1	2.54703×10^{-2}	-9.04934×10^{-2}	1.75443×10^{-7}
59	2.63172×10^1	2.38748×10^{-2}	-5.01544×10^{-1}	5.38916×10^{-6}
60	3.11594×10^1	2.01646×10^{-2}	1.24346×10^{-1}	3.31257×10^{-7}
61	3.14692×10^1	1.99661×10^{-2}	3.85886×10^{-6}	3.19022×10^{-10}
62	3.28284×10^1	1.91395×10^{-2}	-5.43557×10^{-3}	6.32984×10^{-10}
63	3.40483×10^1	1.84537×10^{-2}	1.76715×10^{-1}	6.69037×10^{-7}
64	4.78640×10^1	1.31271×10^{-2}	3.63206×10^{-2}	2.82624×10^{-8}
65	4.97540×10^1	1.26285×10^{-2}	4.20353×10^{-4}	3.78558×10^{-12}
66	5.04749×10^1	1.24481×10^{-2}	-1.65394×10^{-2}	5.86063×10^{-9}
67	6.30687×10^1	9.96245×10^{-3}	-2.65587×10^{-3}	1.51118×10^{-10}
68	6.31151×10^1	9.95512×10^{-3}	1.70051×10^{-4}	6.19531×10^{-13}
69	6.64024×10^1	9.46228×10^{-3}	-6.96268×10^{-3}	1.03862×10^{-9}
70	7.84587×10^1	8.00827×10^{-3}	2.23410×10^{-5}	1.06932×10^{-14}
71	7.85758×10^1	7.99634×10^{-3}	1.02695×10^{-4}	2.25945×10^{-13}
72	8.45196×10^1	7.43400×10^{-3}	-1.92307×10^{-5}	7.92305×10^{-15}
73	8.45405×10^1	7.43216×10^{-3}	-9.37906×10^{-6}	1.88461×10^{-15}

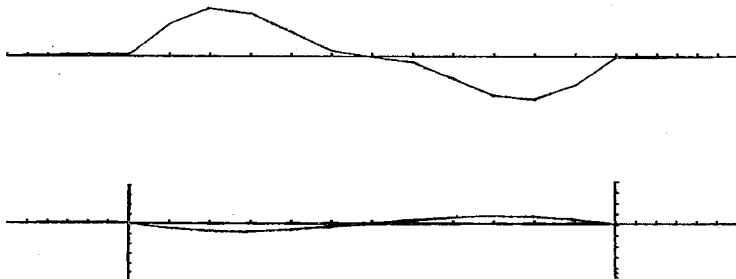
MODE NO. 1 $T = 12.463 \text{ SEC}$ $F = 3.344 \%$



MODE NO. 2 $T = 4.3797 \text{ SEC}$ $F = 0.000 \%$



MODE NO. 3 $T = 2.4852 \text{ SEC}$ $F = 0.000 \%$



MODE NO. 4 $T = 2.4786 \text{ SEC}$ $F = 0.125 \%$

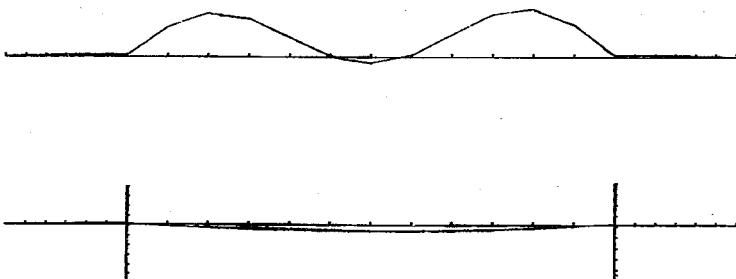
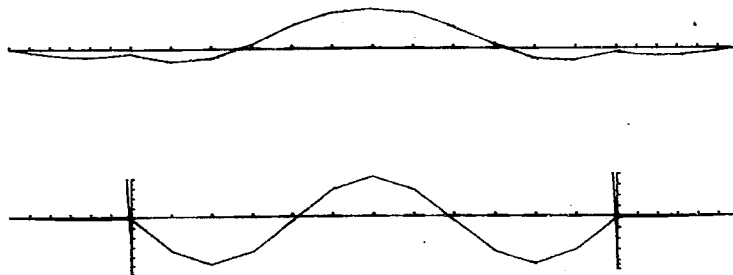
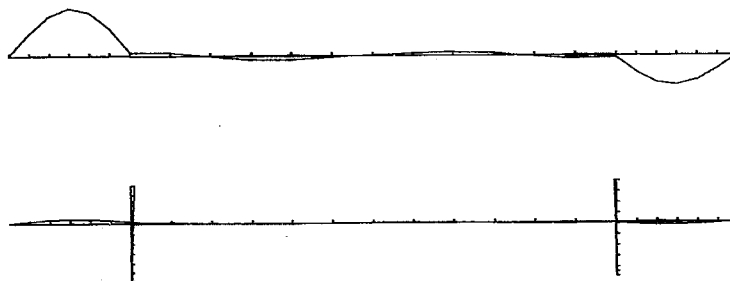


図-6 固有振動モード(その1)

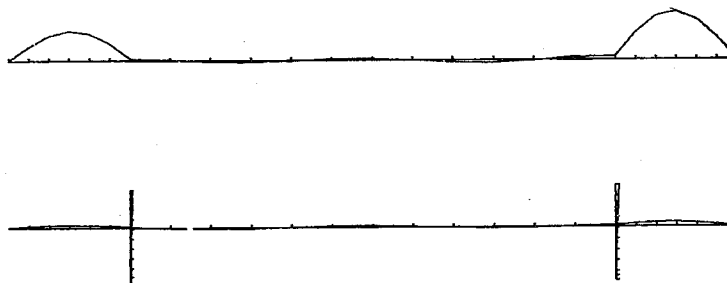
MODE NO. 5 $T = 2.1483 \text{ SEC}$ $F = 0.467 \%$



MODE NO. 6 $T = 1.7905 \text{ SEC}$ $F = 0.039 \%$



MODE NO. 7 $T = 1.7856 \text{ SEC}$ $F = 0.823 \%$



MODE NO. 8 $T = 1.5695 \text{ SEC}$ $F = 0.000 \%$

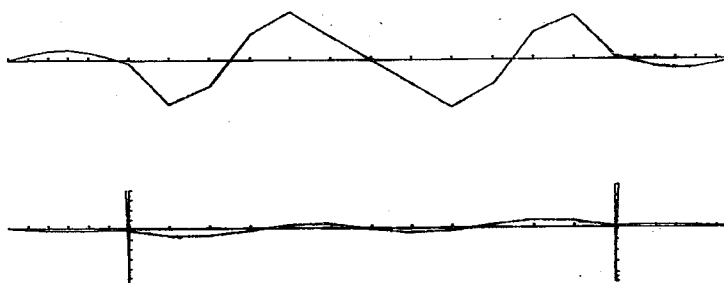
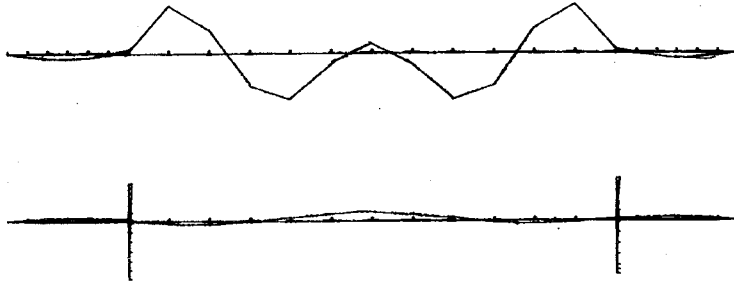
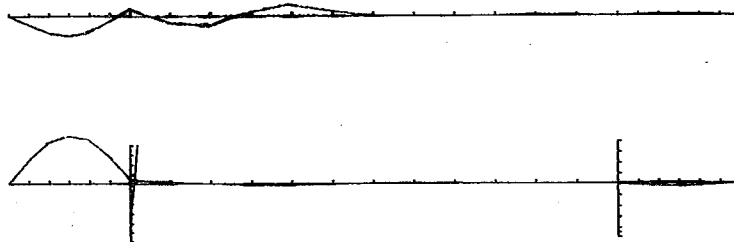


図-7 固有振動モード(その2)

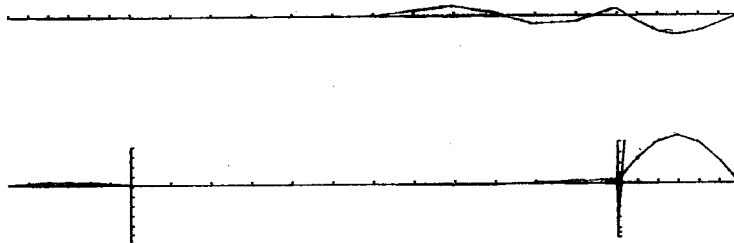
MODE NO. 9 $T = 1.5005 \text{ SEC}$ $F = 0.055 \%$



MODE NO. 10 $T = 1.3979 \text{ SEC}$ $F = 0.705 \%$



MODE NO. 11 $T = 1.3962 \text{ SEC}$ $F = 1.054 \%$



MODE NO. 12 $T = 1.2328 \text{ SEC}$ $F = 0.000 \%$

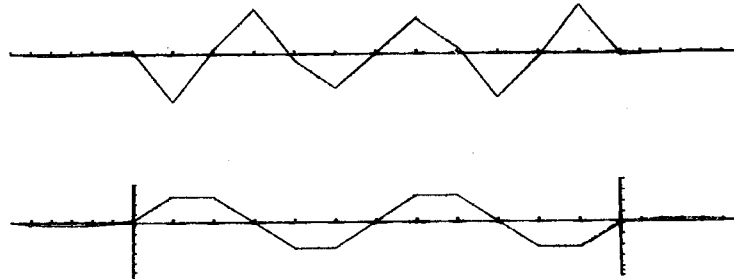
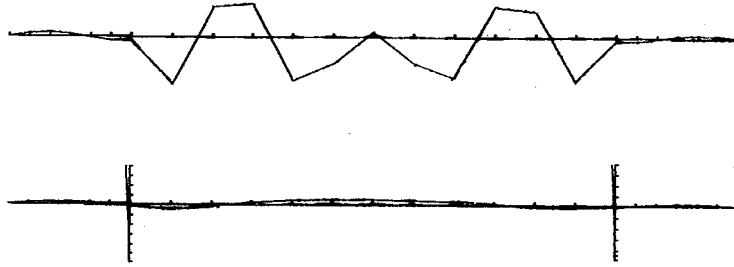
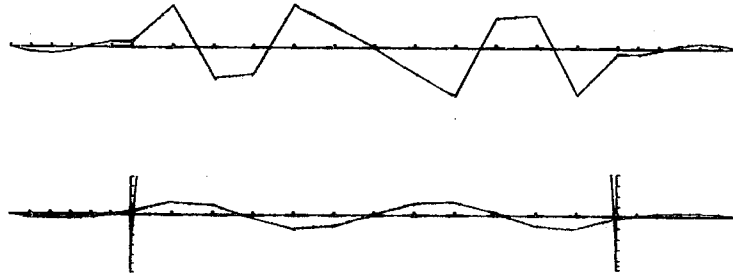


図-8 固有振動モード(その3)

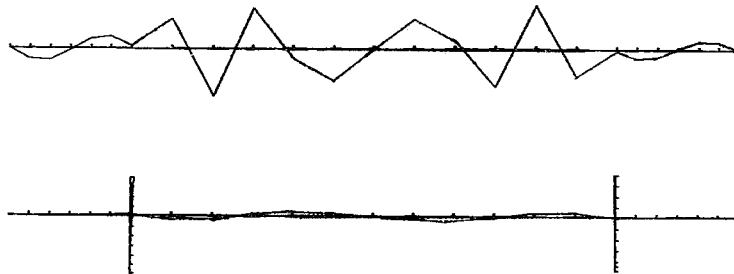
MODE NO. 13 $T = 1.1422 \text{ SEC}$ $F = 0.016 \%$



MODE NO. 14 $T = 1.1336 \text{ SEC}$ $F = 0.000 \%$



MODE NO. 15 $T = 0.9739 \text{ SEC}$ $F = 0.000 \%$



MODE NO. 16 $T = 0.9721 \text{ SEC}$ $F = 0.001 \%$

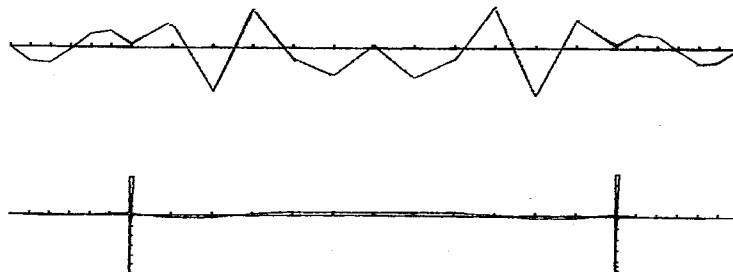
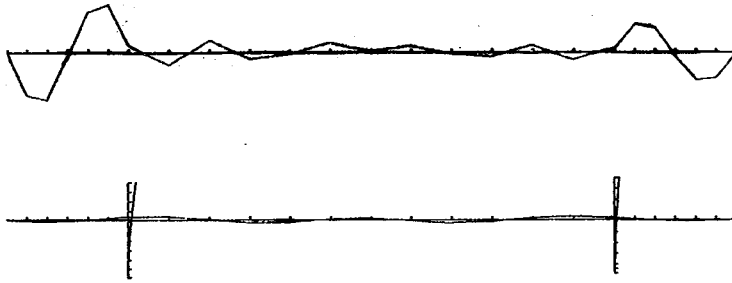
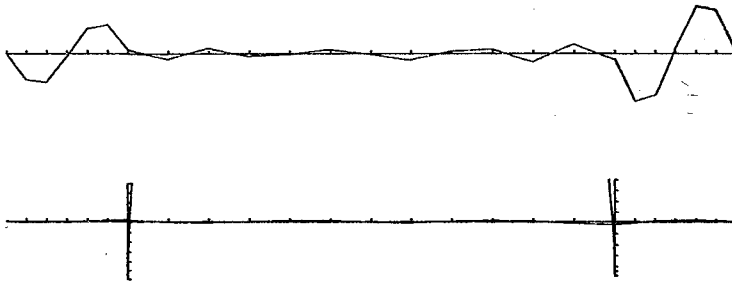


図-9 固有振動モード(その4)

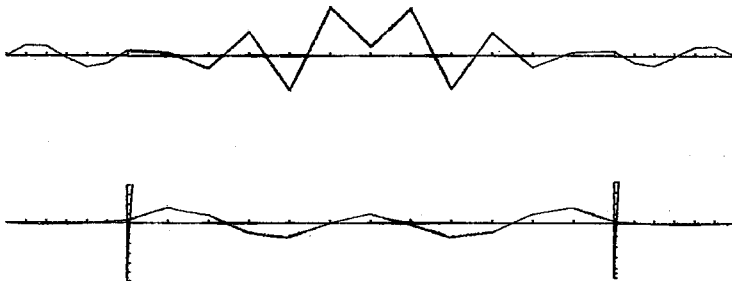
MODE NO. 17 T= 0.9625 SEC F= 0.011 %



MODE NO. 18 T= 0.9597 SEC F= 0.003 %



MODE NO. 19 T= 0.8897 SEC F= 0.089 %



MODE NO. 20 T= 0.8767 SEC F= 0.000 %

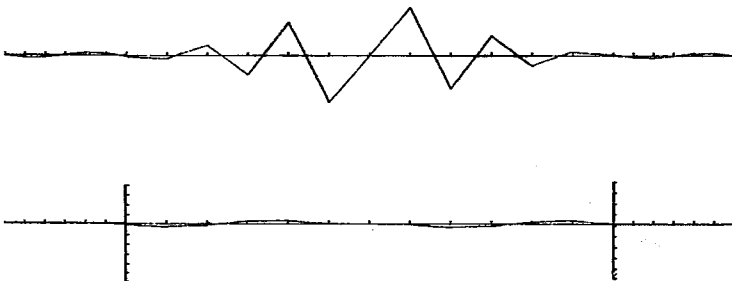
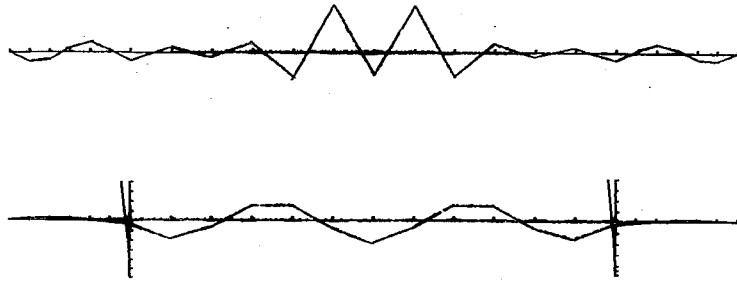
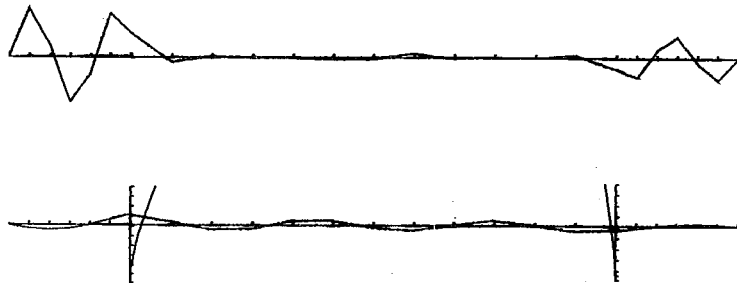


図-10 固有振動モード(その5)

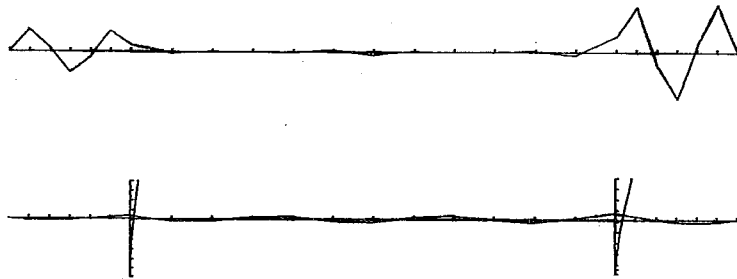
MODE NO. 21 $T = 0.8244 \text{ SEC}$ $F = 0.144 \%$



MODE NO. 22 $T = 0.7045 \text{ SEC}$ $F = 0.105 \%$



MODE NO. 23 $T = 0.6936 \text{ SEC}$ $F = 0.391 \%$



MODE NO. 24 $T = 0.6452 \text{ SEC}$ $F = 0.428 \%$

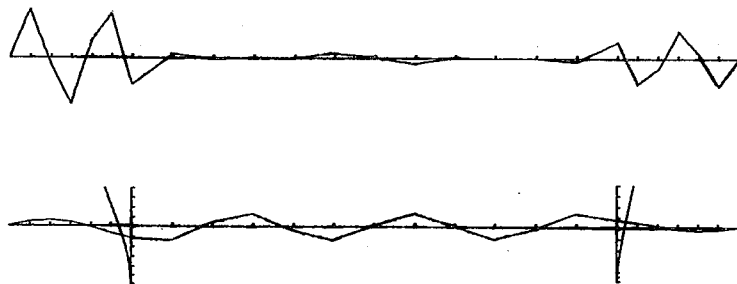
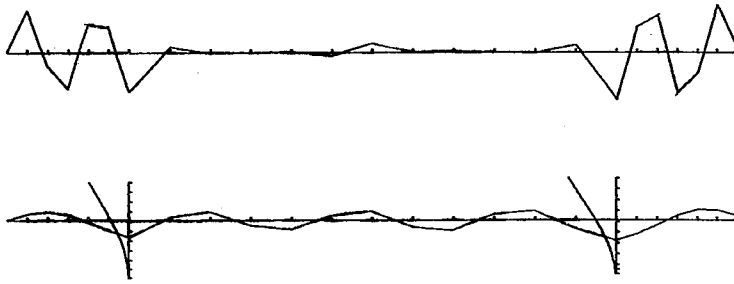
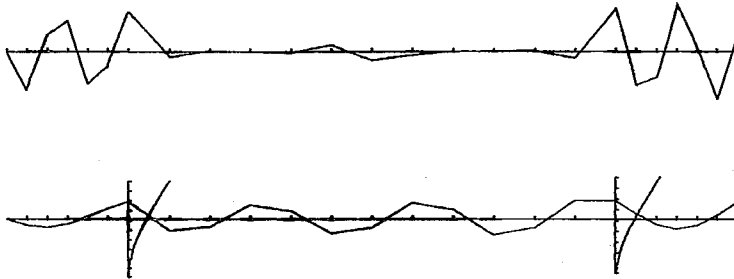


図-11 固有振動モード(その6)

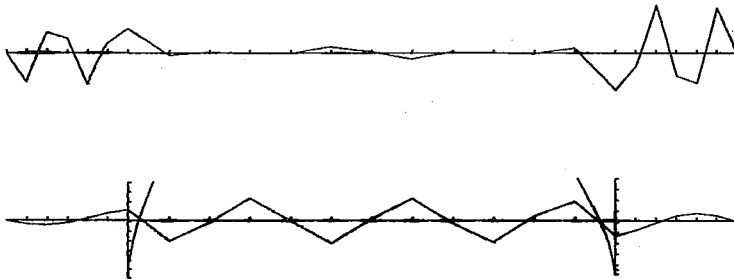
MODE NO. 25 T= 0.6200 SEC F= 3.852 %



MODE NO. 26 T= 0.6078 SEC F= 32.685 %



MODE NO. 27 T= 0.5784 SEC F= 0.727 %



MODE NO. 28 T= 0.5492 SEC F= 0.106 %

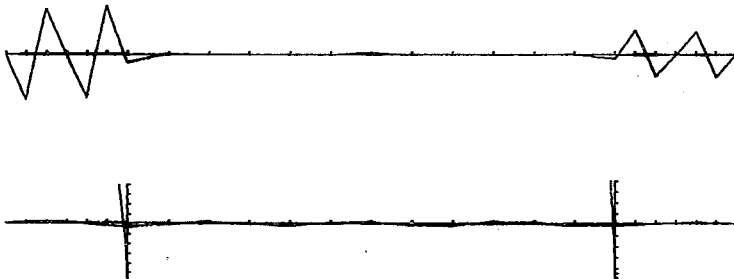
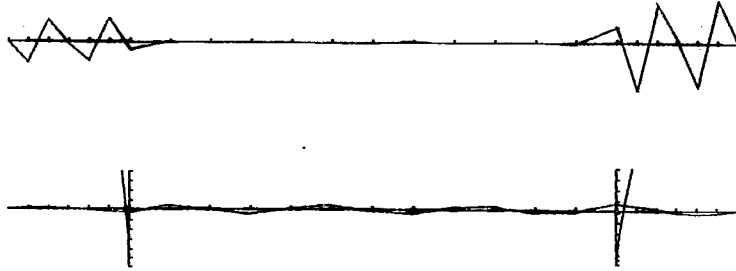
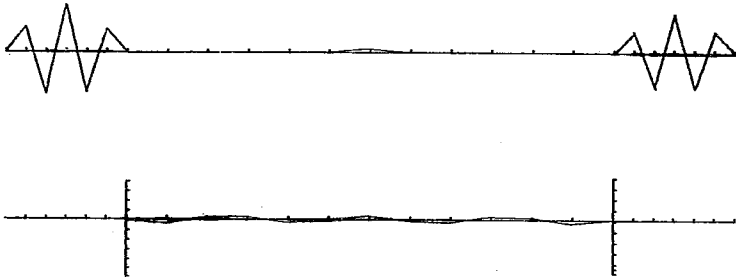


図-12 固有振動モード(その7)

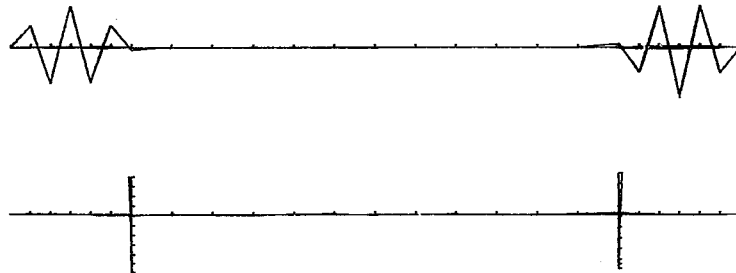
MODE NO. 29 $T = 0.5456 \text{ SEC}$ $F = 0.023 \%$



MODE NO. 30 $T = 0.4976 \text{ SEC}$ $F = 0.005 \%$



MODE NO. 31 $T = 0.4970 \text{ SEC}$ $F = 0.010 \%$



MODE NO. 32 $T = 0.4877 \text{ SEC}$ $F = 0.077 \%$

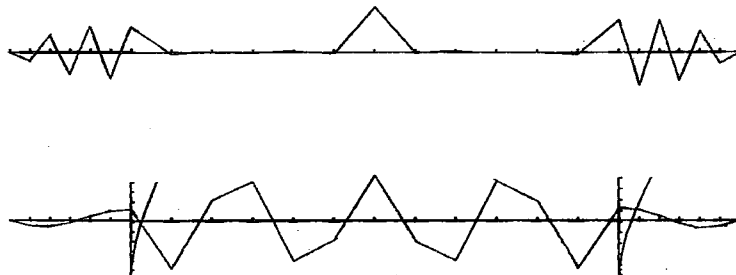
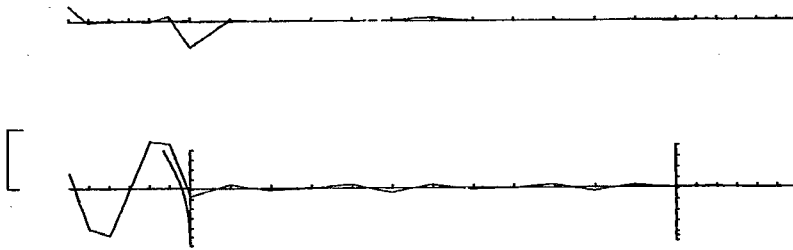
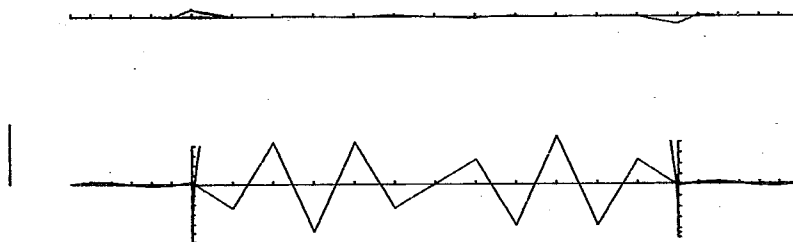


図-13 固有振動モード(その8)

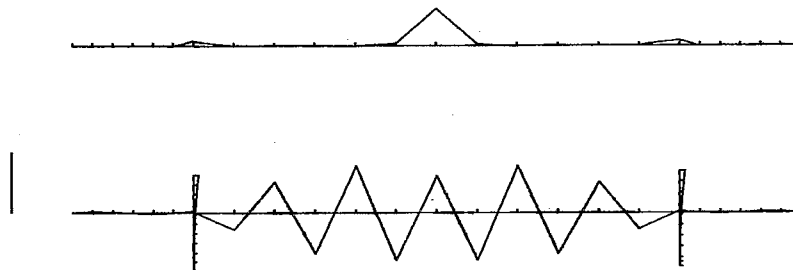
MODE NO. 37 T= 0.3492 SEC F= 23.837 %



MODE NO. 38 T= 0.3280 SEC F= 0.000 %



MODE NO. 39 T= 0.3159 SEC F= 0.001 %



MODE NO. 40 T= 0.2935 SEC F= 5.719 %

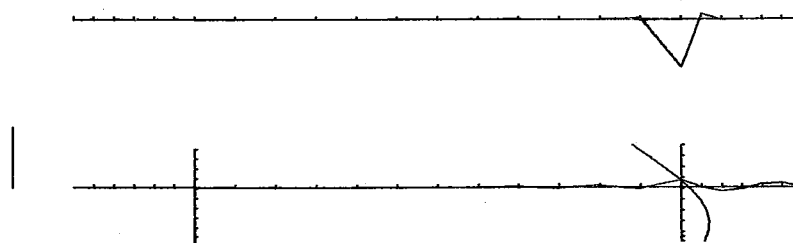
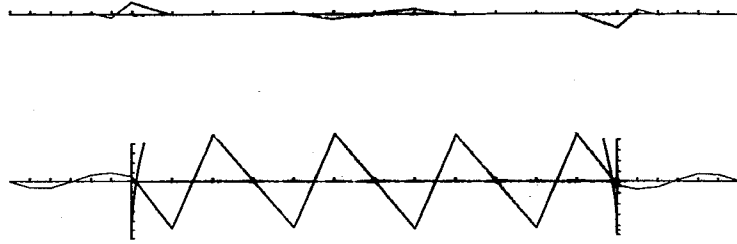
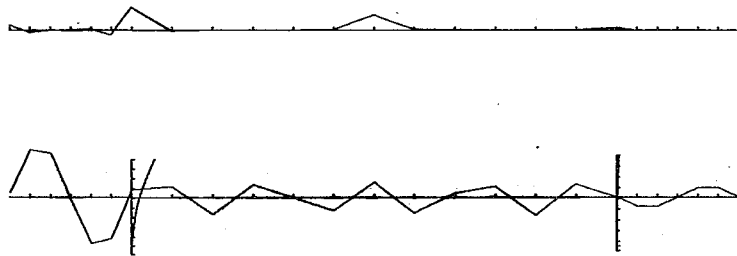


図-14 固有振動モード(その9)

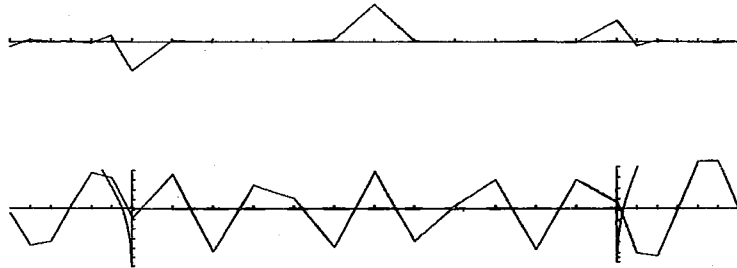
MODE NO. 33 T= 0.4057 SEC F= 0.010 %



MODE NO. 34 T= 0.3681 SEC F= 6.602 %



MODE NO. 35 T= 0.3646 SEC F= 3.207 %



MODE NO. 36 T= 0.3608 SEC F= 0.133 %

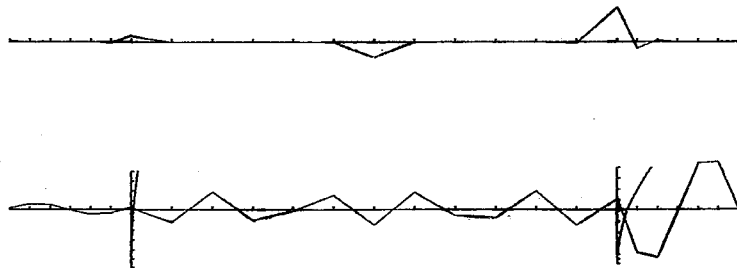
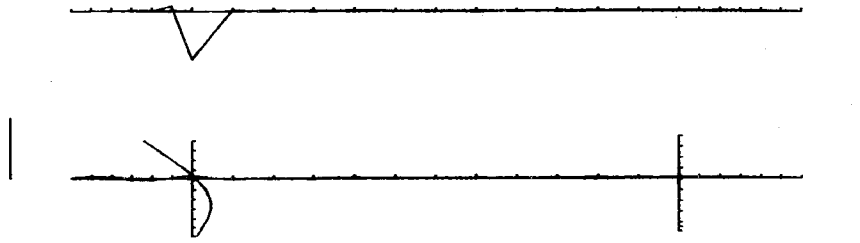
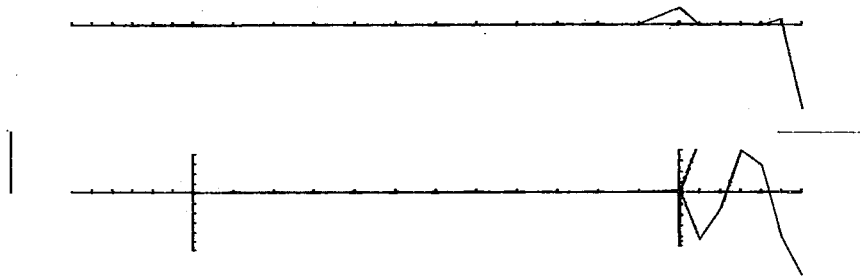


図 - 15 固有振動モード (その 10)

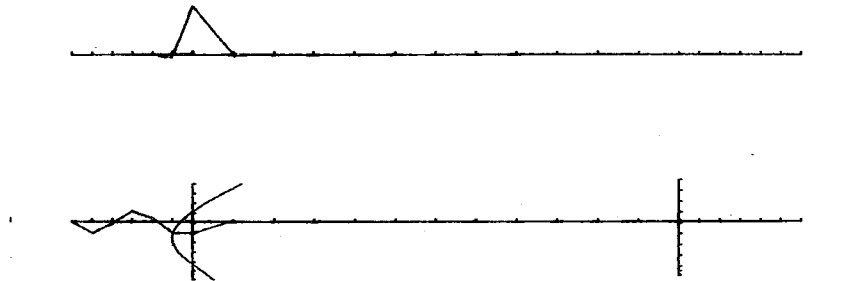
MODE NO. 41 T= 0.2915 SEC F= 8.009 %



MODE NO. 42 T= 0.2223 SEC F= 1.705 %



MODE NO. 43 T= 0.2043 SEC F= 3.997 %



MODE NO. 44 T= 0.1857 SEC F= 0.001 %

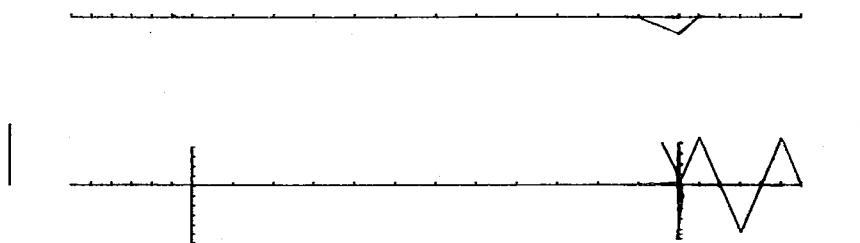
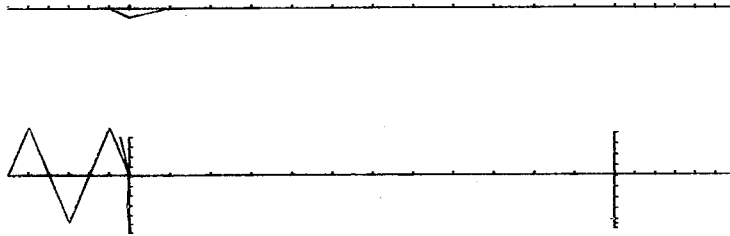
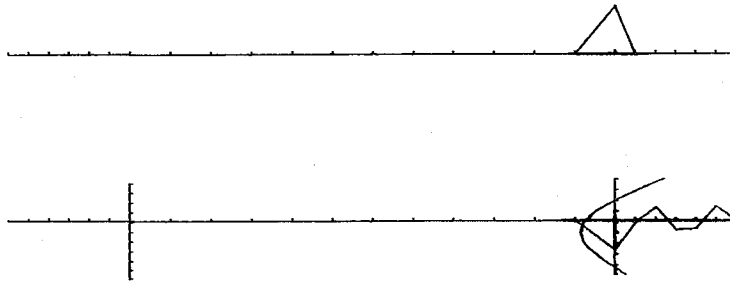


図-16 固有振動モード(その11)

MODE NO. 45 T= 0.1853 SEC F= 0.003 %



MODE NO. 46 T= 0.1435 SEC F= 0.174 %



MODE NO. 47 T= 0.1299 SEC F= 1.241 %

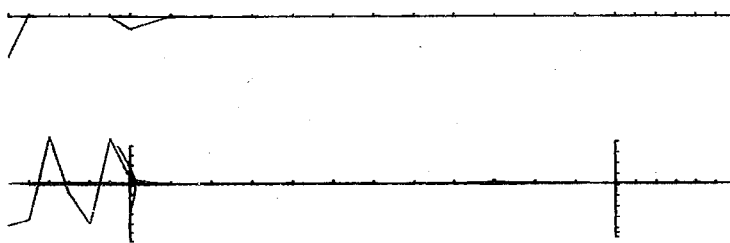


図-17 固有振動モード(その12)

表-6 各構造部材の主要な応答

応答の種類	地震入力		応答スペクトルによる応答 $\sqrt{\Sigma 1^2}$						釧路 E-W 直接応答	
			平均応答スペクトル			釧路 E-W 応答スペクトル				
	位置	n/p=0.00	0.02	0.05	0.00	0.02	0.05	0.02	0.05	
水平変位 (mm)	門司側主塔	0点 (塔頂)	2.299×10 ⁻¹	1.340×10 ⁻¹	1.039×10 ⁻¹	2.040×10 ⁻¹	1.049×10 ⁻¹	7.216×10 ⁻²	1.074×10 ⁻¹	6.396×10 ⁻²
		2/8点	1.575×10 ⁻¹	9.207×10 ⁻²	7.145×10 ⁻²	1.261×10 ⁻¹	6.638×10 ⁻²	4.557×10 ⁻²	6.740×10 ⁻²	3.663×10 ⁻²
		4/8点	9.326×10 ⁻²	5.462×10 ⁻²	4.243×10 ⁻²	6.459×10 ⁻²	3.530×10 ⁻²	2.469×10 ⁻²	3.311×10 ⁻²	1.608×10 ⁻²
		6/8点	4.703×10 ⁻²	2.723×10 ⁻²	2.106×10 ⁻²	3.684×10 ⁻²	1.912×10 ⁻²	1.482×10 ⁻²	-1.649×10 ⁻²	-9.329×10 ⁻³
		8/8点 (基部)	2.088×10 ⁻²	1.169×10 ⁻²	8.913×10 ⁻³	2.268×10 ⁻²	1.086×10 ⁻²	9.241×10 ⁻³	-1.101×10 ⁻²	7.616×10 ⁻³
	門司側橋脚重心点		1.212×10 ⁻²	6.708×10 ⁻³	5.094×10 ⁻³	1.420×10 ⁻²	6.686×10 ⁻³	5.793×10 ⁻³	-7.665×10 ⁻³	5.566×10 ⁻³
	下関側主塔	0点 (塔頂)	2.459×10 ⁻¹	1.439×10 ⁻¹	1.119×10 ⁻¹	1.192×10 ⁻¹	7.404×10 ⁻²	5.702×10 ⁻²	-5.756×10 ⁻²	-4.254×10 ⁻²
		2/8点	1.706×10 ⁻¹	9.992×10 ⁻²	7.768×10 ⁻²	7.844×10 ⁻²	4.988×10 ⁻²	3.846×10 ⁻²	-3.452×10 ⁻²	-2.488×10 ⁻²
		4/8点	1.007×10 ⁻¹	5.900×10 ⁻²	4.587×10 ⁻²	4.504×10 ⁻²	2.902×10 ⁻²	2.251×10 ⁻²	1.500×10 ⁻²	1.185×10 ⁻²
		6/8点	4.625×10 ⁻²	2.688×10 ⁻²	2.084×10 ⁻²	2.751×10 ⁻²	1.583×10 ⁻²	1.264×10 ⁻²	-1.362×10 ⁻²	9.808×10 ⁻³
		8/8点 (基部)	2.000×10 ⁻²	1.115×10 ⁻²	8.482×10 ⁻³	2.171×10 ⁻²	1.095×10 ⁻²	9.034×10 ⁻³	1.229×10 ⁻²	8.298×10 ⁻³
	下関側橋脚重心点		1.760×10 ⁻²	9.736×10 ⁻³	7.380×10 ⁻³	2.027×10 ⁻²	1.015×10 ⁻²	8.388×10 ⁻³	1.144×10 ⁻²	-7.884×10 ⁻³
	門司側橋台重心点		1.852×10 ⁻²	1.046×10 ⁻²	7.851×10 ⁻³	5.515×10 ⁻²	2.615×10 ⁻²	1.659×10 ⁻²	-3.131×10 ⁻²	-2.086×10 ⁻²
	下関側橋台重心点		5.086×10 ⁻²	2.926×10 ⁻²	2.275×10 ⁻²	2.222×10 ⁻²	1.464×10 ⁻²	1.144×10 ⁻²	1.659×10 ⁻²	1.273×10 ⁻²
回転変位	門司側橋脚重心点		6.332×10 ⁻⁴	3.615×10 ⁻⁴	2.789×10 ⁻⁴	5.883×10 ⁻⁴	2.886×10 ⁻⁴	2.354×10 ⁻⁴	2.379×10 ⁻⁴	1.645×10 ⁻⁴
	下関側橋脚重心点		4.857×10 ⁻⁴	2.834×10 ⁻⁴	2.200×10 ⁻⁴	2.544×10 ⁻⁴	1.535×10 ⁻⁴	1.216×10 ⁻⁴	-1.162×10 ⁻⁴	-8.672×10 ⁻⁵
	門司側橋台重心点		2.458×10 ⁻⁴	1.389×10 ⁻⁴	1.044×10 ⁻⁴	7.297×10 ⁻⁴	3.457×10 ⁻⁴	2.188×10 ⁻⁴	4.223×10 ⁻⁴	-2.831×10 ⁻⁴
	下関側橋台重心点		7.266×10 ⁻⁴	4.179×10 ⁻⁴	3.250×10 ⁻⁴	3.370×10 ⁻⁴	2.132×10 ⁻⁴	1.680×10 ⁻⁴	-2.591×10 ⁻⁴	-2.134×10 ⁻⁴
曲げモーメント	門司側主塔	2/8点	4.727×10 ⁴	2.673×10 ⁴	2.040×10 ⁴	8.052×10 ⁴	3.802×10 ⁴	2.604×10 ⁴	-4.005×10 ⁴	-2.247×10 ⁴
		3/8点	8.920×10 ⁴	5.039×10 ⁴	3.847×10 ⁴	1.515×10 ⁵	7.171×10 ⁴	4.868×10 ⁴	-7.579×10 ⁴	-4.162×10 ⁴
		4/8点	1.342×10 ⁵	7.583×10 ⁴	5.795×10 ⁴	2.189×10 ⁵	1.038×10 ⁵	7.085×10 ⁴	-1.098×10 ⁵	-8.156×10 ⁴
		5/8点	1.685×10 ⁵	9.557×10 ⁴	7.329×10 ⁴	2.132×10 ⁵	1.021×10 ⁵	7.588×10 ⁴	-1.025×10 ⁵	-7.443×10 ⁴
		6/8点	2.068×10 ⁵	1.178×10 ⁵	9.056×10 ⁴	2.186×10 ⁵	1.062×10 ⁵	8.374×10 ⁴	-1.018×10 ⁵	-8.661×10 ⁴
		7/8点	2.453×10 ⁵	1.406×10 ⁵	1.082×10 ⁵	2.274×10 ⁵	1.124×10 ⁵	9.161×10 ⁴	-1.135×10 ⁵	-9.683×10 ⁴
		8/8点 (基部)	2.833×10 ⁵	1.631×10 ⁵	1.258×10 ⁵	2.360×10 ⁵	1.190×10 ⁵	9.865×10 ⁴	-1.232×10 ⁵	-1.049×10 ⁵
	門司側橋脚	重心点	4.542×10 ⁵	2.628×10 ⁵	2.037×10 ⁵	3.577×10 ⁵	1.833×10 ⁵	1.432×10 ⁵	1.632×10 ⁵	8.351×10 ⁴
		基部	4.902×10 ⁵	2.796×10 ⁵	2.156×10 ⁵	4.608×10 ⁵	2.254×10 ⁵	1.844×10 ⁵	1.854×10 ⁵	1.300×10 ⁵

メ ン ト (tm)	下 関 側 主 塔	2/8 点	3.173×10^4	1.847×10^4	1.423×10^4	3.084×10^4	1.572×10^4	1.184×10^4	-1.648×10^4	1.116×10^4
		3/8 点	6.250×10^4	3.611×10^4	2.785×10^4	5.739×10^4	2.955×10^4	2.210×10^4	-3.052×10^4	2.090×10^4
		4/8 点	9.976×10^4	5.754×10^4	4.444×10^4	8.517×10^4	4.448×10^4	3.341×10^4	-4.616×10^4	3.187×10^4
		5/8 点	1.467×10^5	8.494×10^4	6.573×10^4	1.044×10^5	5.690×10^4	4.441×10^4	-6.238×10^4	4.352×10^4
		6/8 点	1.975×10^5	1.148×10^5	8.893×10^4	1.248×10^5	7.038×10^4	5.560×10^4	-7.698×10^4	5.426×10^4
		7/8 点	2.499×10^5	1.457×10^5	1.130×10^5	1.437×10^5	8.358×10^4	6.620×10^4	-8.866×10^4	6.317×10^4
		8/8 点(基部)	3.030×10^5	1.771×10^5	1.375×10^5	1.609×10^5	9.637×10^4	7.629×10^4	-9.732×10^4	7.017×10^4
せ ん 断 力 (t)	門司側主塔	重心点	3.367×10^5	1.974×10^5	1.535×10^5	1.494×10^5	9.677×10^4	7.556×10^4	7.136×10^4	5.103×10^4
		基 部	3.882×10^5	2.264×10^5	1.758×10^5	2.058×10^5	1.236×10^5	9.800×10^4	-9.514×10^4	-7.058×10^4
	門司側側径間中央点		2.711×10^4	2.123×10^4	1.638×10^4	1.509×10^4	8.273×10^3	5.455×10^3	-1.066×10^4	6.964×10^3
	下関側側径間中央点		3.699×10^4	2.770×10^4	2.139×10^4	1.267×10^4	8.720×10^3	6.601×10^3	6.756×10^3	5.217×10^3
	中央径間中央点		3.843×10^4	2.536×10^4	1.960×10^4	7.674×10^4	3.605×10^4	1.919×10^4	1.196×10^4	5.747×10^3
	門司側橋脚	塔 頂	3.927×10^2	2.459×10^2	1.913×10^2	2.867×10^2	1.520×10^2	1.066×10^2	-1.711×10^2	-9.527×10
		基 部	2.571×10^3	1.515×10^3	1.175×10^3	1.851×10^3	9.945×10^2	7.292×10^2	-8.496×10^2	-5.365×10^2
モー メント (tm)	門司側橋脚	重心点	5.961×10^3	3.333×10^3	2.540×10^3	6.537×10^3	3.108×10^3	2.690×10^3	3.847×10^3	3.156×10^3
		基 部	1.207×10^4	6.745×10^3	5.209×10^3	1.362×10^4	6.216×10^3	5.402×10^3	8.084×10^3	-6.822×10^3
	下関側主塔	塔 頂	4.620×10^2	2.902×10^2	2.259×10^2	2.002×10^2	1.278×10^2	9.906×10	-9.318×10	-6.780×10
		基 部	3.263×10^3	1.922×10^3	1.495×10^3	1.395×10^3	9.190×10^2	7.206×10^2	6.133×10^2	4.143×10^2
	下関側橋脚	重心点	1.719×10^4	9.467×10^3	7.158×10^3	2.051×10^4	1.023×10^4	8.463×10^3	-1.152×10^4	8.114×10^3
		基 部	2.220×10^4	1.220×10^4	9.217×10^3	2.681×10^4	1.335×10^4	1.105×10^4	1.512×10^4	1.093×10^4
	門司側橋台重心点		3.311×10^5	1.905×10^5	1.486×10^5	8.813×10^5	4.068×10^5	2.692×10^5	-5.430×10^5	3.501×10^5
水平力 (t)	下関側橋台重心点		4.836×10^5	2.750×10^5	2.150×10^5	4.250×10^5	1.947×10^5	1.668×10^5	-2.365×10^5	-1.890×10^5
	門司側橋台重心点		9.683×10^4	5.466×10^4	4.104×10^4	2.882×10^5	1.367×10^5	8.696×10^4	-1.626×10^5	1.073×10^5
モー メント (t)	下関側橋台重心点		9.862×10^4	5.673×10^4	4.412×10^4	4.370×10^4	2.855×10^4	2.229×10^4	-3.126×10^4	-2.350×10^4

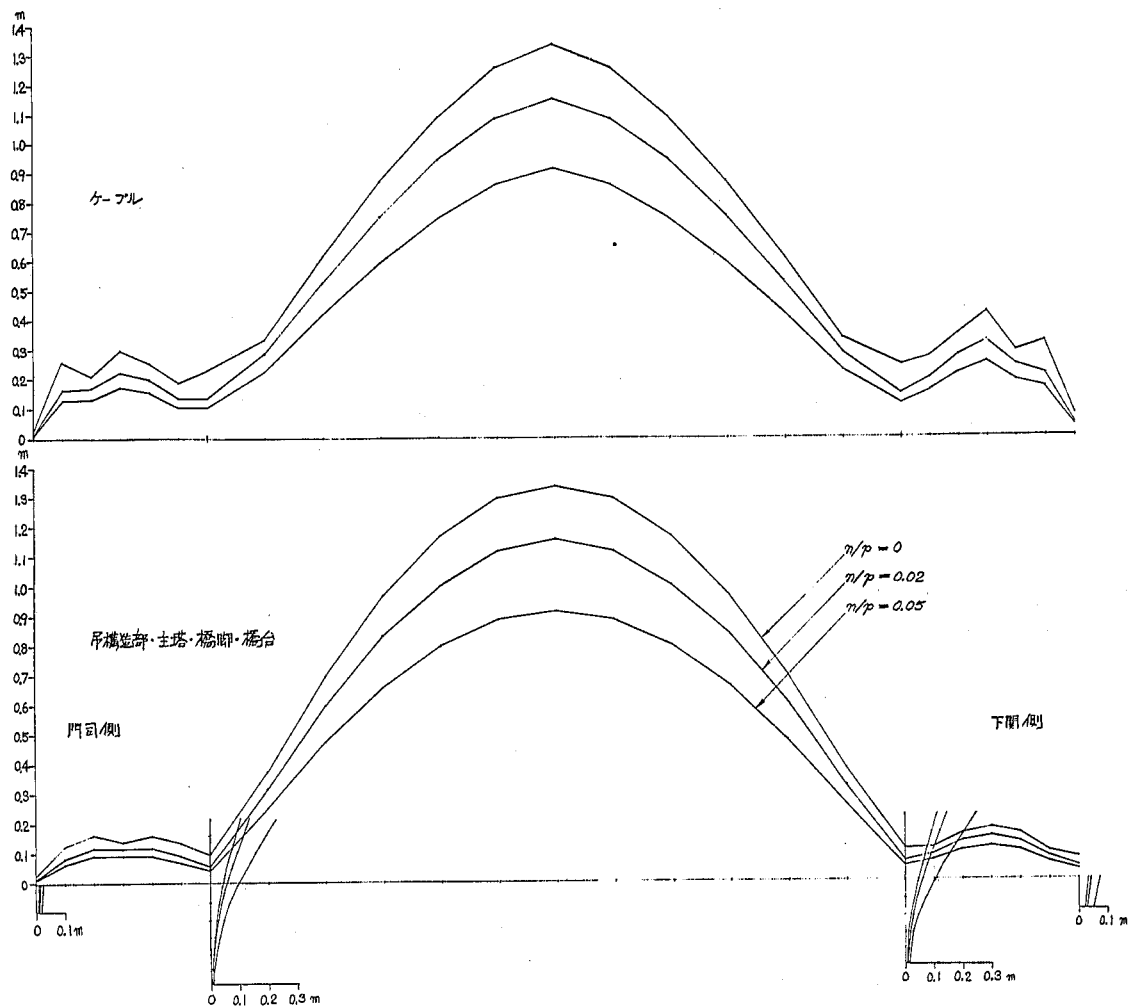
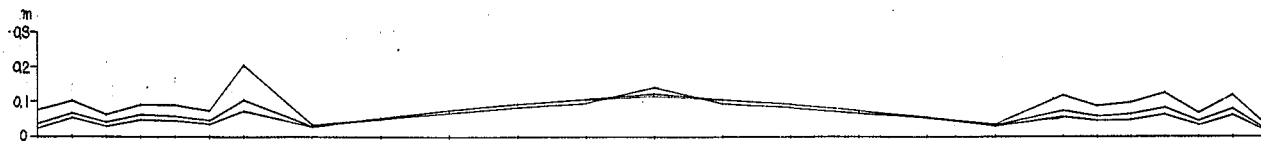


図-18 平均応答スペクトルによる最大応答変位 $\sqrt{\Sigma |^2}$

ケーブル



吊構造部・主塔・橋脚・橋台

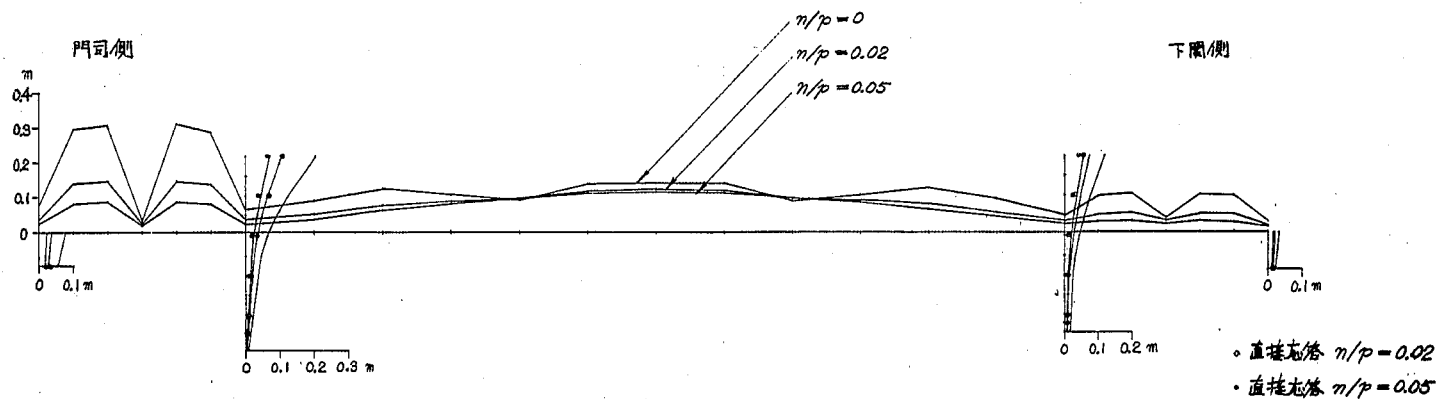


図-19 鋼路 E-W'6 2 応答スペクトルによる最大応答変位 $\sqrt{E|}|^2$ および鋼路 E-W'6 2 直接応答最大変位

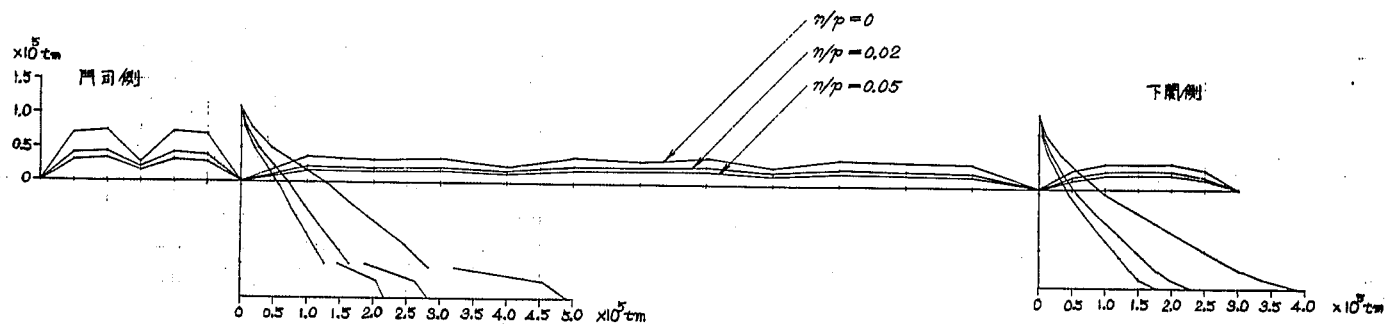


図-20 平均応答スペクトルによる最大応答曲げモーメント $\sqrt{\sum | |^2}$

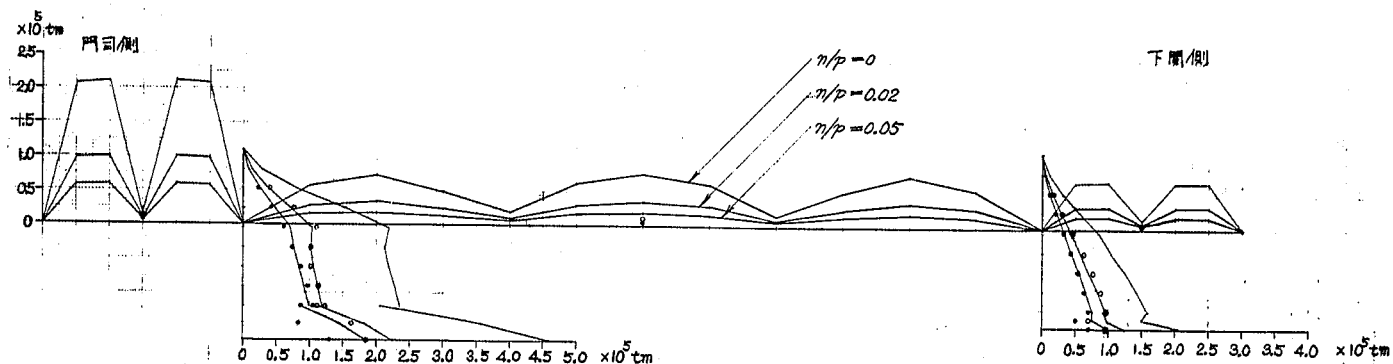


図-21 釧路E-W62応答スペクトルによる最大応答曲げモーメント $\sqrt{\sum | |^2}$ および釧路E-W62直接応答最大曲げモーメント

・直接応答 $\eta/p=0.02$

・直接応答 $\eta/p=0.05$

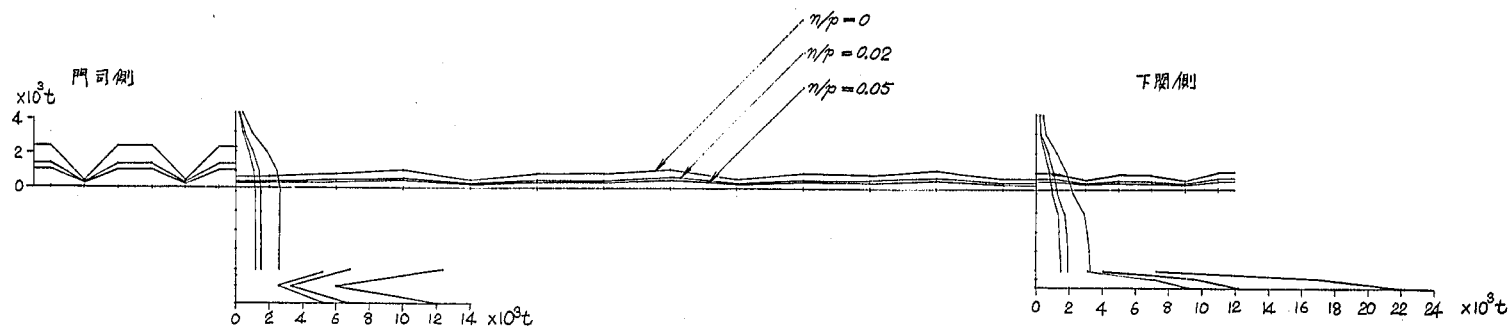


図-22 平均応答スペクトルによる最大応答せん断力 $\sqrt{\Sigma} / 2$

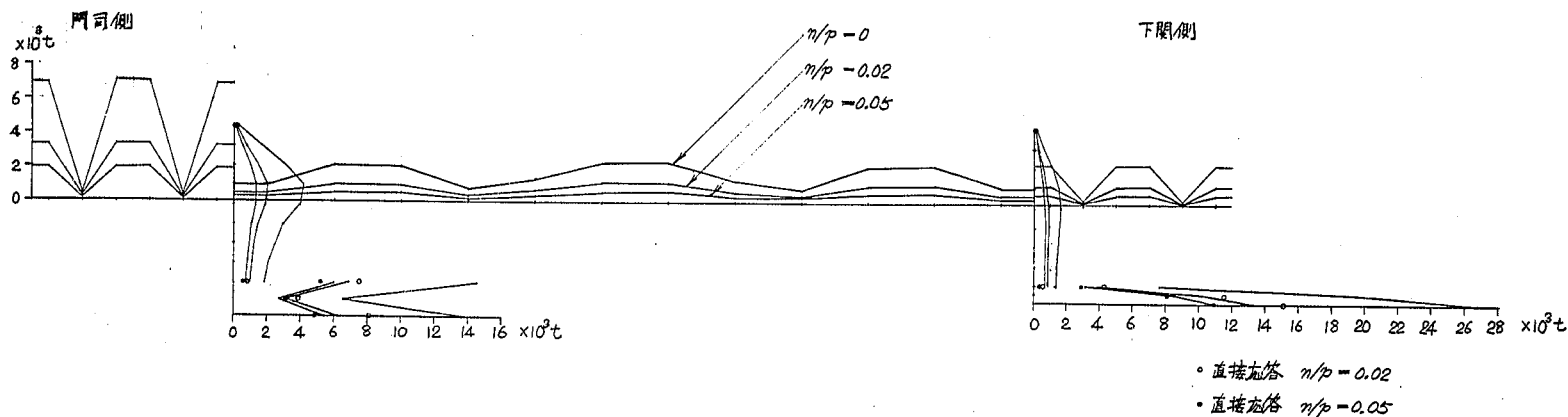


図-23 釧路E-W'62 応答スペクトルによる最大応答せん断力 $\sqrt{\Sigma} / 2$ および釧路E-W'62 直接応答最大せん断力

RESPONSE-DISPLACEMENT

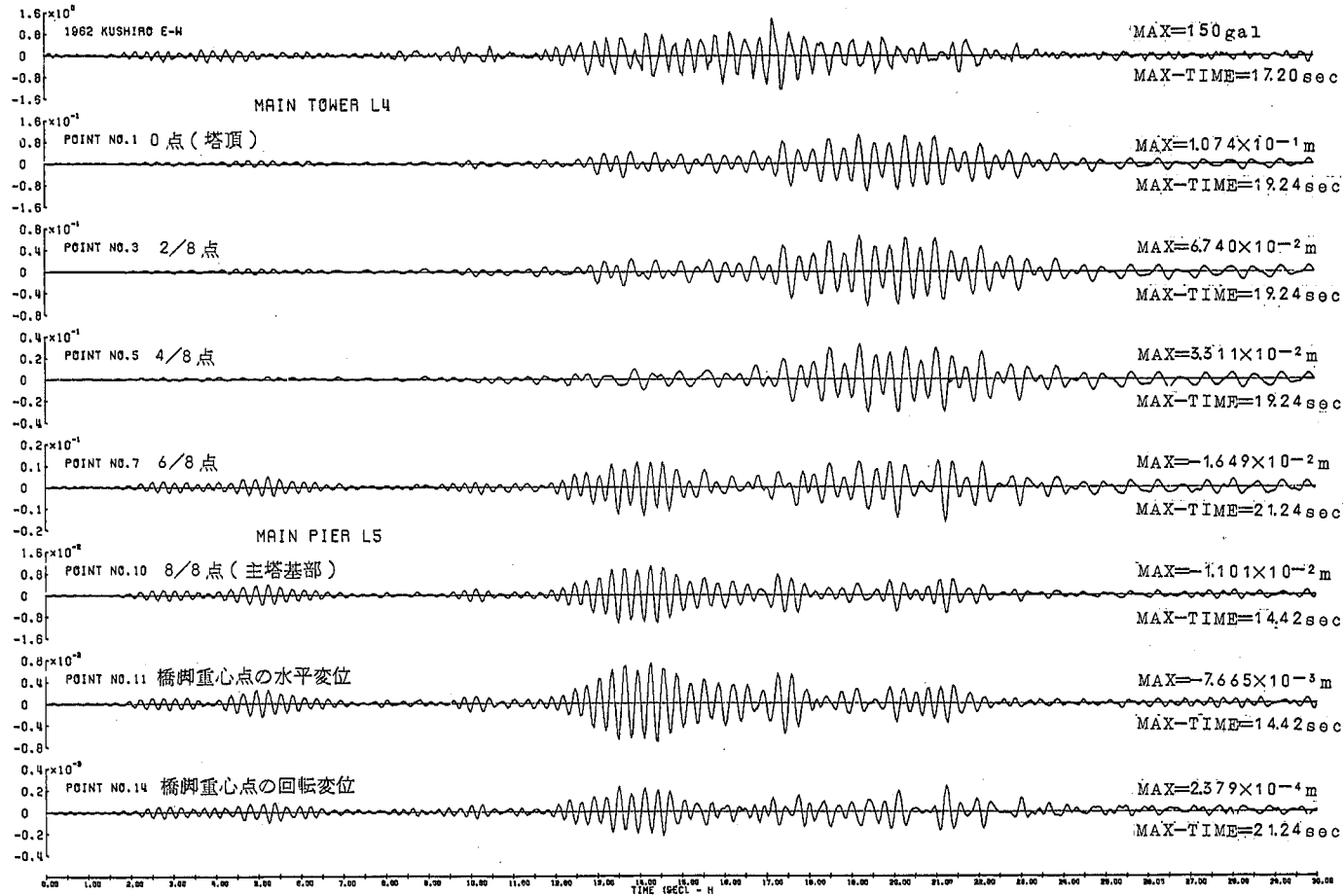


図-24 釧路 E-W '62 による門司側主塔・橋脚の応答変位 ($n/p=0.02$) 単位: m, rad

RESPONSE-DISPLACEMENT

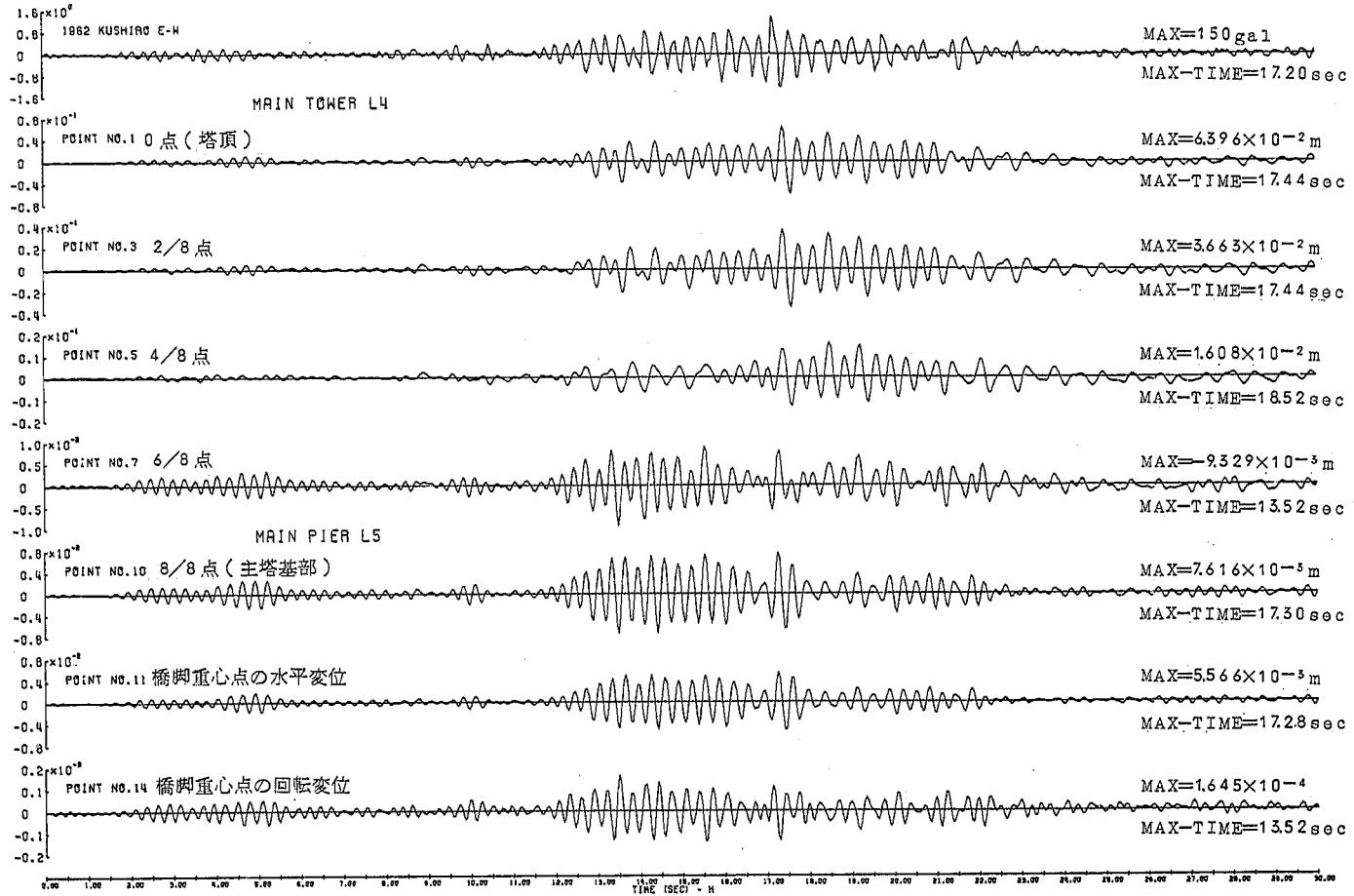


図-25 釧路 E-W '62 による門司側主塔・橋脚の応答変位 (n/p=0.05) 単位: m, rad

RESPONSE-DISPLACEMENT

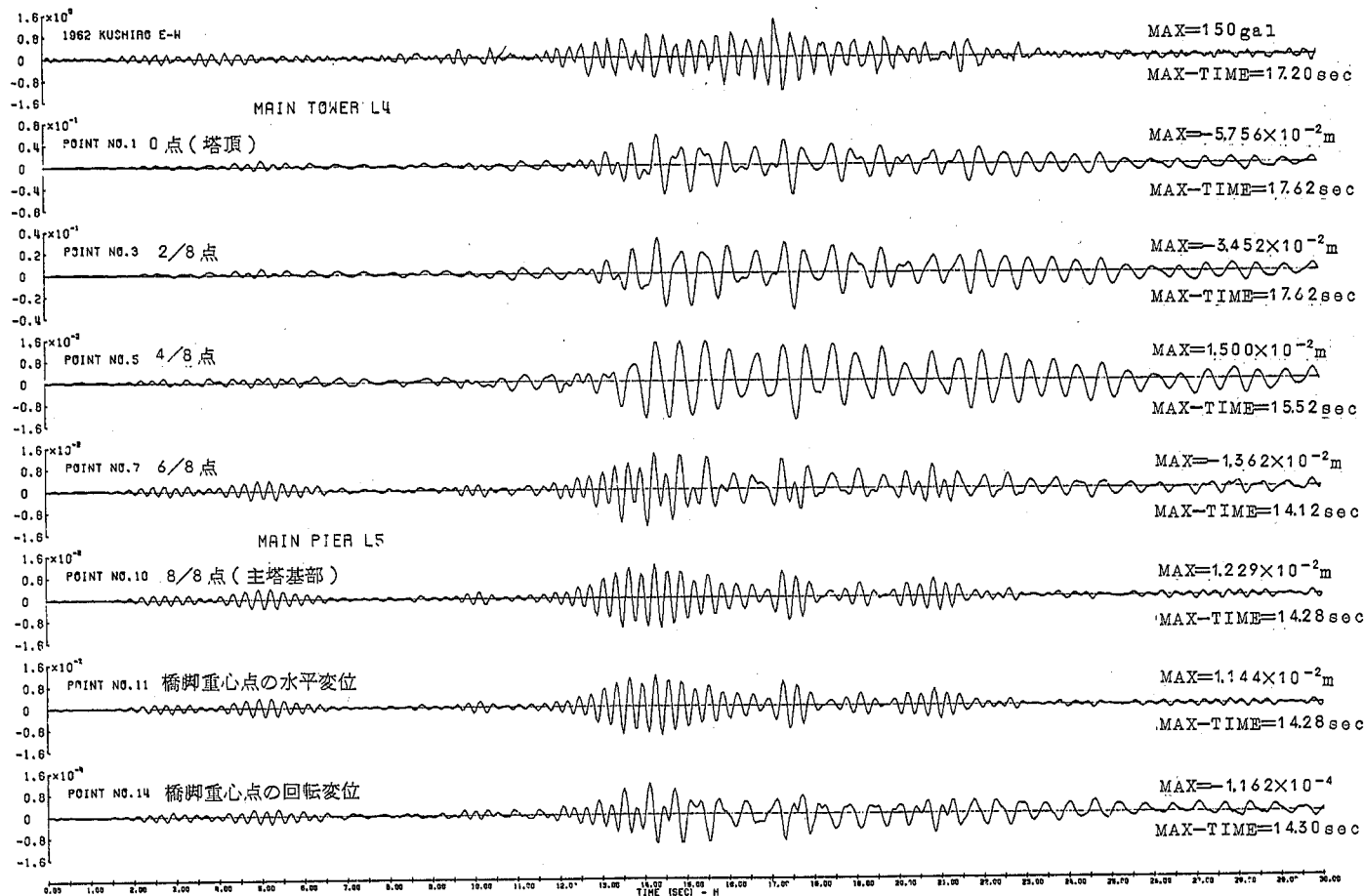


図-26 釧路 E-W'62 による下関側主塔・橋脚の応答変位 (n/p=0.02) 単位: m, rad

RESPONSE-DISPLACEMENT

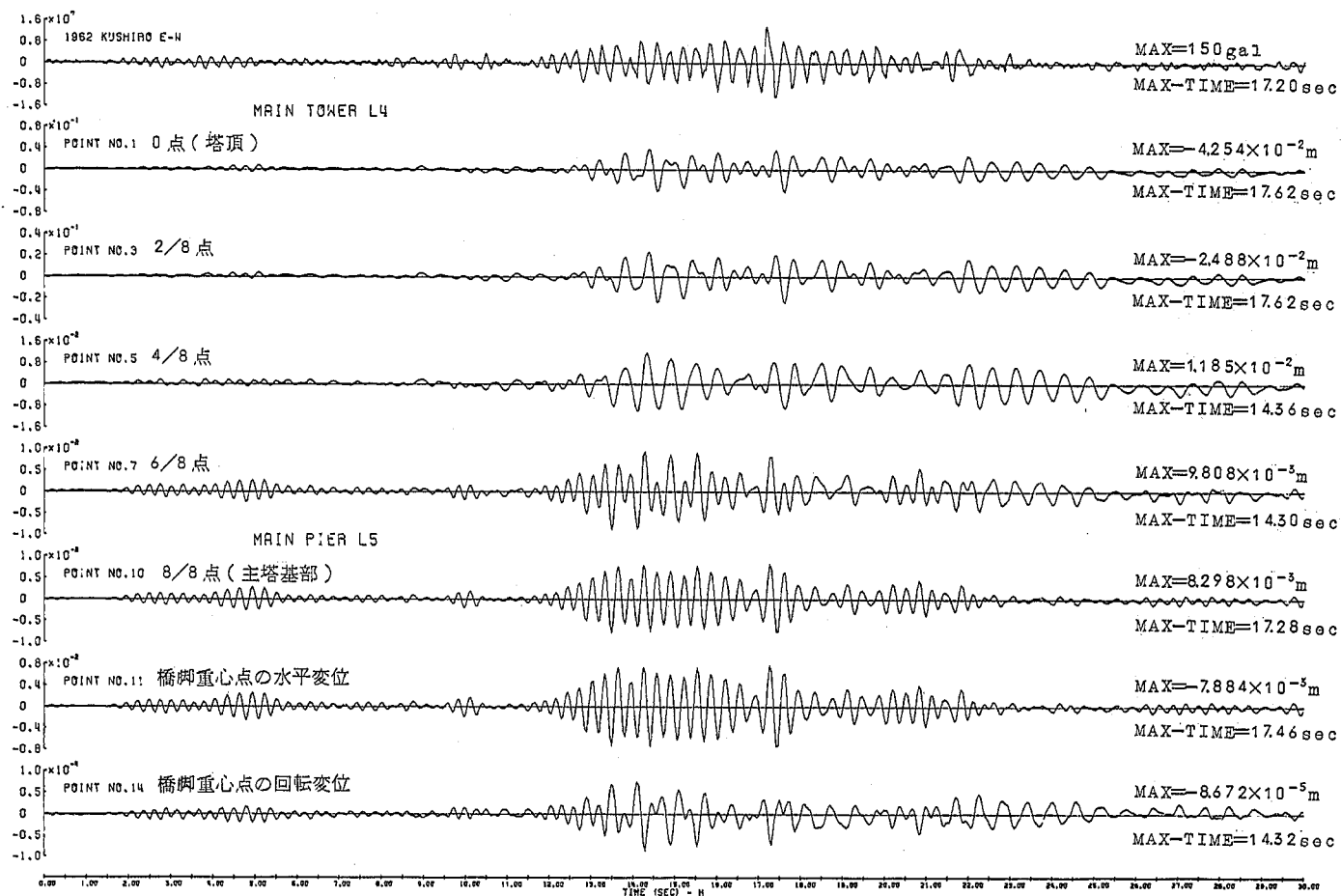


図-27 釧路 E-W '62 による下関側主塔・橋脚の応答変位 ($n/p=0.05$) 単位: m, rad

RESPONSE-DISPLACEMENT

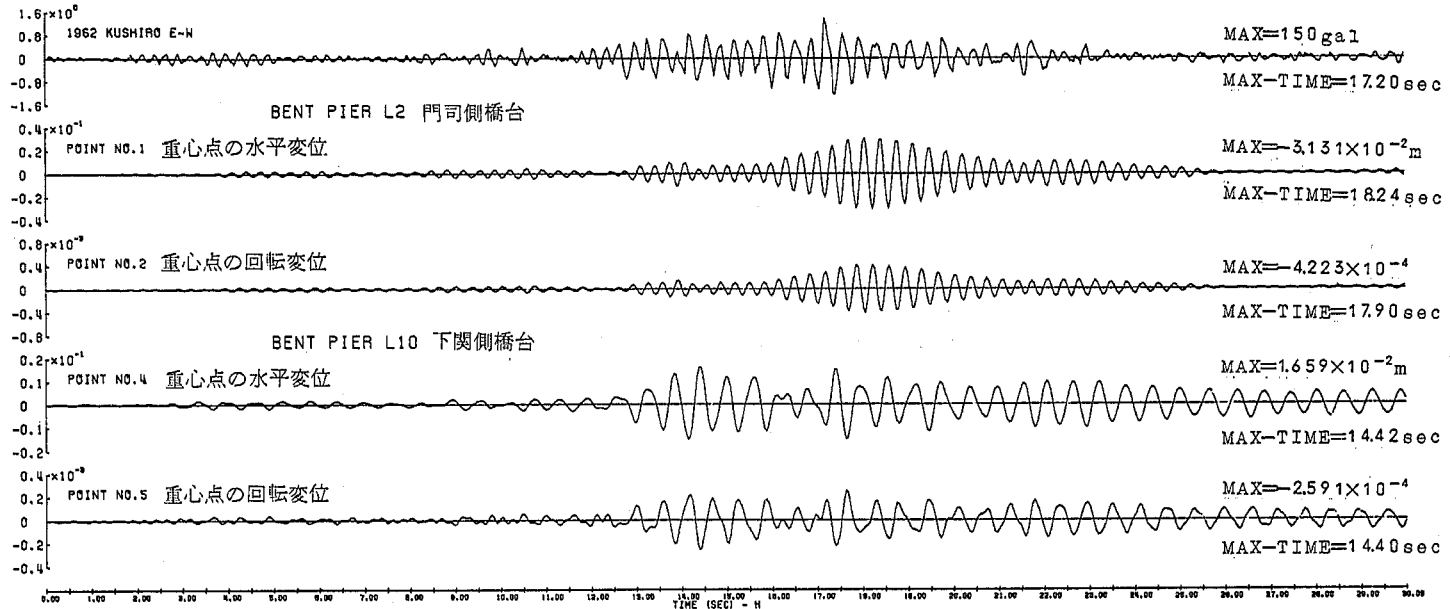


図-28 釧路 E-W '62 による橋台の応答変位 ($n/p=0.02$) 単位: m, rad

RESPONSE-DISPLACEMENT

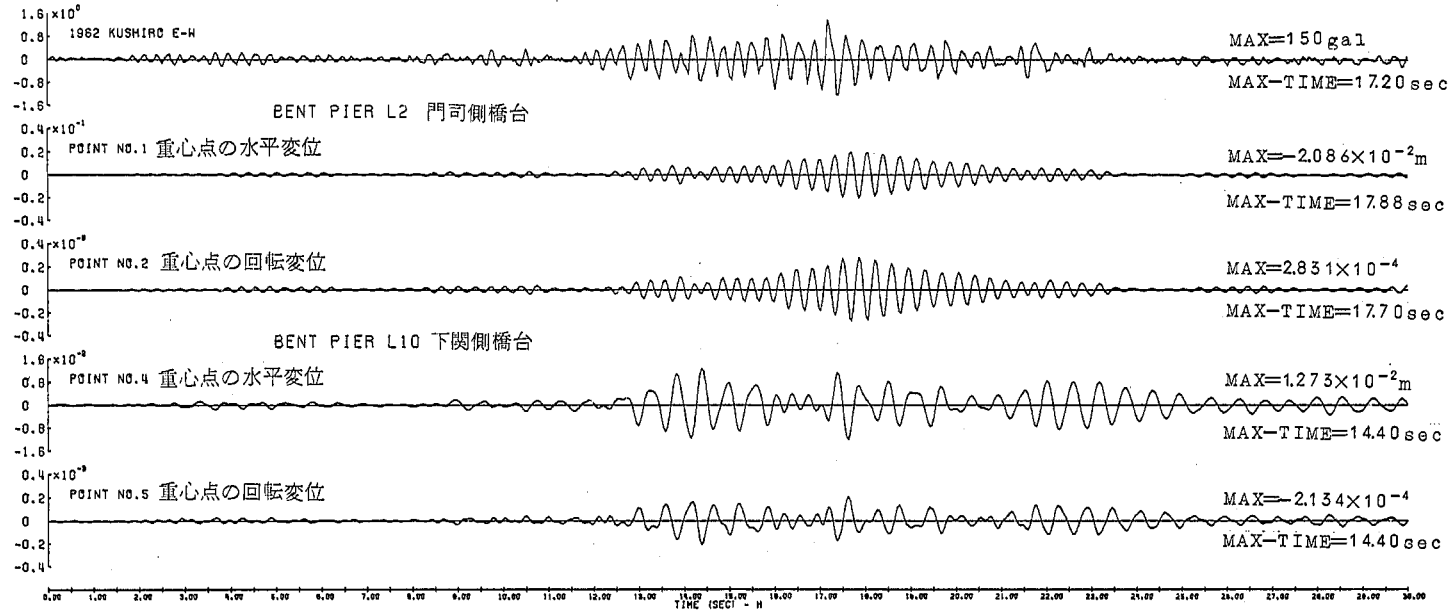


図-29 釧路 E-W '62 による橋台の応答変位 (n/p=0.05) 単位: m, rad

RESPONSE-BENDING MOMENT

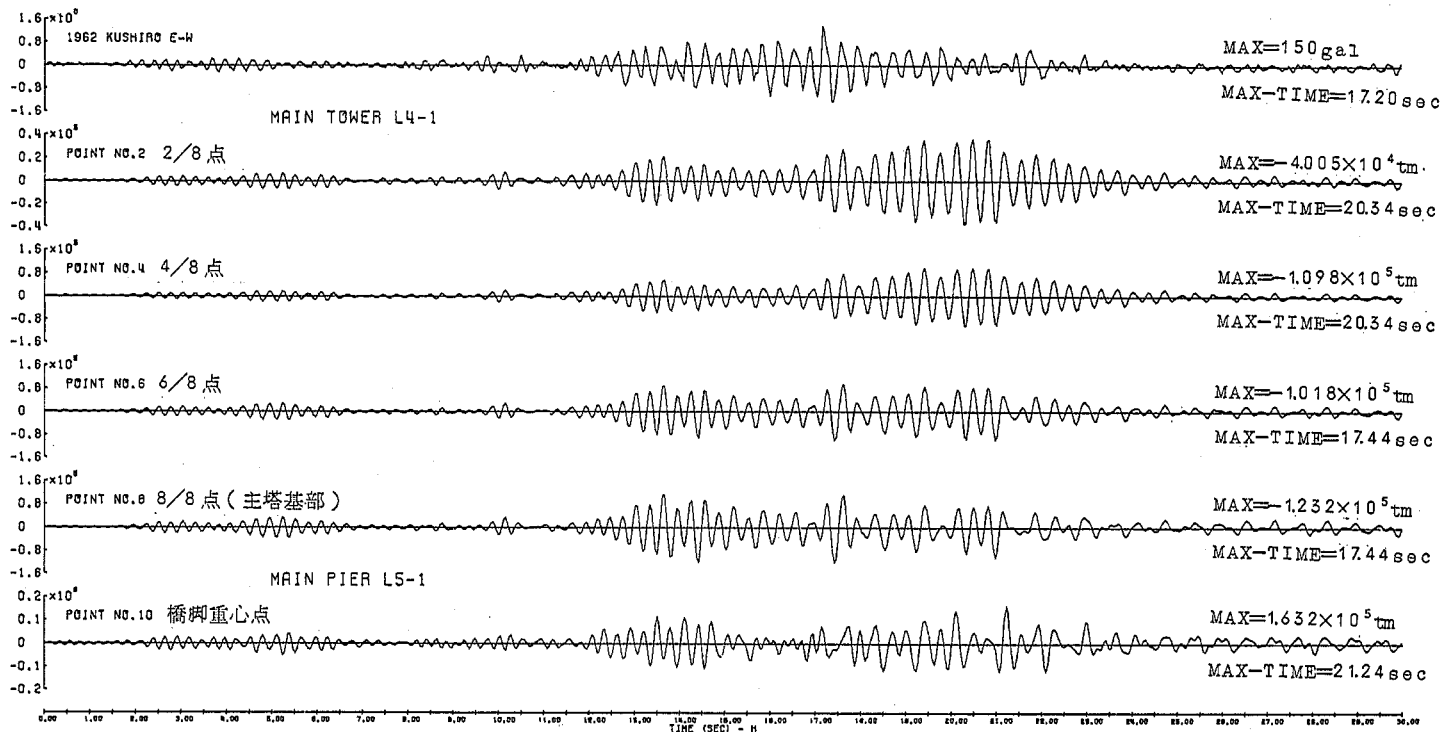


図-30 釧路 E-W '62 による門司側主塔・橋脚の応答曲げモーメント (n/p=0.02) 単位: tm

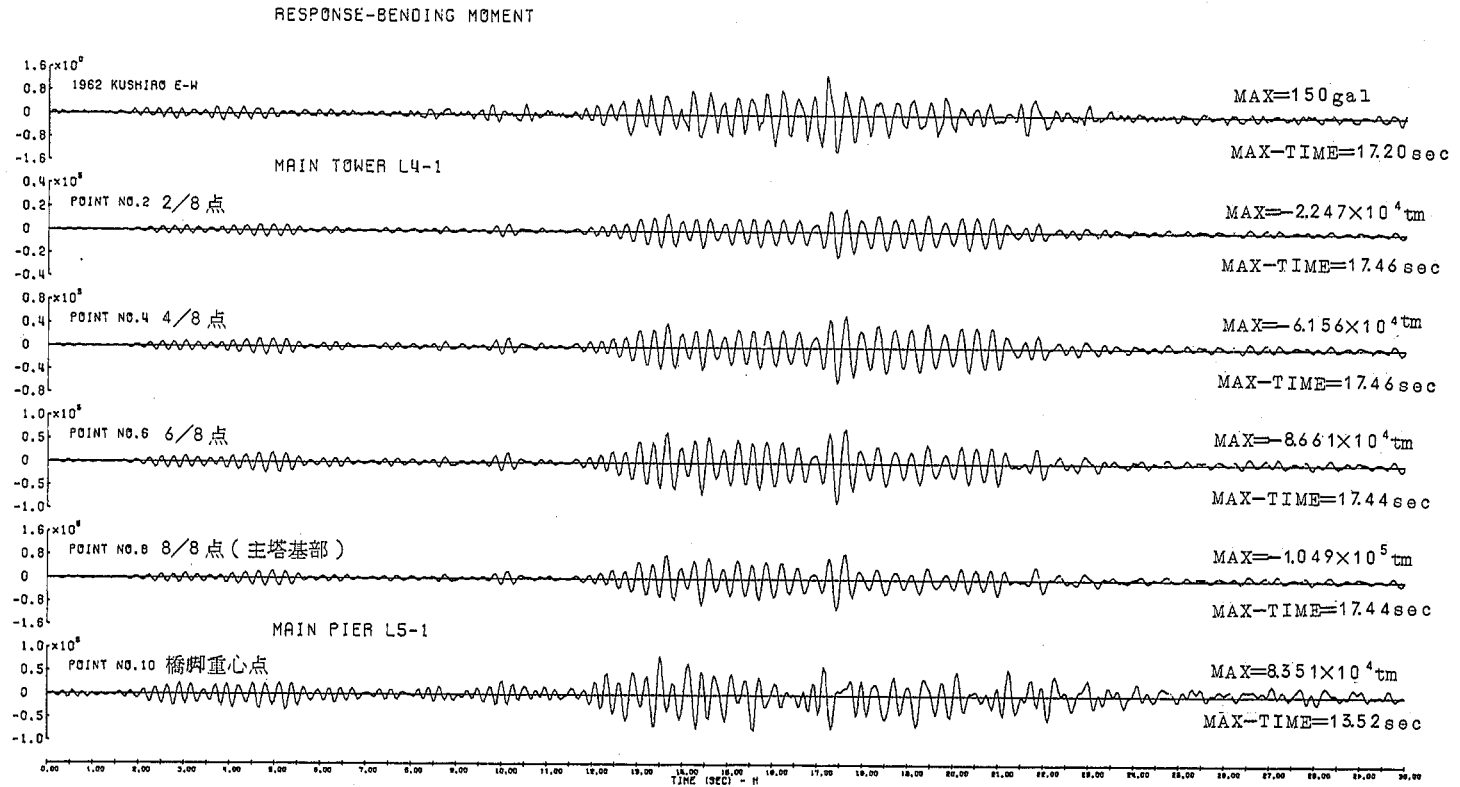


図-31 釧路E-W'62による門司側主塔・橋脚の応答曲げモーメント ($n/p=0.05$) 単位: tm

RESPONSE-BENDING MOMENT

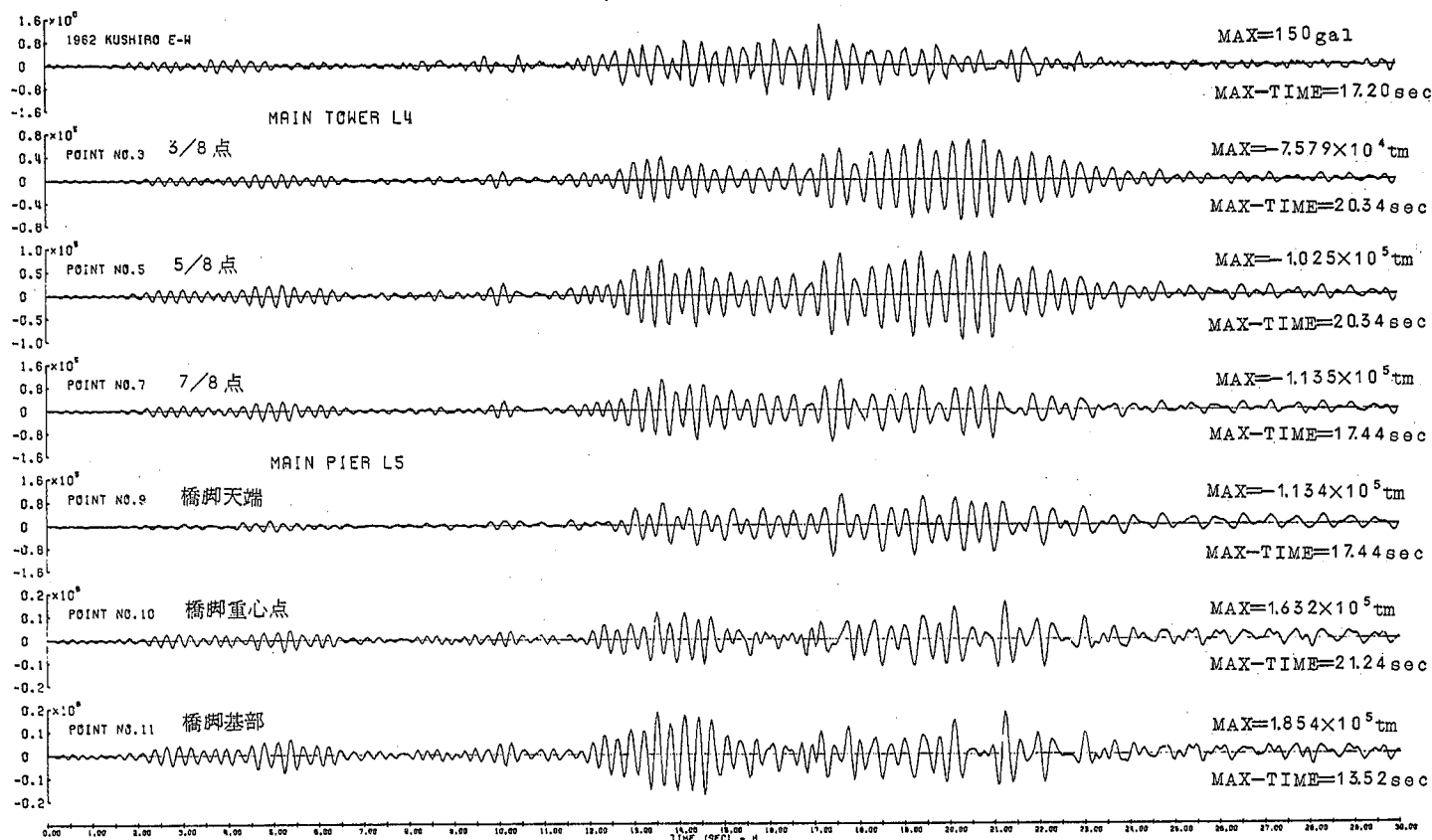


図-32 釧路 E-W' 62 による門司側主塔・橋脚の応答曲げモーメント (n/p=0.02) 単位: tm

RESPONSE-BENDING MOMENT

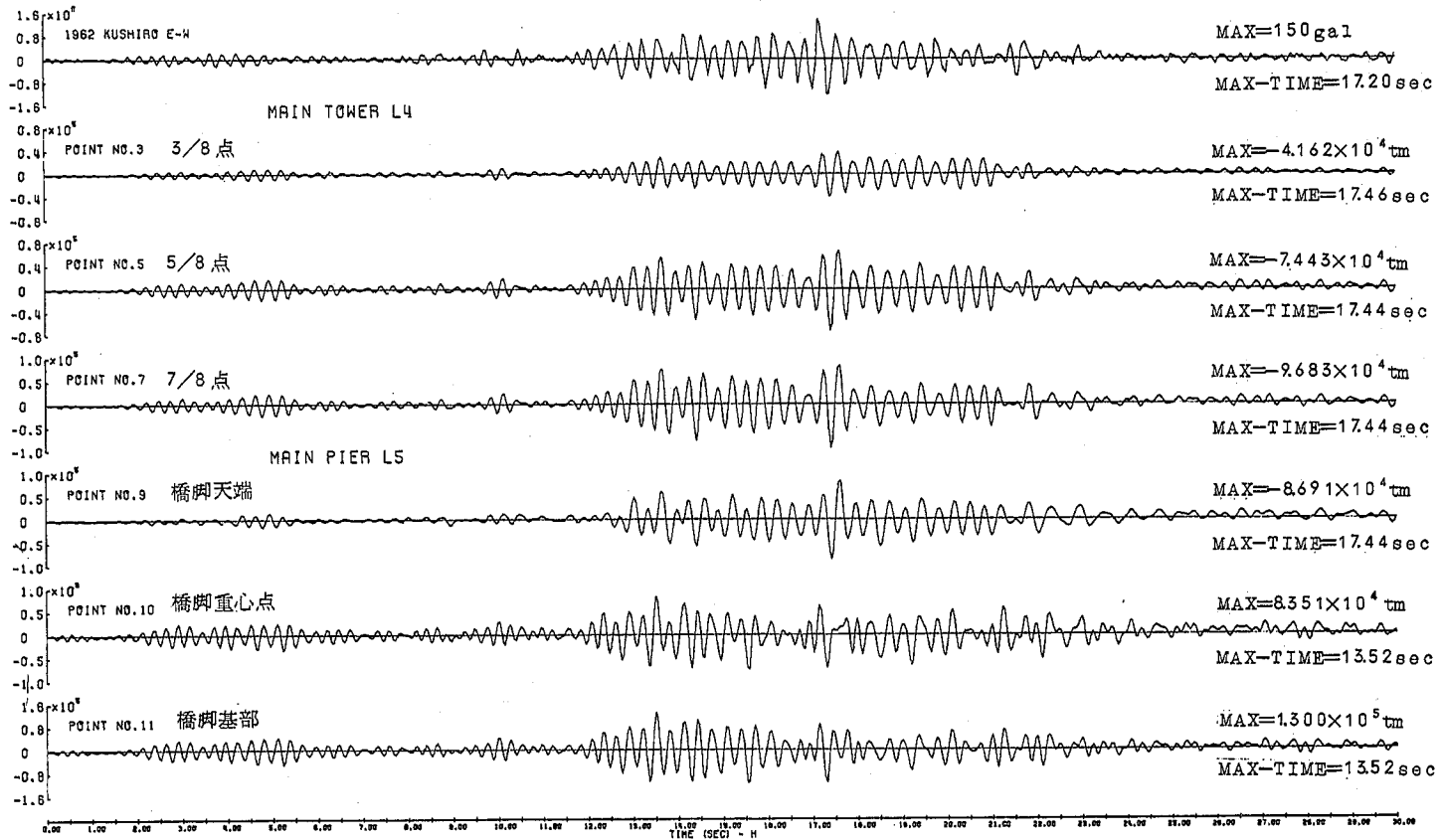


図-33 釧路 E-W '62 による門司側主塔・橋脚の応答曲げモーメント ($n/p=0.05$) 単位: tm

RESPONSE-BENDING MOMENT

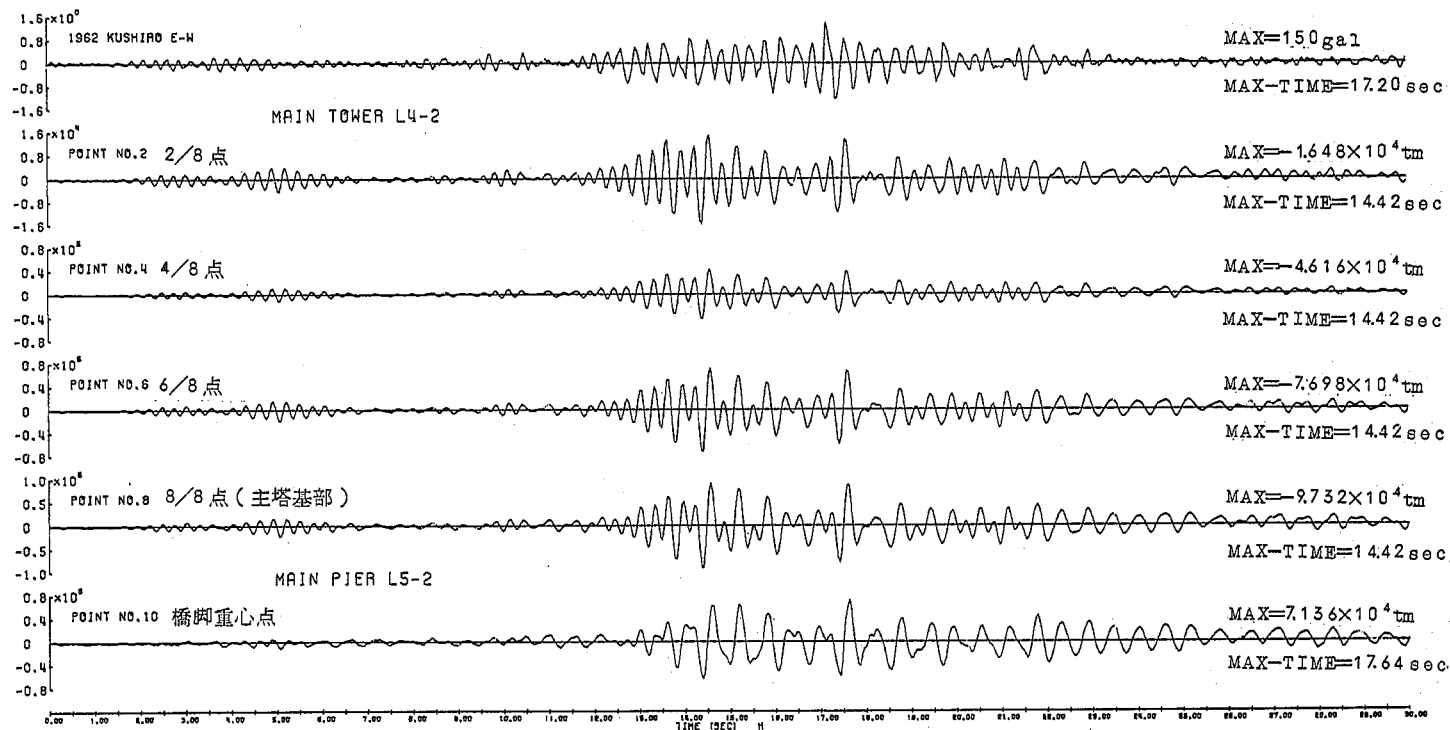


図-34 釧路 E-W '62 による下関側主塔・橋脚の応答曲げモーメント (n/p=0.02) 単位: tm

RESPONSE-BENDING MOMENT

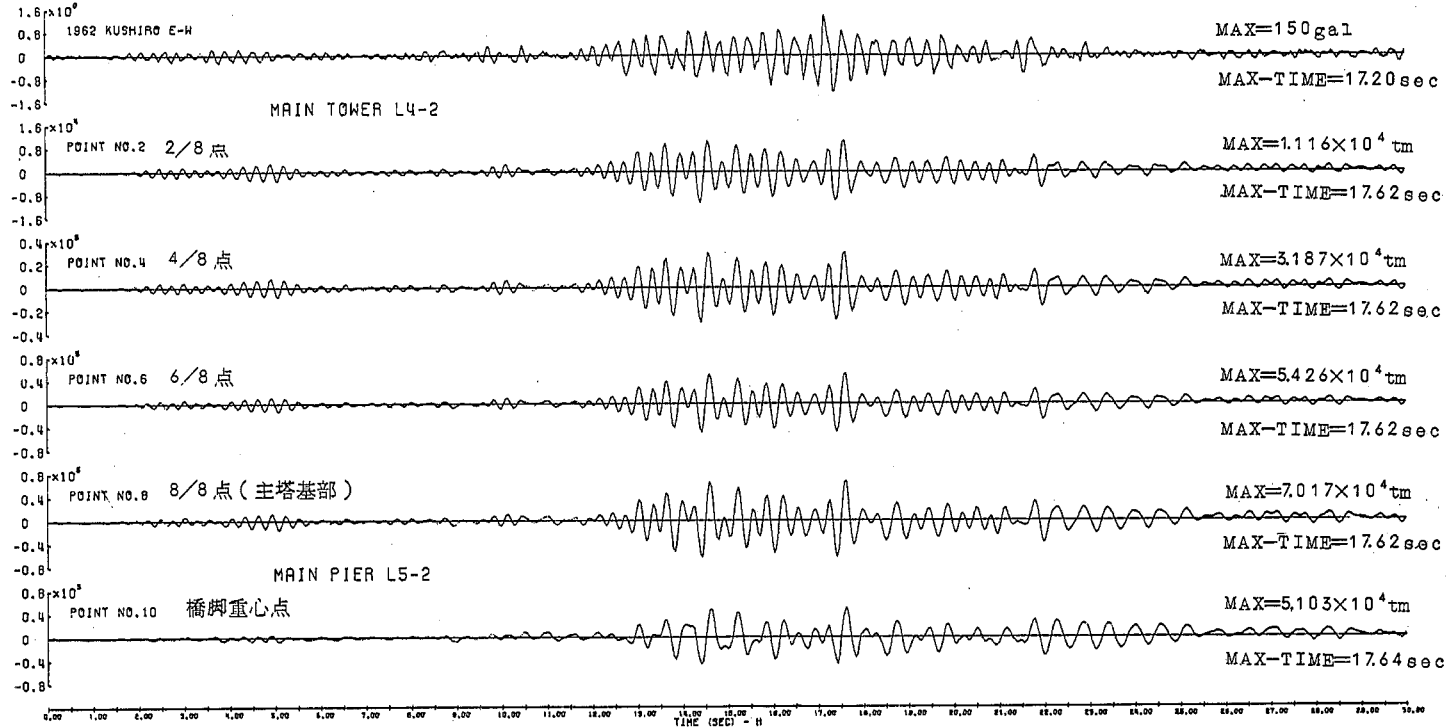


図-35 釧路 E-W '62 による下関側主塔・橋脚の応答曲げモーメント ($n/p=0.05$) 単位: tm

RESPONSE-BENDING MOMENT

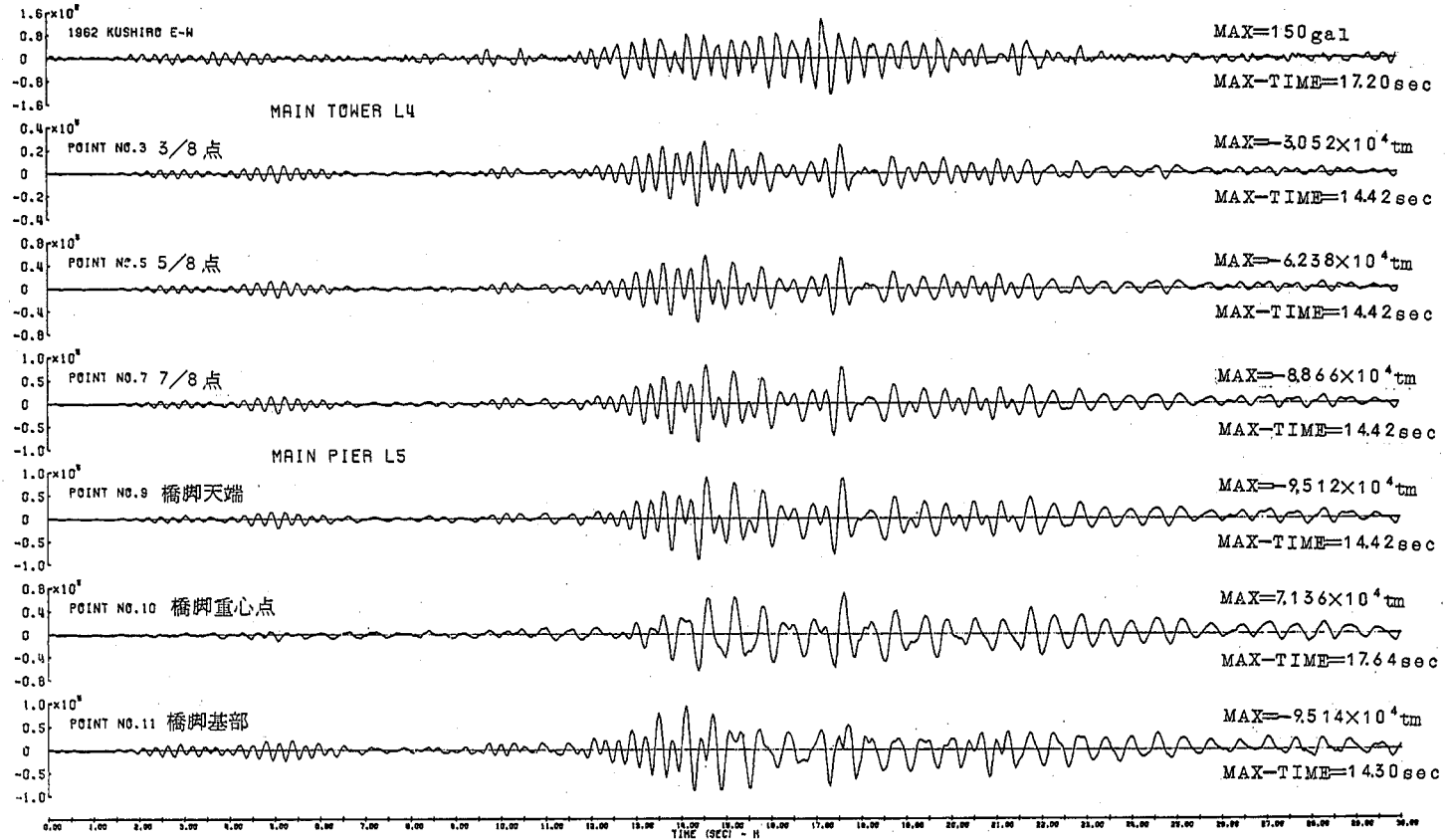


図-36 釧路 E-W '62 による下関側主塔・橋脚の応答曲げモーメント ($n/p=0.02$) 単位: tm

RESPONSE-BENDING MOMENT

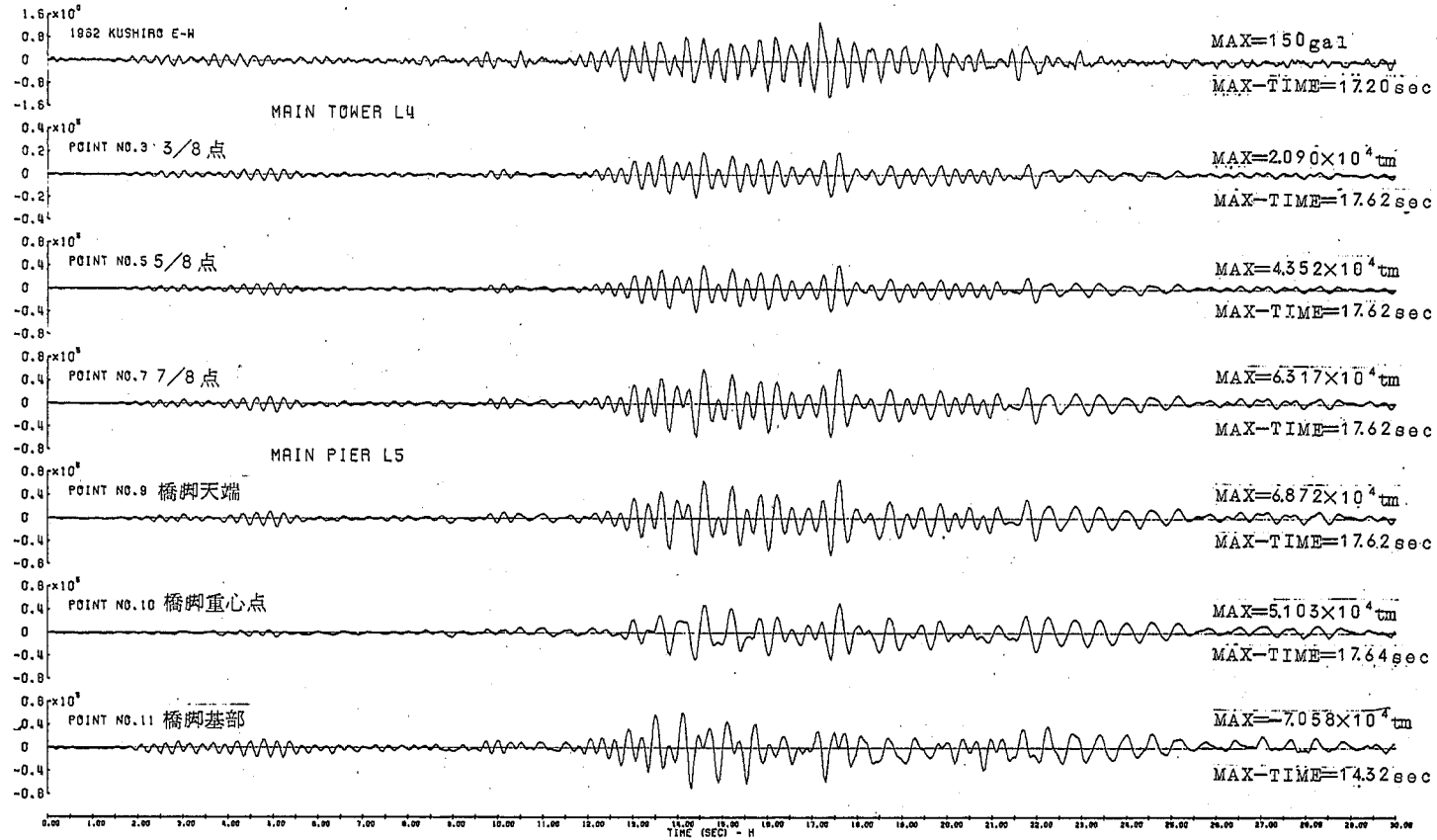


図-37 釧路 E-W' 62 による下関側主塔・橋脚の応答曲げモーメント (n/p=0.05) 単位: tm

RESPONSE-BENDING MOMENT

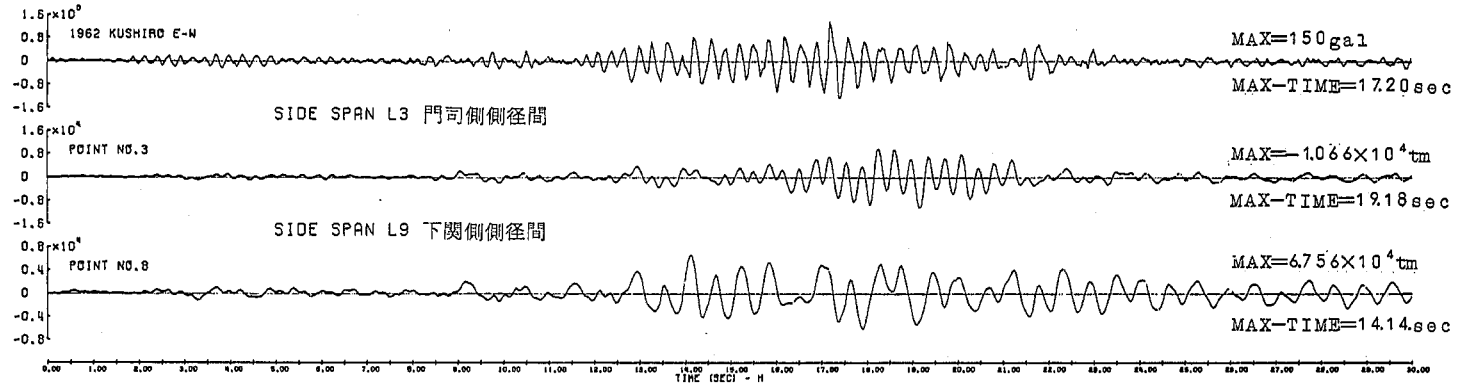


図-38 釧路 E-W '62 による側径間中央点の応答曲げモーメント ($n/p=0.02$) 単位: tm

RESPONSE-BENDING MOMENT

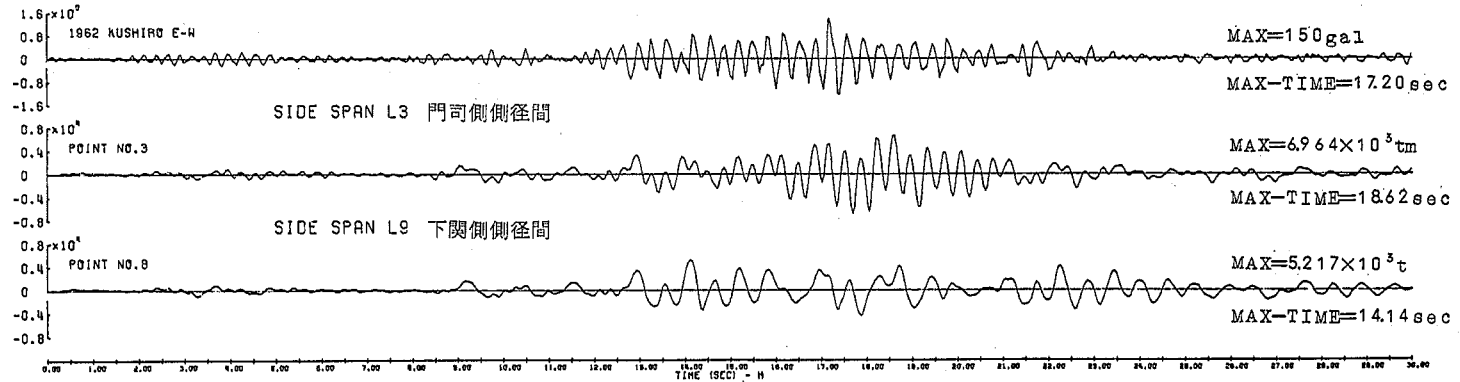


図-39 釧路 E-W '62 による側径間中央点の応答曲げモーメント ($n/p=0.05$) 単位: tm

RESPONSE-BENDING MOMENT

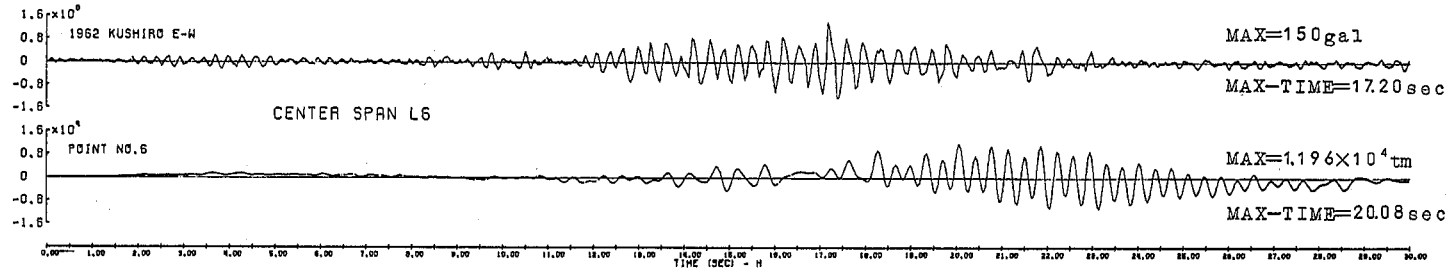


図-40 釧路 E-W '62 による中央径間中央点の応答曲げモーメント ($n/p=0.02$) 単位: tm

RESPONSE-BENDING MOMENT

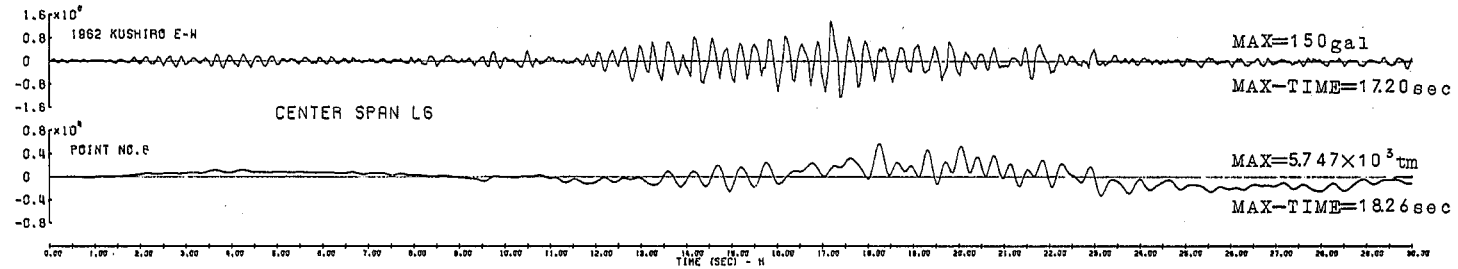


図-41 釧路 E-W '62 による中央径間中央点の応答曲げモーメント ($n/p=0.05$) 単位: tm

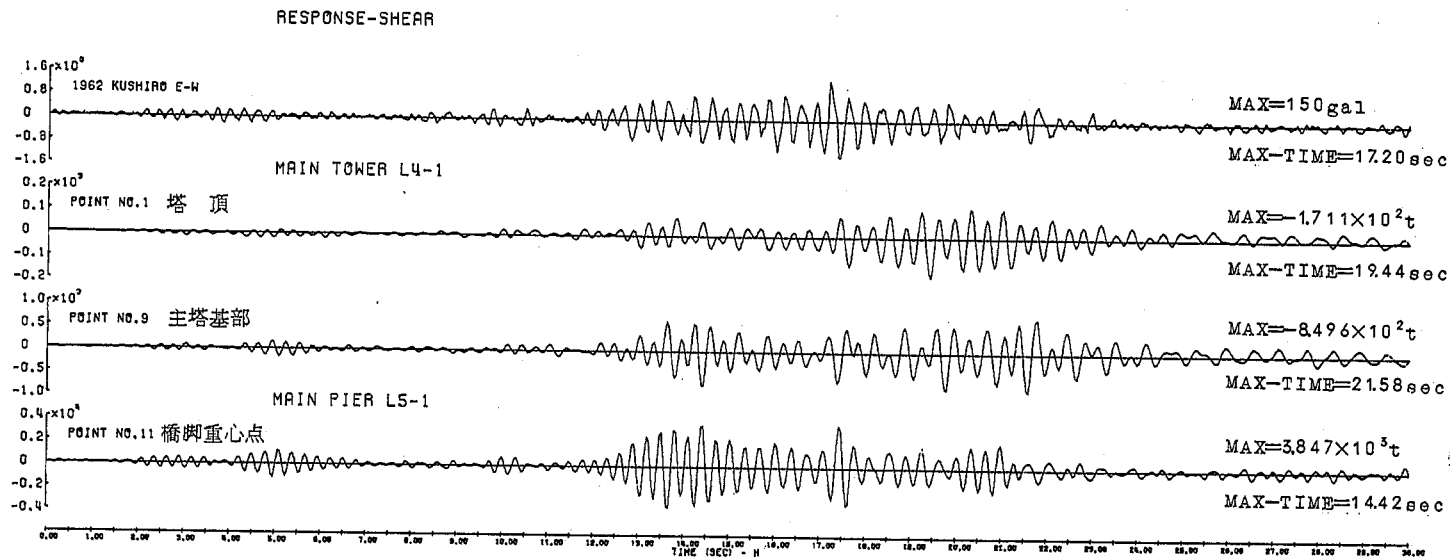


図-42 釧路 E-W '62 による門司側主塔・橋脚の応答せん断力 ($n/p=0.02$) 単位: t

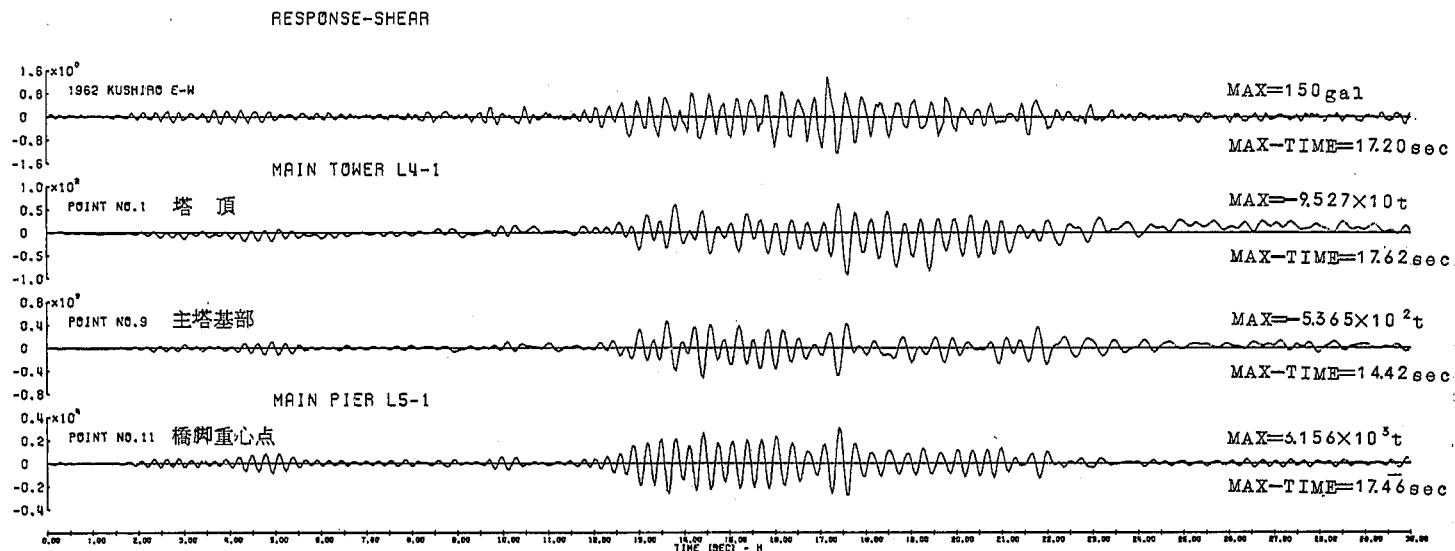


図-43 釧路E-W'62による門司側主塔・橋脚の応答せん断力($n/p=0.05$) 単位:t

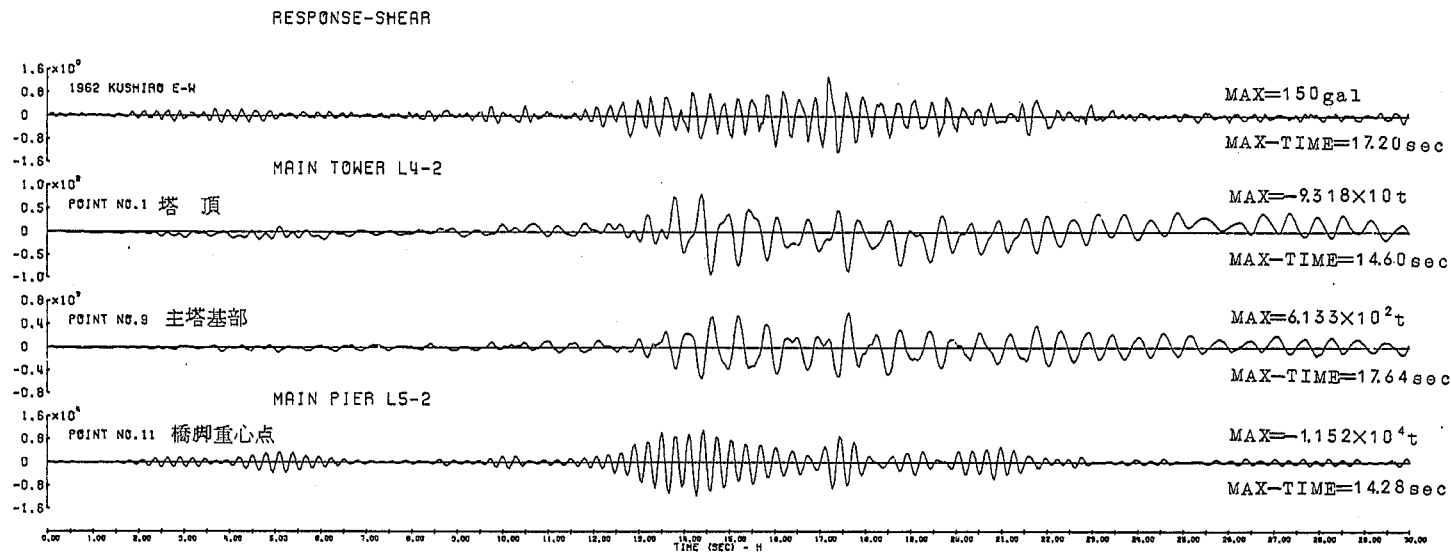


図-44 釧路 E-W '62 による下関側主塔・橋脚の応答せん断力 ($n/p=0.02$) 単位: t

RESPONSE-SHEAR

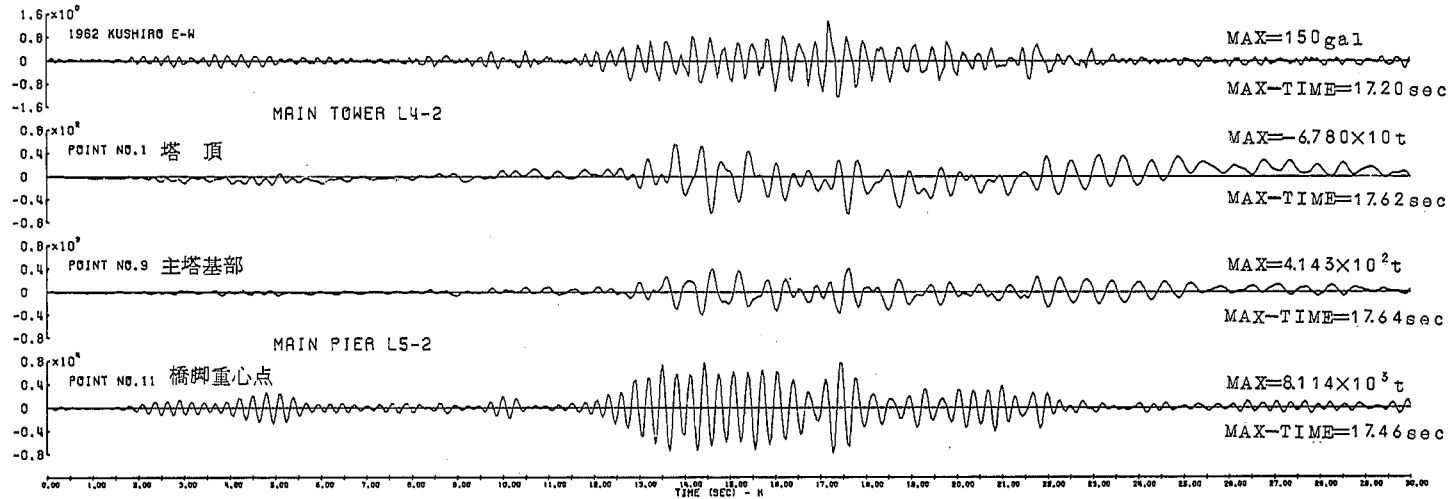


図-45 釧路 E-W '62 による下関側主塔・橋脚の応答せん断力 ($n/p=0.05$) 単位: t

RESPONSE-FORCE AND MOMENT

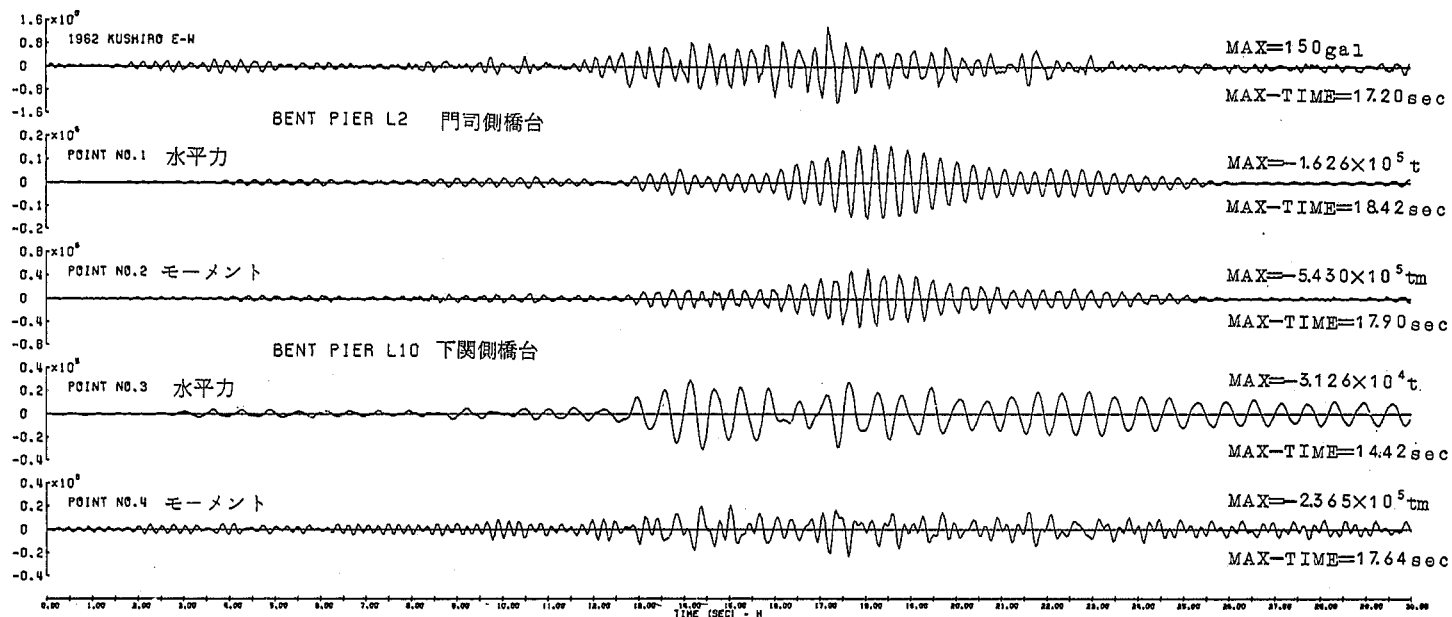


図-46 釧路 E-W'62 による橋台重心点の応答水平力および応答モーメント (n/p=0.02) 単位: t, tm

RESPONSE-FORCE AND MOMENT

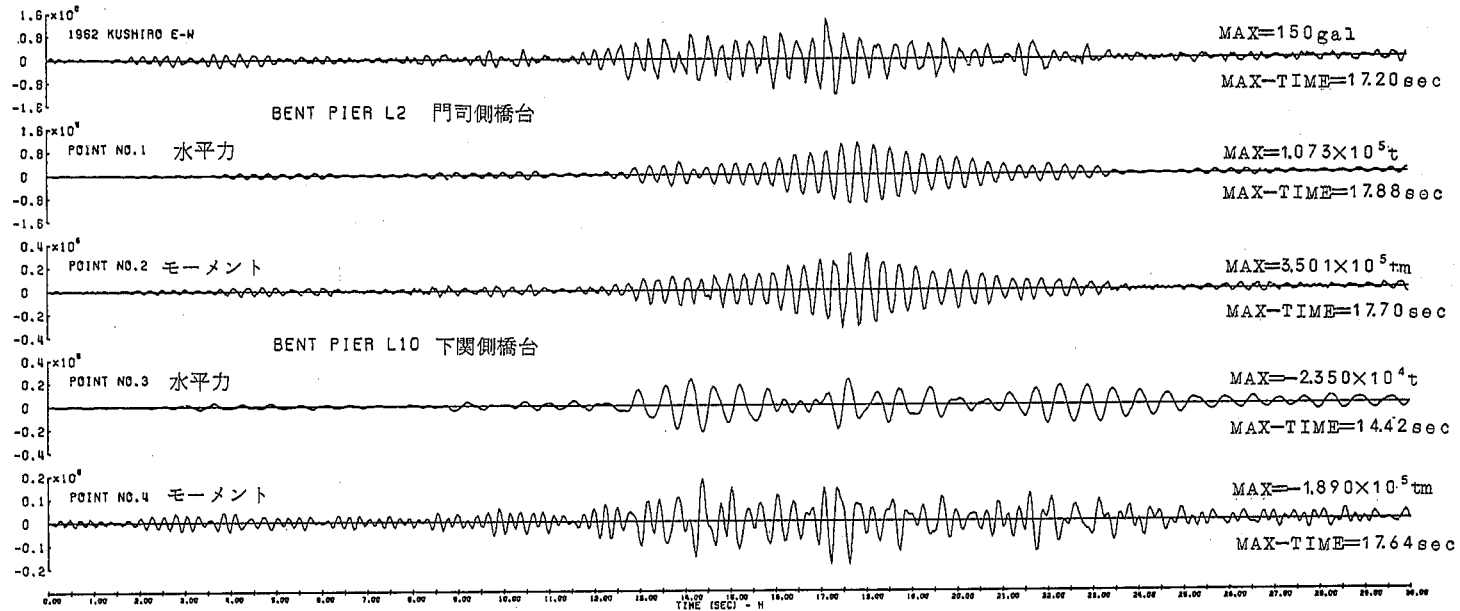


図-47 釧路 E-W '62 による橋台重心点の応答水平力および応答モーメント (n/p=0.05) 単位: t, tm

(3) 釧路 E-W' 62 地震加速度記録

図-5, 表-4に示す1962年4月23日の地震の釧路気象台地盤上の加速度記録のE-W成分。ただし最大値が150 gal となるように全体を圧縮したもの。

6 固有振動モード

解析計算の結果求められた固有振動モードを図-6～図-17に示す。また固有円振動数, 固有周期, モード寄与率, 相当質量を表-5に示す。

7 応答解析結果

解析計算の結果求められた応答変位, 断面力を表-6および図-18～図47に示す。

あ と が き

釧路 E-W' 62 地震加速度記録を用いた直接応答は, 各モードの応答の2乗和の平方根をとった釧路 E-W' 62 応答スペクトルによる応答とよく一致している。固有周期の長い吊構造部・ケーブルの応答変位については, 長周期におけるスペクトル値の値が異なることから, 平均応答スペクトルによる応答と釧路 E-W' 62 応答スペクトルによる応答との差が大きくなっている。

設計との比較は, 機会を改めて報告したいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 三径間吊橋の地震応答(案), 建設省土木研究所構造研究室, 昭和40年8月
- 2) 三径間吊橋地震応答解析, 建設省土木研究所, 昭和43年11月
- 3) 高田孝信・大久保忠良・栗林栄一: 「橋梁の耐震設計に関する研究(1) - 地震応答スペクトル・1964 -」, 土木研究所報告第128号, pp. 1-51, 建設省土木研究所, 昭和40年10月
- 4) 地震記録のデジタル数値(その1), 土木研究所資料第317号, p. 17, pp. 23-25, 建設省土木研究所, 昭和43年3月
- 5) 関門橋の計画, 調査, 設計概要, 日本道路公団高速道路関門建設所, 昭和44年11月