

JAERI-M

5064

原子炉構造物の振動Ⅱ-8
FINALE-1: 応答スペクトル
およびフーリエスペクトル解析コード

1972年12月

幾島毅

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

原子炉構造物の振動Ⅱ-8

FINALE-1: 応答スペクトルおよびフーリエスペクトル
解析コード

日本原子力研究所動力炉開発管理室

幾島 毅

(1972年11月16日受理)

構造物，原子炉容器，炉心などの地震応答スペクトルおよびフーリエ・スペクトルの解析コードFINALE-1が開発された。この計算コードの特徴はつぎのようなものである。

- (1) 加速度応答，変位応答速度応答およびフーリエ・スペクトルを計算することができる。
- (2) 入力データ形式は，カード，テープおよびディスクのいずれによっても処理可能であり，またカードから入力する場合，データ形式は任意のものでよい。
- (3) 生のデータのまま計算およびデータを正弦波補間されたものによって計算するかいずれかを選択できる。
- (4) 積分時間間隔を自由に選択できる。
- (5) 計算における開始の周期および終了の周期および1デカード (decade) の周期分割は自由に選択できる。
- (6) 計算結果はグラフィック・プロッターによって表示することができる。

この計算プログラムはFORTRAN IVによって書かれており，FACOM 230-60によって計算できる。計算時間はデータ数1200，周期数200の場合，加速度応答，変位応答，および速度応答については約3200秒，フーリエ・スペクトルについては約106秒である。

この報告は計算コードの概要と，このコードを使用して代表的な地震波について解析した結果をまとめたものである。

Vibration of Reactor Structure, Part II-8
FINALE-1: Response Spectrum and Fourier
Spectrum Analysis Code

Takeshi IKUSHIMA

Office of Power Reactor Projects, Tokai, JAERI
(Received October 16, 1972)

Computer code FINALE-1 has been prepared for analyzing the seismic response of structures, reactor vessel, core and so on. Features of the code are as follows.

- (1) Acceleration response, displacement response, velocity response and Fourier spectrum can be calculated with this code.
- (2) Any form of input data can be taken as the input, for example input data cards, tape or disk. In case of cards as the input data, data FORMAT may free format.
- (3) Either calculation of raw data or calculation of sine interpolation data can be chosen.
- (4) Integral time mesh can be chosen without restriction.
- (5) Calculation of start period, final period and period division of one decade can be chosen without restriction.
- (6) Calculation results can be represented with a graphic plotter.

The code is written in FROTRA IV and can be used with FACOM 230-60. The calculations of response spectrum and Fourier spectrum need about 3200 seconds and 106 seconds respectively, in case of number of data 1200 and calculation period 200.

This report explains the code and spectrum analyses of some typical seismic wave.

目 次

1. 緒 言	1
2. 理 論	2
2.1 応答スペクトル	2
2.2 フーリエ・スペクトル	3
3. 計算コード	4
3.1 計算コードの特徴	4
3.2 計算コードの構成	4
3.3 入力および出力形式	5
3.4 計算時間	6
3.5 計算機容量	7
3.6 計算例	7
4. 応答スペクトル解析	22
4.1 応答スペクトルとフーリエ・スペクトル	22
4.2 データ・サンプル時間とスペクトル	22
4.3 計算の周期分割とスペクトル	22
4.4 エル・セントル地震とタフト地震の特徴	22
4.5 減衰係数とスペクトル	23
5. 結 言	29
6. 謝 辞	29
7. 参考文献	29

1. 緒 言

1930年代 Benioff⁽¹⁾ および Biot⁽²⁾ によって地震の応答スペクトルの概念が導入されてから、この手法は地震波の解析ばかりでなく、構造物の地震応答解析にも有用な道具になっている。筆者は、2,3年来高温ガス冷却炉の地震応答解析を行なって来た。入力地震波と原子炉構造物および炉心の応答解析のため、応答スペクトル計算が必要であることが認識され、この計算のための計算コードが作成された。この計算コードによって観測地震波のスペクトル解析、および原子炉構造物および高温ガス冷却炉のようなブロック状炉心の地震応答解析をスペクトル分析できるようになった。

2. 理 論

2.1 応答スペクトル

振動方程式はつぎの式によって表わされる。

$$m\ddot{y}(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) = -m\ddot{y}_0(t) \quad (2.1)$$

ここで、 $K/m = \omega^2$ 、 $C/m = 2\omega\zeta$ とおけば、(2.1)式はつぎのようになる。

$$\ddot{y}(t) + 2\omega\zeta\dot{y}(t) + \omega^2 y(t) = -\ddot{y}_0(t) \quad (2.2)$$

(2.2)式の解はつぎのような積分を行なうことによって得られる。

$$y(t) = -\frac{1}{\omega\sqrt{1-\zeta^2}} \int_0^t \ddot{y}_0(\tau) e^{-\omega\zeta(t-\tau)} \sin \omega\sqrt{1-\zeta^2}(t-\tau) d\tau \quad (2.3)$$

減衰のある1自由度系の地面の加速度の相対変位はつぎの式によって表わされる。

$$y(\omega) = -\frac{1}{\omega\sqrt{1-\zeta^2}} \int_0^t \ddot{y}_0(\tau) e^{-\omega\zeta(t-\tau)} \sin \omega\sqrt{1-\zeta^2}(t-\tau) d\tau \quad (2.4)$$

ここで、 ω は減衰のない固有振動数であり、 ζ は臨界減衰係数である。相対速度は(2.4)式を微分して得られる。

$$\begin{aligned} \dot{y}(\omega) = & -\int_0^t \ddot{y}_0(\tau) e^{-\omega\zeta(t-\tau)} \cos \omega\sqrt{1-\zeta^2}(t-\tau) d\tau \\ & + \frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \int_0^t \dot{y}_0(\tau) e^{-\omega\zeta(t-\tau)} \sin \omega\sqrt{1-\zeta^2}(t-\tau) d\tau \end{aligned} \quad (2.5)$$

加速度は(2.5)式をさらに微分して得られる。

$$\begin{aligned} \ddot{y}(\omega) = & \frac{\omega(1-2\zeta^2)}{\sqrt{1-\zeta^2}} \int_0^t \ddot{y}_0(\tau) e^{-\omega\zeta(t-\tau)} \sin \omega\sqrt{1-\zeta^2}(t-\tau) d\tau \\ & + 2\omega\zeta \int_0^t \dot{y}_0(\tau) e^{-\omega\zeta(t-\tau)} \cos \omega\sqrt{1-\zeta^2}(t-\tau) d\tau \end{aligned} \quad (2.6)$$

相対変位、相対速度および加速度の応答スペクトルは(2.4)～(2.6)によって、それぞれつぎのようになる。

相対変位応答スペクトル $S_d(\omega)$

$$S_d(\omega) = \left(\frac{1}{\omega\sqrt{1-\zeta^2}} \int_0^t \ddot{y}_0(\tau) e^{-\omega\zeta(t-\tau)} \sin \omega\sqrt{1-\zeta^2}(t-\tau) d\tau \right)_{\max} \quad (2.7)$$

相対速度応答スペクトル $S_v(\omega)$

$$\begin{aligned} S_v(\omega) = & -\int_0^t \dot{y}_0(\tau) e^{-\omega\zeta(t-\tau)} \cos \omega\sqrt{1-\zeta^2}(t-\tau) d\tau \\ & + \frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \int_0^t \ddot{y}_0(\tau) e^{-\omega\zeta(t-\tau)} \sin \omega\sqrt{1-\zeta^2}(t-\tau) d\tau \end{aligned} \quad (2.8)$$

max

加速度応答スペクトル $S_a(\omega)$

$$S_a(\omega) = \left(\begin{aligned} & \frac{\omega(1-2\zeta^2)}{\sqrt{1-\zeta^2}} \int_0^t \ddot{y}_0(\tau) e^{-\omega\zeta(t-\tau)} \sin \omega\sqrt{1-\zeta^2}(t-\tau) d\tau \\ & + 2\omega\zeta \int_0^t \ddot{y}_0(\tau) e^{-\omega\zeta(t-\tau)} \cos \omega\sqrt{1-\zeta^2}(t-\tau) d\tau \end{aligned} \right)_{\max} \quad (2.9)$$

2.2 フーリエ・スペクトル

フーリエ・スペクトルは時間 $0 < t < T$ の間において、与えられた関数 $\ddot{y}(\tau)$ に対してつぎのようになる。

$$F(\omega) = \frac{1}{T} \int_0^T \ddot{y}_0(\tau) e^{-i\omega\tau} d\tau \quad (2.10)$$

(2.10) 式を三角関数によって書けば (2.11) 式のようになる。

$$F(\omega) = \frac{1}{T} \left\{ \int_0^T \ddot{y}_0(\tau) \cos \omega\tau d\tau - i \int_0^T \ddot{y}_0(\tau) \sin \omega\tau d\tau \right\} \quad (2.11)$$

フーリエの振幅のスペクトルは、(2.11) 式の実数部および虚数部の2乗の和の平方根によって与えられるから、つぎのようになる。

$$|F(\omega)| = \frac{1}{T} \left\{ \left[\int_0^T \ddot{y}_0(\tau) \cos \omega\tau d\tau \right]^2 + \left[\int_0^T \ddot{y}_0(\tau) \sin \omega\tau d\tau \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (2.12)$$

符 号

C : 減衰定数

F : フーリエ・スペクトル

K : 剛性定数

m : 質量

S_d : 相対変位応答スペクトル

S_v : 相対速度応答スペクトル

S_a : 加速度スペクトル

t : 積分区間の時間

T : 全時間

y : 変位

\dot{y} : 速度

\ddot{y} : 加速度

\ddot{y}_0 : 入力波の加速度

ζ : 減衰係数

ω : 振動数

τ : 時間

3 計算コード

3.1 計算コードの特徴

この計算コードの主要な特徴は、汎用性と便利さを持っていることである。これは、入力波の形式を自由に取れ、しかも入力データはインプットカード、磁気テープおよび磁気ディスクのいずれからでも入力でき、さらに入力データは等間隔時間のものでなくても処理できるように考慮が払われている。計算する周期の範囲と間隔すなわち開始周期および終りの周期、さらに周期の間隔として1デカド(decade)の周期の数は計算する周期の数が最大1000個の範囲で自由に選択することができるように考慮されている。それ故、計算する周期の範囲を1デカドあたり100個にして10デカドに渡って計算をすることができ(振動数の範囲が広い場合の解析に使用できる)、また1デカドの範囲で1000個にして、スペクトルを細分化して検討することができる。

入力波および正弦波補間した場合はその波形、および計算されたスペクトルはプロッタによって描くことができ、データ整理のはん雑さを無くしている。またプロッタにより図を描かせる場合、図の大きさを用紙の大きさの範囲において自由に選ぶことができるように考慮されている。積分計算時間間隔、積分時間は任意に選ぶことができるというサーベイ計算コードの特徴も持っている。

これらの特徴を列記すればつぎのようである。

- (1) 加速度応答, 変位応答, 速度応答およびフーリエ・スペクトルのすべてまたは任意のものを選択して計算することができる。
- (2) 入力データ形式は、カード、テープおよびディスクのいずれによっても処理可能である。またカードから入力する場合、データ形式は任意のものでよい。
- (3) 生のデータを使用して計算および正弦波補間されたデータを使用して計算するかを選択できる。
- (4) 積分時間間隔を自由に選択できる。ただし、この場合、データは正弦波補間される。
- (5) 計算における開始の周期および終了の周期および1デカド(decade)の周期分割については自由に選択できる。ただし、計算の全周期は最高1000個まで許される。
- (6) 計算はグラフィック・プロッターによって表示することができる。

3.2 計算コードの構成

この計算コードはメインプログラムと22個のサブ・ルーチンから構成されている。計算コードのブロック・ダイアグラムはFig. 3.1に、流れ図はFig. 3.2にそれぞれ示されている。メインプログラムおよびサブ・ルーチンの機能はつぎのようである。

- (1) MAIN : サブ・プログラムINPUTを呼び問題の大きさを知り、計算準備をする。
- (2) MAINX : それぞれのサブ・プログラムを呼び、計算を続行させる。
- (3) HEADFL: 計算コード名をプリントする。

- (4) INPUT : 問題のタイトル, 問題の大きさ, およびオプションを読み込む。
- (5) READW : 入力データ (FORMAT なし) を読み込み, データをストアする。
- (6) SEDATA: 入力データ (FORMAT 付き) を読み込み, データをストアする。
- (7) SEIWAV: 入力データを正弦波補間し, データを作成する。
- (8) INTERP: 正弦波補間の計算を行なう。
- (9) RESPOS: 加速度応答, 変位応答および速度応答スペクトルの計算を行う。
- (10) FFSPCT: フーリエ・スペクトルの計算を行う。
- (11) SMPQ : シンプソン法によって積分を行う。
- (12) VIEWST: プロッタのオープンをする。
- (13) TITLEF: 問題のタイトルをプロットする。
- (14) VIEWSS: 入力データのプロットをする。
- (15) TYPE1 : 入力データのプロットをする。
- (16) TYPE2 : 入力データのプロットをする。
- (17) VIEWVE: 正弦波補間したデータのプロットをする。
- (18) VIEWRS: 加速応答スペクトルのプロットをする。
- (19) VIEWDP: 変位応答スペクトルのプロットをする。
- (20) VIEWVL: 速度応答スペクトルのプロットをする。
- (21) VIEWFT: フーリエスペクトルのプロットをする。
- (22) FINE : プロッタのクローズをする。
- (23) MSG : エラー・メッセージを出す。

3.3 入力および出力形式

3.3.1 入力形式

入力形式は Table 3.1 に示されている。入力データの種類は大別すればつぎのものから成っている。

- (1) 計算時間 (sec)
- (2) 積分時間間隔 (sec)
- (3) 計算開始の周期 (sec)
- (4) 計算終りの周期 (sec)
- (5) 1 デカード (decade) を幾らに分割して周期計算を行うかを決めるための周期分割数
- (6) 減衰係数
- (7) 最大入力波の値 (gal)
- (8) 入力データの形式
- (9) 計算実行の種類
 - (i) 加速度応答スペクトル
 - (ii) 変位応答スペクトル
 - (iii) 速度応答スペクトル
 - (iv) フーリエ・スペクトル

- (10) グラフィック・プロットに対する制御量
- (11) 入力波の種類とデータの情報
- (12) 入力波データ

入力データの1例は Table 3.2 に示されている。

3.3.2 出力形式

出力形式は1例として Table 3.3 に示されているように、つぎの項目から成っている。

- (1) 3.3.1 に述べた入力データ
- (2) 地震波の基準化
- (3) 応答スペクトル
 - (a) 加速度応答スペクトル
 - (b) 変位応答スペクトル
 - (c) 速度応答スペクトル
- (4) フーリエ・スペクトル
- (5) (3), (4)の結果のプロット

3.4 計算時間

計算時間の内訳はつぎのものである。

- (1) 入力データの読み込み (およびデータの補間)
- (2) 応答スペクトルの計算
- (3) フーリエ・スペクトルの計算
- (4) 結果の印刷およびグラフィックプロット

このうち、(1)は中央演算処理装置使用時間(以下CPUと呼ぶ)で多くても20秒程度であり、(4)はCPUで4~8秒、多くても10秒程度である。計算時間の大部分はスペクトル計算に費やされるが、中でもフーリエ・スペクトルの計算はわずかであり、大部分は応答スペクトルの計算に費やされる。応答スペクトルの計算時間は Fig. 3.4 に、フーリエ・スペクトルの計算時間は Fig. 3.5 にそれぞれ示されている。計算時間を定式化すれば、応答スペクトルおよびフーリエ・スペクトルに対してそれぞれ(3.1)式、および(3.2)式のようになる。

応答スペクトル計算時間： t_R

$$t_R = \frac{N_{\text{period}}}{100} \left\{ 69.5 - 0.185 N_{\text{data}} + 0.001194 (N_{\text{data}})^2 \right\} \text{ (sec)} \quad (3.1)$$

フーリエ・スペクトル計算時間： t_F

$$t_F = \frac{N_{\text{period}}}{100} \left\{ 1.48 + 0.0431 N_{\text{data}} \right\} \text{ (sec)} \quad (3.2)$$

ここで、

N_{period} : 計算の全周期数、

N_{data} : データ数、

である。これらの計算時間に関連して注意しなければならないことは、応答スペクトルの計算時間はデータ数に従って指数的に増加し、データが5000以上にもなると計算機の使用時間から大きな制約を受けるということである。一方、フーリエ・スペクトルの計算時間はデータ数に比例して増加するので、データ数が数万のオーダーでも十分計算機の使用時間の範囲内に入る。このように、多量のデータのスペクトル分析には、フーリエ・スペクトル解析によらねばならない。

計算機の種類による計算時間を1例としてTable 3.4に示す。

3.5. 計算機容量

この計算コードに必要な計算機容量は、取扱うデータ数が最大6500、そして計算の周期数1000で、64K語である。それ故、計算は中形の電子計算機によって可能である。

3.6 計算例

計算はエル・セントロにおいて1940年観測された南北方向の地震について行った。計算の入力データはTable 3.2に示されており、計算結果はTable 3.3およびFig. 3.5に示されている。計算の入力値の主要なものを挙げればつぎのようになる。

- | | |
|----------------|-------------|
| (1) 計算時間 | 1.2 (sec) |
| (2) 積分時間間隔 | 0.01 (sec) |
| (3) 計算開始の周期 | 0.05 (sec) |
| (4) 計算終りの周期 | 5.0 (sec) |
| (5) 1デカード分割周期数 | 100 |
| (6) 減衰係数 | 0.01 |
| (7) 最大入力波の値 | 100.0 (gal) |

Table 3.1 Input list

Card No	FORMAT	Variabls	Descriptions
1	I1, 18A4	LAST TITLE	=0:Calculation continue =1:Calculation stop Problem identification
2	7F10.0	TFIN DT PERIOD PMESH PFIN HI GALMAX TINT	Final time of calculation (sec) Integral time mesh (sec) Start period of calculation (sec) Period mesh number in one decade Final period of calculation (sec) Damping factor Maximum acceleration (gal) Initial time of calculation (wave)
3	12I3	IOPT (1) IOPT (2) IOPT (3) IOPT (4) IOPT (5) IOPT (6) IOPT (7)	=0:Data are not interperated =1:Data are interperated with sin wave =0:Data are read from input card =1:Data are read from disk or tape No IOPT (4) =0:Data cards are read according to program FORMAT =1:Data cards are read according to input FORMAT Data from disk or tape No IOPT (4) (IOPT(4)=2, 3, 4, 8), standard seismic wave data is disk No 8 If standard seismic wave data is used, this option is used. IOPT (5) is seismic wave identification. If many points data are stored in disk or tape, this option is used. IOPT (6) is number of points. Select the point from many points data, IOPT (7) is select number from many points.

Card No	FORMAT	Variables	Descriptions
		IOPT (8)	=0:Don't calculate =1:Calculate acceleration response
		IOPT (9)	=0:Don't calculate =1:Calculate displacement response
		IOPT (10)	=0:Don't calculate =1:Calculate velocity response
		IOPT (11)	=0:Don't calculate =1:Calculate Fourier spectrum
		NEW	=0:Data is used that of former problem =1:Data input
4	I1, I5, 4I3	IPLT1	=0:Don't plotted =1:Calculation results are plotted
		IPLT2	Length of time axis , IPLT2(mm/sec)
		IPLT3	=0:Don't plotted =1:Acceleration response plot
		IPLT4	=0:Don't plotted =1:Displacement response plot
		IPLT5	=0:Don't plotted =1:Velocity response plot
		IPLT6	=0:Don't plotted =1:Fourier spectrum plot
5	2F10.0	WITHX	Length of period axis , WITHX(mm), if this column is blank , WITHX=2000 mm
		WITHY	Length of response spectrum axis , WITHY(mm), if this column is blank , WITHY=2000 mm.
6	4X, 18A4	NAME (I)	Data name
7	I4, 6X	NREC	Recorded number of data
	I1, 9X	IWAVE	=1:Input data are card 8A, 8C =2:Input data are card 8B
	F10.0	DTW	Time interral of data
	10A4	FMT (I)	Input data FORMAT , only use IOPT (3)=1,

Card No	FORMAT	Variables	Descriptions
8A	10X, 5F10.3	WAVEIN (I)	If IOPT (2)=1 , Card 7 and 8 are omitted Acceleration (gal) , only use , IOPT (2)=0 and IOPT (3)=0
8B	3X, 4 (F7.4 F9.6)	TWAVE (I) WAVEIN (I)	Time (sec) Acceleration (g) only use , IOPT (2)=0 and IOPT (3)=0
8C	FMT	WAVEIN (I)	Acceleration (gal or g) , only use , IOPT (2)=0 and IOPT (3)=1

Table 3.2 Input data for sample problem

```

.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8
RESPONSE SPECTRUM EL CENTRO 40NS (MAX. 0.326 G)
12.0 0.01 0.05 100.0 5.0 0.01 100.0
1 1 0 8 1 0 0 1 1 1 1 1 1
1 20 1 1 1 1
300.0 1 1 1 200.0 0 0 0
1 EL CENTRO 40NS
1 LAST
    
```

Table 3.3 Output list of sample problem

1 PAGE/ 1 CASE

RESPONSE SPECTRUM EL CENTRO 40NS (MAX. 0.326 G)
 ** INPUT DATA **

1. CALCULATION PERIOD	START PERIOD 0.0500 (SEC) FINAL PERIOD 5.0000 (SEC) PERIOD MESH 100.0 ()	
2. DAMPING FACTOR	DAMPING FACTOR 0.0100 ()	
3. OPTION	FOR CALCULATION DATA DEAL SIN INTERPOLATION INPUT DATA FROM DISK/TAP INPUT DATA CARD NO FOMAT DATA FROM DISK/TAPE NO 8 DATA FROM DISK/TAPE 0 POINT DATA SELECT NO. FROM MANY POINT 0 ACCELERATION RESPONSE EXECUTE DISPLACEMENT RESPONSE EXECUTE VELOCITY RESPONSE EXECUTE FOURIER SPECTRUM EXECUTE INPUT DATA CHANGE	FOR PLOTTING PLOTTING ACCELERATION RESPONSE REPRESENTATION DISPLACEMENT RESPONSE REPRESENTATION VELOCITY RESPONSE REPRESENTATION FOURIER SPECTRUM REPRESENTATION
4. TIME	DURATION TIME 12.0000 (SEC) COMPUTE INTERVAL TIME 0.0100 (SEC)	
5. INPUT WAVE	WAVE NAME EL CENTRO 40NS GALMAX 100.0 (GAL)	

RESPONSE SPECTRUM (DISPLACEMENT)

3 PAGE / 1 CASE

PERIOD(SEC)	DISPL.(CM)	PERIOD(SEC)	DISPL.(CM)	PERIOD(SEC)	DISPL.(CM)	PERIOD(SEC)	DISPL.(CM)	PERIOD(SEC)	DISPL.(CM)
0.0500	0.0079	0.0512	0.0090	0.0524	0.0092	0.0536	0.0095	0.0548	0.0095
0.0561	0.0101	0.0574	0.0119	0.0587	0.0132	0.0601	0.0140	0.0615	0.0137
0.0629	0.0143	0.0644	0.0154	0.0659	0.0194	0.0674	0.0220	0.0690	0.0226
0.0706	0.0219	0.0723	0.0214	0.0740	0.0232	0.0757	0.0257	0.0774	0.0296
0.0792	0.0333	0.0811	0.0346	0.0830	0.0434	0.0849	0.0475	0.0869	0.0412
0.0889	0.0387	0.0910	0.0410	0.0931	0.0500	0.0953	0.0604	0.0975	0.0660
0.0998	0.0401	0.1021	0.0734	0.1045	0.0639	0.1069	0.0693	0.1094	0.0685
0.1119	0.0754	0.1145	0.0720	0.1172	0.0740	0.1199	0.1125	0.1227	0.0929
0.1256	0.1178	0.1285	0.1212	0.1315	0.1327	0.1346	0.1431	0.1377	0.1459
0.1409	0.1441	0.1442	0.1433	0.1476	0.2077	0.1510	0.3399	0.1545	0.4708
0.1581	0.3867	0.1618	0.3270	0.1656	0.2889	0.1694	0.4326	0.1734	0.4687
0.1774	0.4924	0.1815	0.4435	0.1858	0.3261	0.1901	0.4200	0.1945	0.5842
0.1991	0.4537	0.2037	0.4179	0.2084	0.5367	0.2133	0.5675	0.2183	0.4757
0.2233	0.4616	0.2285	0.4710	0.2339	0.5308	0.2393	0.6236	0.2449	0.6246
0.2506	0.6265	0.2564	0.7057	0.2624	0.7297	0.2685	0.7234	0.2748	0.6371
0.2812	0.5548	0.2877	0.4962	0.2944	0.5440	0.3013	0.6753	0.3083	0.8294
0.3155	0.9774	0.3228	1.0860	0.3303	1.1344	0.3380	1.1823	0.3459	1.1953
0.3540	1.2154	0.3627	1.2485	0.3707	1.3637	0.3793	1.5409	0.3881	1.6366
0.3972	1.7347	0.4064	1.6860	0.4149	1.7331	0.4256	1.8076	0.4355	1.8967
0.4456	2.0044	0.4560	2.3707	0.4666	2.9271	0.4775	3.1341	0.4886	2.8338
0.5000	2.6599	0.5116	2.8161	0.5236	2.9486	0.5358	3.0103	0.5482	3.5874
0.5610	4.2391	0.5741	4.3068	0.5874	3.8809	0.6011	3.0413	0.6151	3.0307
0.6295	2.8991	0.6441	2.8595	0.6591	2.8030	0.6745	2.8703	0.6902	3.4968
0.7063	3.3226	0.7227	3.1840	0.7396	2.7185	0.7568	2.7900	0.7744	2.5687
0.7924	2.6108	0.8109	2.7259	0.8298	3.7001	0.8491	4.6646	0.8689	5.4387
0.8891	5.9276	0.9098	6.1092	0.9310	5.9275	0.9527	5.4643	0.9749	5.6761
0.9976	5.7661	1.0209	5.6059	1.0446	5.4445	1.0690	5.3122	1.0939	5.0836
1.1194	4.7598	1.1454	4.3336	1.1721	4.1606	1.1994	4.4519	1.2274	4.5434
1.2559	4.4743	1.2852	4.3195	1.3151	4.1484	1.3458	4.0055	1.3771	3.9464
1.4092	4.2837	1.4420	4.8007	1.4756	4.3589	1.5100	4.6694	1.5451	4.9252
1.5811	5.0313	1.6180	5.2096	1.6557	5.2645	1.6942	5.1199	1.7337	4.7655
1.7741	4.9605	1.8154	5.5041	1.8577	5.9111	1.9009	6.2150	1.9452	6.6275
1.9905	7.6737	2.0369	8.8571	2.0843	10.0867	2.1329	10.6312	2.1826	10.1149
2.2334	11.0188	2.2854	12.0278	2.3387	12.9760	2.3931	13.6863	2.4489	14.3352
2.5059	14.8623	2.5643	15.3320	2.6240	15.9035	2.6652	16.1387	2.7477	16.2971
2.8117	16.7414	2.8777	16.8623	2.9442	17.1180	3.0128	17.6560	3.0830	17.6268
3.1548	17.7637	3.2283	17.7678	3.3035	17.4622	3.3804	16.8188	3.4592	15.9371
3.5397	15.7486	3.6227	15.5040	3.7065	15.1571	3.7929	14.7326	3.8812	14.2100
3.9716	13.5947	4.0641	12.8842	4.1588	12.0966	4.2557	11.6358	4.3548	11.6474
4.4563	11.6088	4.5601	11.5229	4.6663	11.3959	4.7750	11.2347	4.8862	11.0607
5.0000	10.8653								

RESPONSE SPECTRUM (ACCELERATION)

2 PAGE / 1 CASE

PERIOD(SEC)	ACCEL.(GAL)	PERIOD(SEC)	ACCEL.(GAL)	PERIOD(SEC)	ACCEL.(GAL)	PERIOD(SEC)	ACCEL.(GAL)	PERIOD(SEC)	ACCEL.(GAL)
0.0500	124.8895	0.0512	135.3803	0.0524	131.5474	0.0536	130.9109	0.0548	124.2399
0.0561	125.8475	0.0574	142.0319	0.0587	150.1699	0.0601	152.3681	0.0615	142.3193
0.0629	141.8894	0.0644	146.3593	0.0659	175.8265	0.0674	190.5283	0.0690	178.3894
0.0706	173.1104	0.0723	161.5610	0.0740	166.8235	0.0757	176.6569	0.0774	194.2162
0.0792	208.8757	0.0811	207.0034	0.0830	247.8766	0.0849	259.5707	0.0869	214.6514
0.0889	192.5984	0.0910	194.9313	0.0931	227.1773	0.0953	262.2093	0.0975	273.6328
0.0998	317.0283	0.1021	277.4912	0.1045	230.8577	0.1069	238.8712	0.1094	225.6403
0.1119	237.0703	0.1145	216.1875	0.1172	212.2848	0.1199	308.1713	0.1227	243.1418
0.1256	294.4056	0.1285	289.3475	0.1315	302.3816	0.1346	311.4731	0.1377	303.2880
0.1409	266.2512	0.1442	271.6668	0.1476	376.0883	0.1510	587.7543	0.1545	777.4731
0.1581	609.9225	0.1618	492.6316	0.1656	415.5648	0.1694	594.3220	0.1734	614.9990
0.1774	617.0412	0.1815	530.7772	0.1858	372.7030	0.1901	458.4360	0.1945	608.9984
0.1991	451.6703	0.2037	492.3540	0.2084	447.3478	0.2133	492.0783	0.2183	393.9361
0.2233	365.0598	0.2285	355.7495	0.2339	367.3263	0.2393	429.5384	0.2449	410.9063
0.2506	393.5864	0.2564	423.3957	0.2624	418.1309	0.2685	395.8862	0.2748	332.9888
0.2812	276.9067	0.2877	236.5289	0.2944	247.6358	0.3013	293.5496	0.3083	344.3330
0.3155	387.5051	0.3228	411.2041	0.3303	410.2013	0.3380	408.2909	0.3459	394.1942
0.3540	382.8154	0.3627	375.5425	0.3707	361.7240	0.3793	422.7017	0.3881	428.7437
0.3972	434.0067	0.4064	402.8346	0.4149	395.4589	0.4256	393.8893	0.4355	394.6948
0.4456	398.3397	0.4560	449.9397	0.4666	530.5415	0.4775	542.4938	0.4886	468.4475
0.5000	419.9047	0.5116	424.5547	0.5236	420.1983	0.5358	413.9057	0.5482	471.0571
0.5610	531.5830	0.5741	515.7743	0.5874	443.8496	0.6011	332.1774	0.6151	315.1151
0.6295	288.7859	0.6441	272.0140	0.6591	254.6444	0.6745	249.0245	0.6902	289.7217
0.7063	262.8985	0.7227	240.5972	0.7396	196.1766	0.7568	192.2716	0.7744	169.0566
0.7924	164.0965	0.8109	163.6183	0.8298	212.0930	0.8491	255.3483	0.8689	284.3267
0.8891	295.9341	0.9098	291.2741	0.9310	269.8941	0.9527	237.6033	0.9749	235.7038
0.9976	228.6647	1.0209	212.3085	1.0446	186.9149	1.0690	183.4826	1.0939	167.6856
1.1194	149.9788	1.1454	130.3871	1.1721	119.5304	1.1994	122.1446	1.2274	119.0446
1.2559	111.9567	1.2852	103.2190	1.3151	94.6687	1.3458	87.2932	1.3771	82.1358
1.4092	85.1421	1.4420	91.1137	1.4756	79.0137	1.5100	80.8323	1.5451	81.4240
1.5811	79.4343	1.6180	78.5478	1.6557	75.8035	1.6942	70.4023	1.7337	62.5799
1.7741	62.7088	1.8154	65.4191	1.8577	67.6074	1.9009	67.8839	1.9452	69.1328
1.9905	76.4428	2.0369	84.2604	2.0843	91.6386	2.1329	92.2385	2.1826	83.8093
2.2334	87.1901	2.2854	90.8901	2.3387	93.2815	2.3931	98.3233	2.4489	94.3352
2.5059	93.4149	2.5643	97.0301	2.6240	90.5912	2.6652	88.3468	2.7477	85.2006
2.8117	83.5838	2.8777	80.3986	2.9442	77.9444	3.0128	76.7756	3.0830	73.1990
3.1548	10.4476	3.2283	67.2923	3.3035	63.1383	3.3804	58.0937	3.4592	52.5703
3.5397	49.6106	3.6227	46.6417	3.7065	43.5460	3.7929	40.4214	3.8812	37.2328
3.9716	34.0174	4.0641	30.7885	4.1588	27.6055	4.2557	25.3588	4.3548	24.2415
4.4563	23.0737	4.5601	21.8724	4.6663	20.6577	4.7750	19.4488	4.8862	18.2859
5.0000	17.1544								

RESPONSE SPECTRUM (VELOCITY)

4 PAGE / 1 CASE

PERIOD(SEC)	VEL.(CM/S)	PERIOD(SEC)	VEL.(CM/S)	PERIOD(SEC)	VEL.(CM/S)	PERIOD(SEC)	VEL.(CM/S)	PERIOD(SEC)	VEL.(CM/S)
0.0500	0.7412	0.0512	0.6553	0.0524	0.6008	0.0536	0.5146	0.0548	0.6654
0.0561	0.7447	0.0574	0.5907	0.0587	0.6930	0.0601	0.6378	0.0615	0.8811
0.0629	0.8720	0.0644	0.8170	0.0659	0.9734	0.0674	1.1388	0.0690	1.1140
0.0706	1.4025	0.0723	1.4508	0.0740	1.2148	0.0757	1.4342	0.0774	1.7379
0.0792	1.6343	0.0811	1.9791	0.0830	2.6736	0.0849	2.8225	0.0869	2.4902
0.0889	2.2186	0.0910	2.6013	0.0931	3.0218	0.0953	3.3073	0.0975	3.6957
0.0998	4.3440	0.1021	3.7798	0.1045	3.3639	0.1069	3.1003	0.1094	3.1978
0.1119	3.6372	0.1145	3.2694	0.1172	3.4731	0.1199	4.6400	0.1227	4.1153
0.1256	4.9105	0.1285	5.0454	0.1315	5.9139	0.1346	6.2082	0.1377	5.9427
0.1409	5.0571	0.1442	5.2693	0.1476	7.8593	0.1510	12.7408	0.1545	18.0384
0.1581	14.3763	0.1618	12.0712	0.1656	10.8700	0.1694	15.1593	0.1734	16.3587
0.1774	17.5647	0.1815	14.9765	0.1858	10.9191	0.1901	13.6025	0.1945	17.7441
0.1991	13.3018	0.2037	15.4015	0.2084	16.3648	0.2133	16.0219	0.2183	13.8873
0.2233	12.8527	0.2285	12.7150	0.2339	13.4119	0.2393	15.8091	0.2449	16.5626
0.2506	16.1929	0.2564	16.2984	0.2624	16.2600	0.2685	16.2613	0.2748	14.3023
0.2812	22.0704	0.2877	10.3619	0.2944	10.9535	0.3013	13.3735	0.3083	16.4915
0.3155	18.9451	0.3228	21.2763	0.3303	22.0238	0.3380	21.8749	0.3459	21.5348
0.3540	20.6312	0.3622	20.3037	0.3707	23.0313	0.3793	25.3322	0.3881	26.8182
0.3972	25.3954	0.4064	26.2589	0.4159	26.7721	0.4256	26.3726	0.4355	26.9948
0.4456	27.8172	0.4560	32.4714	0.4666	38.2891	0.4775	39.2179	0.4886	33.0799
0.5000	31.7322	0.5116	32.2479	0.5236	34.2290	0.5358	35.4011	0.5482	38.1997
0.5610	44.9269	0.5741	45.3543	0.5874	39.3105	0.6011	35.5976	0.6151	33.7160
0.6295	31.9887	0.6441	29.8746	0.6591	27.3158	0.6745	28.0794	0.6902	30.9346
0.7063	29.6343	0.7227	28.3932	0.7396	24.1444	0.7568	22.3398	0.7744	21.7643
0.7924	21.2592	0.8109	20.9142	0.8298	27.5965	0.8491	34.1162	0.8689	37.9889
0.8891	40.8282	0.9098	41.7318	0.9310	39.7803	0.9527	37.1836	0.9749	36.2084
0.9976	38.9594	1.0209	39.1508	1.0446	37.3068	1.0690	33.6114	1.0939	29.6346
1.1194	26.6195	1.1454	24.8974	1.1721	22.8026	1.1994	22.1735	1.2274	22.4119
1.2559	22.3586	1.2852	21.4450	1.3151	19.7810	1.3458	18.7207	1.3771	17.7848
1.4092	17.6361	1.4420	16.2915	1.4756	22.8903	1.5100	21.7453	1.5451	21.1824
1.5811	20.6077	1.6180	20.4364	1.6557	19.9161	1.6942	17.8909	1.7337	17.7644
1.7741	17.6064	1.8154	17.5516	1.8577	19.4207	1.9009	23.4732	1.9452	27.9976
1.9905	31.5665	2.0369	32.7920	2.0843	30.8517	2.1329	28.4380	2.1826	29.7942
2.2334	31.9454	2.2854	32.6234	2.3387	34.6297	2.3931	35.8537	2.4489	37.0485
2.5059	37.5925	2.5643	38.4233	2.6240	38.3604	2.6852	38.2171	2.7477	38.8361
2.8117	40.4318	2.8772	41.3636	2.9442	41.6497	3.0128	41.5605	3.0830	40.3883
3.1548	38.8587	3.2283	36.8404	3.3035	34.7976	3.3804	32.7843	3.4592	32.6801
3.5397	32.3712	3.6222	31.8487	3.7065	31.1370	3.7929	30.2615	3.8812	29.2473
3.9716	28.1192	4.0641	26.9011	4.1588	25.6156	4.2557	25.0621	4.3548	24.7605
4.4563	24.7834	4.5601	23.6557	4.6663	22.9018	4.7750	22.0453	4.8862	21.1086
5.0000	20.1128								

FOURIER SPECTRUM

5 PAGE / 1 CASE

PERIOD(SEC)	F.SPECTRUM	PERIOD(SEC)	F.SPECTRUM	PERIOD(SEC)	F.SPECTRUM	PERIOD(SEC)	F.SPECTRUM	PERIOD(SEC)	F.SPECTRUM
0.0500	0.2684	0.0512	0.1299	0.0524	0.1379	0.0536	0.1339	0.0548	0.1327
0.0561	0.1295	0.0574	0.0411	0.0587	0.1252	0.0601	0.0625	0.0615	0.2642
0.0629	0.1690	0.0644	0.1546	0.0659	0.1176	0.0674	0.0753	0.0690	0.1965
0.0706	0.3716	0.0723	0.0657	0.0740	0.2317	0.0757	0.2337	0.0774	0.3475
0.0792	0.2290	0.0811	0.1232	0.0830	0.4126	0.0849	0.1121	0.0869	0.3223
0.0889	0.2590	0.0910	0.1871	0.0931	0.3724	0.0953	0.2505	0.0975	0.3568
0.0998	0.0558	0.1021	0.3780	0.1045	0.1468	0.1069	0.2190	0.1094	0.2117
0.1119	0.1529	0.1145	0.0344	0.1172	0.2590	0.1199	0.4410	0.1227	0.1941
0.1256	0.3183	0.1285	0.2574	0.1315	0.1246	0.1346	0.4732	0.1377	0.4180
0.1409	0.0653	0.1442	0.2358	0.1476	0.4687	0.1510	0.6759	0.1545	1.0000
0.1581	0.9475	0.1618	0.5980	0.1656	0.5747	0.1694	0.5248	0.1734	0.5574
0.1774	0.9015	0.1815	0.3179	0.1858	0.1323	0.1901	0.4049	0.1945	0.5156
0.1991	0.5129	0.2037	0.2015	0.2084	0.8482	0.2133	0.6557	0.2183	0.2102
0.2233	0.1869	0.2285	0.2281	0.2339	0.4233	0.2393	0.3330	0.2449	0.4074
0.2506	0.5009	0.2564	0.3143	0.2624	0.2453	0.2685	0.2638	0.2748	0.5054
0.2812	0.1748	0.2877	0.1471	0.2944	0.0747	0.3013	0.1079	0.3083	0.2404
0.3155	0.5226	0.3228	0.1793	0.3303	0.5322	0.3380	0.0378	0.3459	0.4491
0.3540	0.1553	0.3622	0.3928	0.3707	0.2928	0.3793	0.2135	0.3881	0.5388
0.3972	0.1767	0.4064	0.5560	0.4159	0.3720	0.4256	0.2237	0.4355	0.2094
0.4456	0.2303	0.4560	0.5129	0.4666	0.6933	0.4775	0.3744	0.4886	0.4451
0.5000	0.2160	0.5116	0.2189	0.5236	0.1631	0.5358	0.5062	0.5482	0.3309
0.5610	0.4345	0.5741	0.5054	0.5874	0.2816	0.6011	0.3891	0.6151	0.2466
0.6295	0.0976	0.6441	0.2174	0.6591	0.0605	0.6745	0.2871	0.6902	0.3655
0.7063	0.2158	0.7227	0.1583	0.7396	0.2405	0.7568	0.1971	0.7744	0.1292
0.7924	0.1274	0.8109	0.0874	0.8298	0.1216	0.8491	0.2271	0.8689	0.2626
0.8891	0.2240	0.9098	0.2066	0.9310	0.2577	0.9527	0.2833	0.9749	0.2359
0.9976	0.1351	1.0209	0.0516	1.0446	0.0883	1.0690	0.1112	1.0939	0.0923
1.1194	0.0688	1.1454	0.0864	1.1721	0.1127	1.1994	0.1177	1.2274	0.1001
1.2559	0.0715	1.2852	0.0505	1.3151	0.0516	1.3458	0.0637	1.3771	0.0745
1.4092	0.0813	1.4420	0.0834	1.4756	0.0796	1.5100	0.0695	1.5451	0.0546
1.5811	0.0400	1.6180	0.0341	1.6557	0.0394	1.6942	0.0476	1.7337	0.0529
1.7741	0.0545	1.8154	0.0546	1.8577	0.0561	1.9009	0.0608	1.9452	0.0676
1.9905	0.0743	2.0369	0.0747	2.0843	0.0798	2.1329	0.0775	2.1826	0.0725
2.2334	0.0660	2.2854	0.0599	2.3387	0.0558	2.3931	0.0548	2.4489	0.0567
2.5059	0.0603	2.5643	0.0644	2.6240	0.0678	2.6852	0.0701	2.7477	0.0711
2.8117	0.0708	2.8772	0.0694	2.9442	0.0671	3.0128	0.0641	3.0830	0.0606
3.1548	0.0568	3.2283	0.0529	3.3035	0.0489	3.3804	0.0449	3.4592	0.0410
3.5397	0.0372	3.6222	0.0334	3.7065	0.0298	3.7929	0.0262	3.8812	0.0228
3.9716	0.0196	4.0641	0.0166	4.1588	0.0139	4.2557	0.0115	4.3548	0.0095
4.4563	0.0079	4.5601	0.0070	4.6663	0.0066	4.7750	0.0068	4.8862	0.0072
5.0000	0.0077								

Table 3.4 Comparison of calculation time vs.
various computers

Computer	Calculation time		
	CPU * time (sec)	Relative time	Relative speed
A	384.96	1.0	1.0
B	(a) 18.44	0.0479	20.9
	(b) 22.26	0.0578	17.3
C	70.60	0.183	5.46

* CPU : Central processing unit

(a), (b) : Denote various compilers

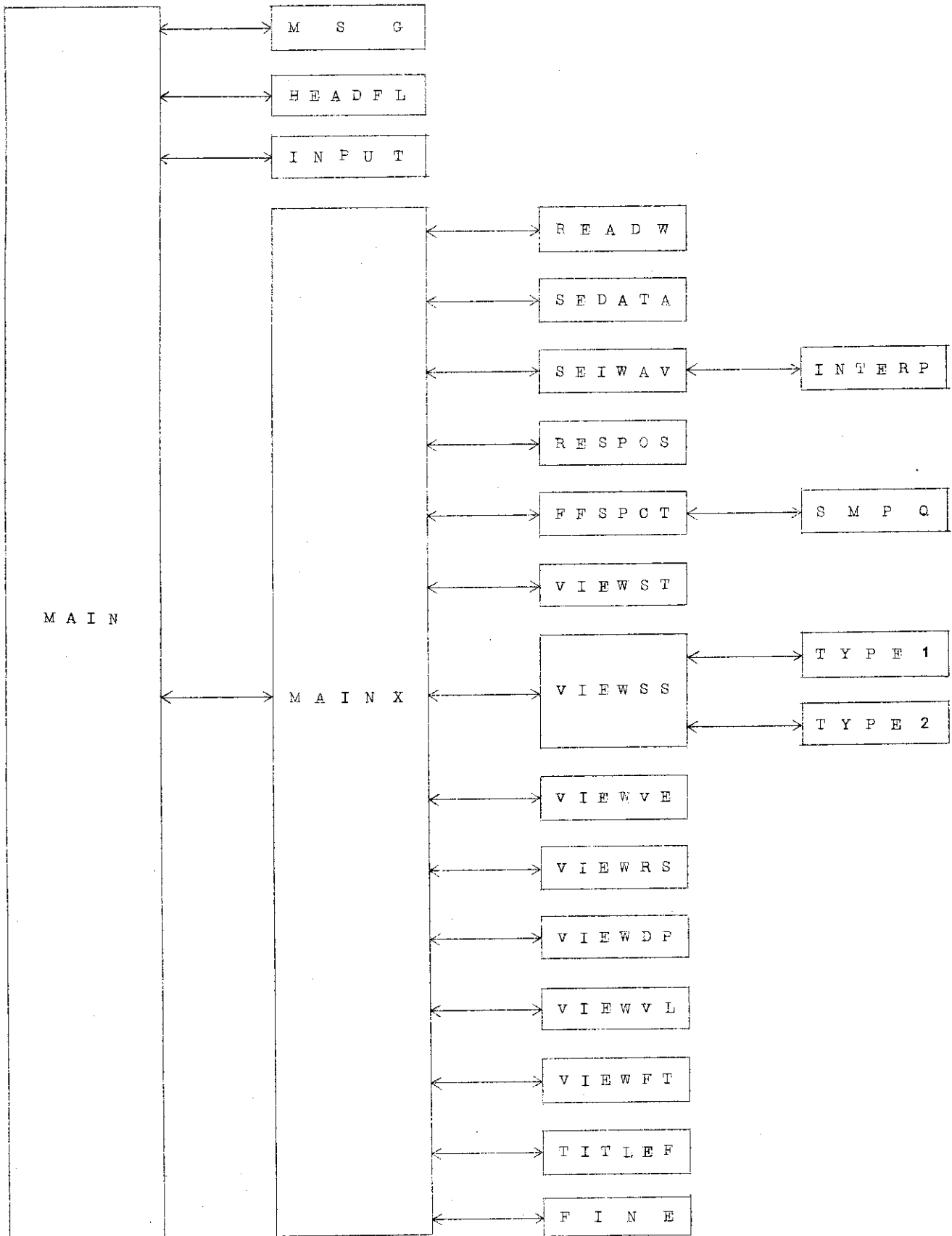


Fig.3.1 Structure of Code FINALE-1

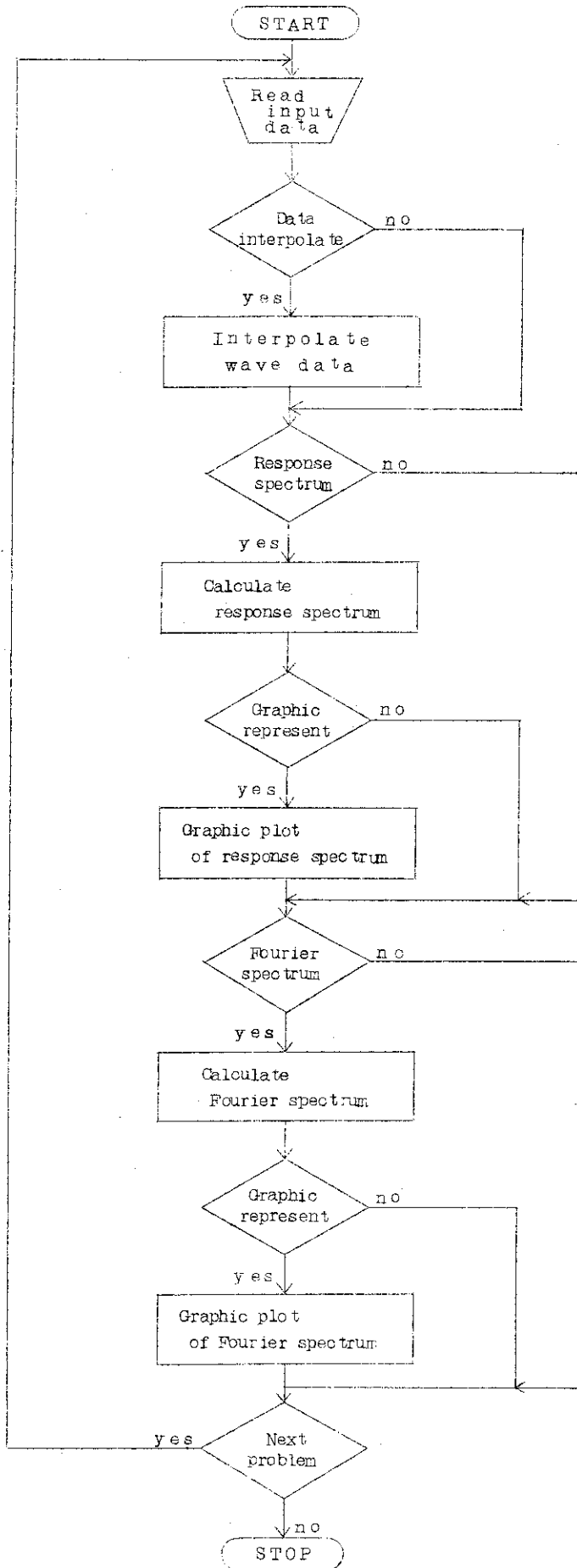


Fig.3.2 Flow sheet of code FINALE-1

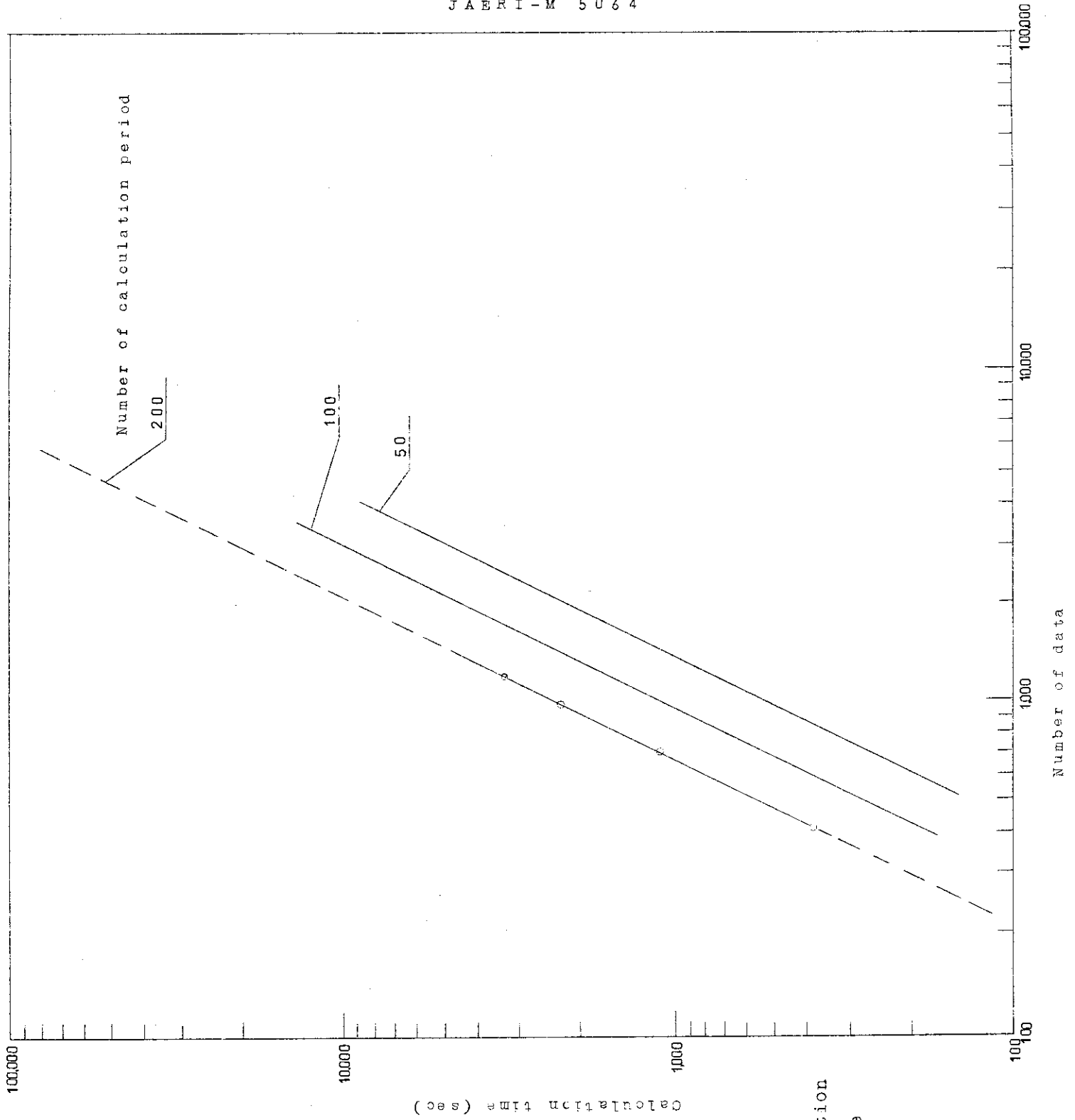


Fig.3.3 Calculation time of response spectrum

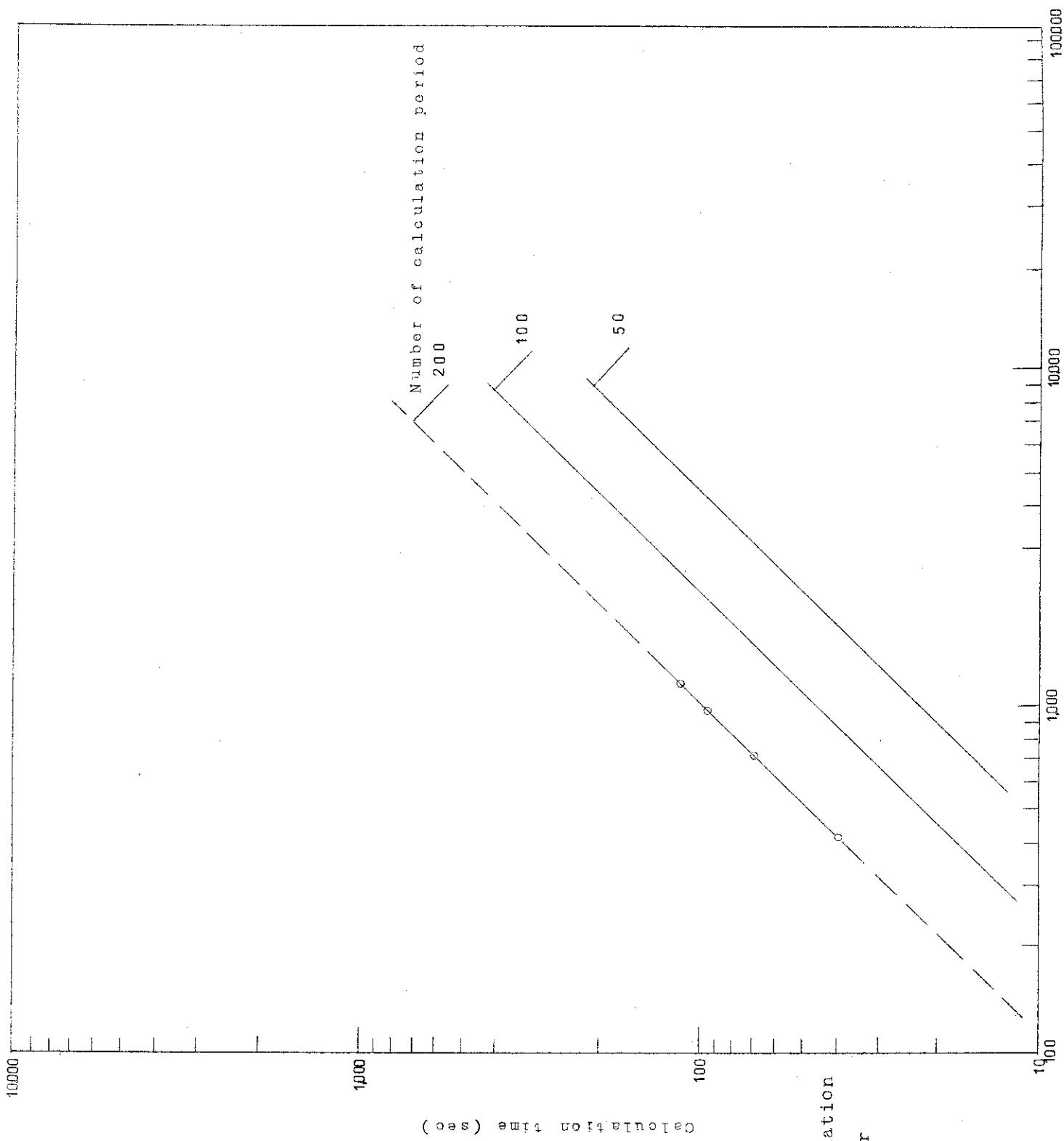


Fig. 3.4 Calculation
time of Fourier
spectrum

ORIGINAL SEISMIC WAVE

EL CENTRO 40NS

SCALE MAX = 100. (GAL)

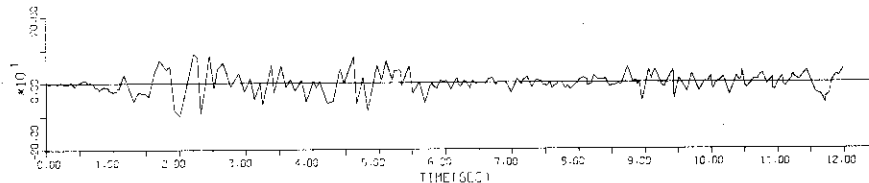


Fig.3.5(a) Response spectrum for EL CENTRO 40 NS seismic wave
(original wave)

EL CENTRO 40NS

SIN. INTERPOLATION WAVE

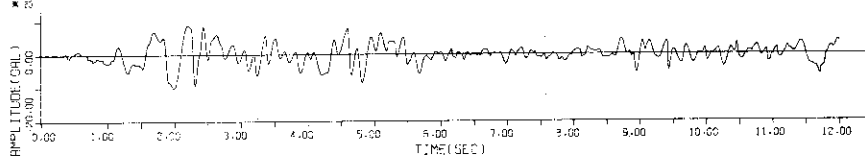


Fig.3.5(b) Response spectrum for EL CENTRO 40 NS seismic wave
(sin. interpolation wave)

RESPONSE SPECTRUM EL CENTRO 40NS (MAX. 0.326 G)

ACCELERATION SPECTRUM

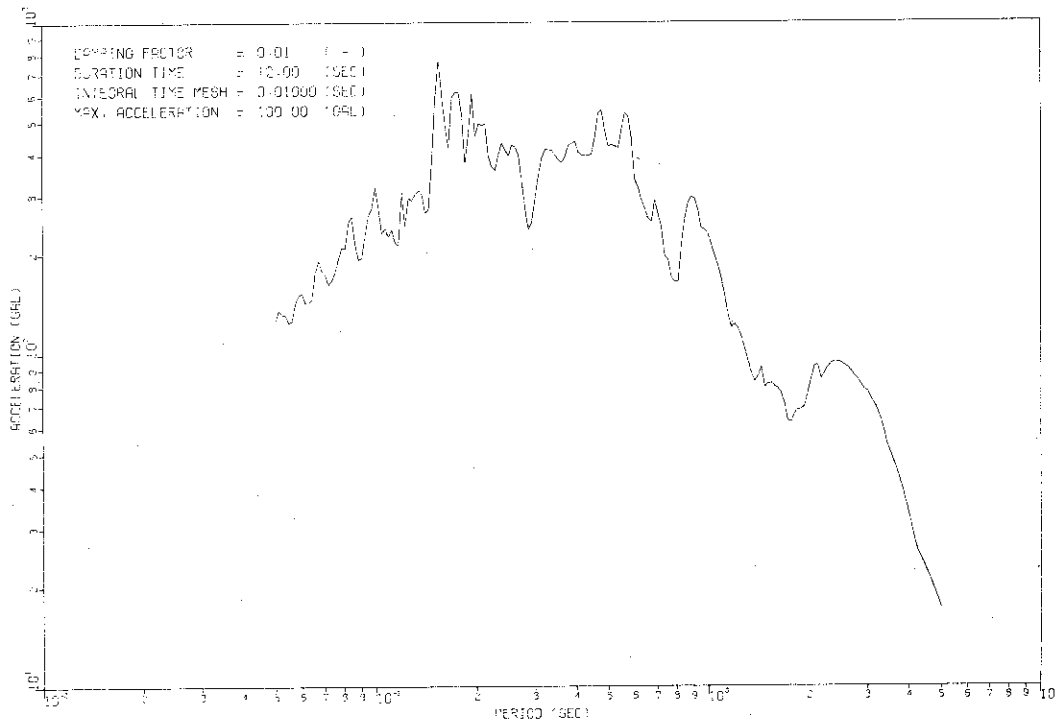


Fig.3.5(c) Response spectrum for E
(acceleration response spectrum)

RESPONSE SPECTRUM EL CENTRO 40NS (MAX. 0.326 G)

DISPLACEMENT SPECTRUM

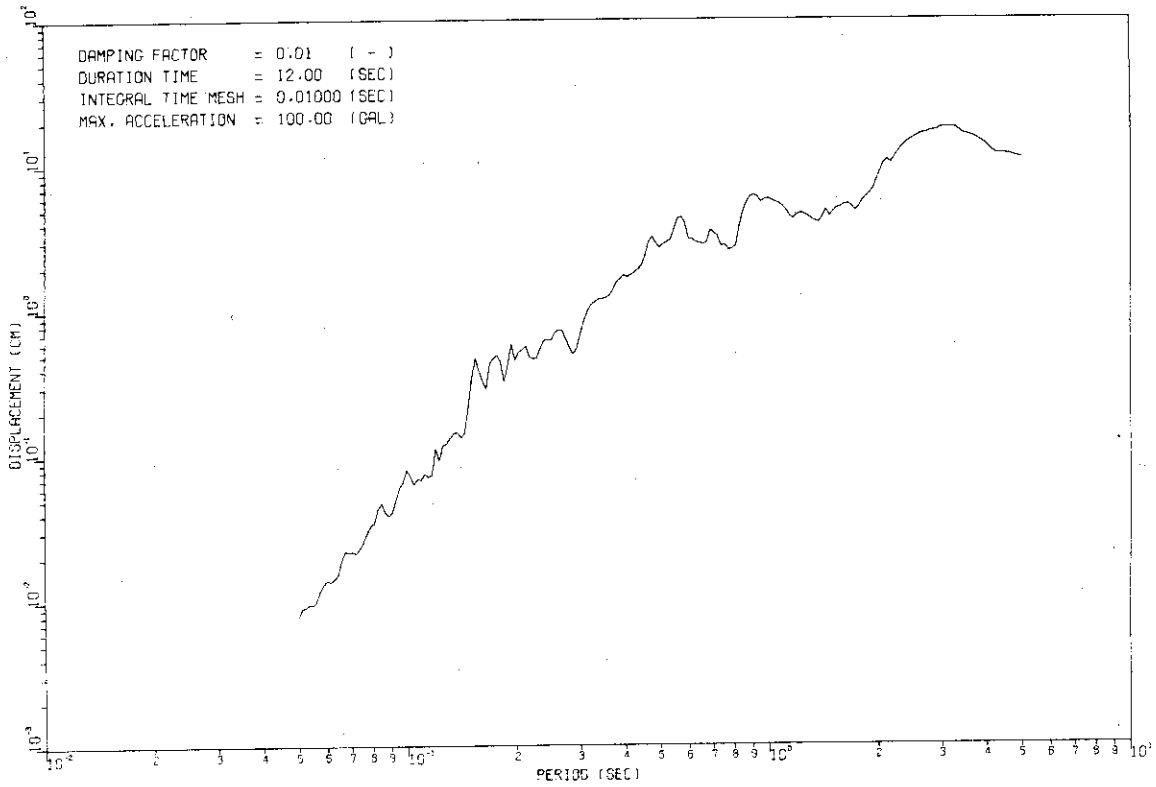


Fig.3.5(d) Response spectrum for EL CENTRO 40 NS seismic wave
(displacement response spectrum)

RESPONSE SPECTRUM EL CENTRO 40NS (MAX. 0.326 G)

VELOCITY SPECTRUM

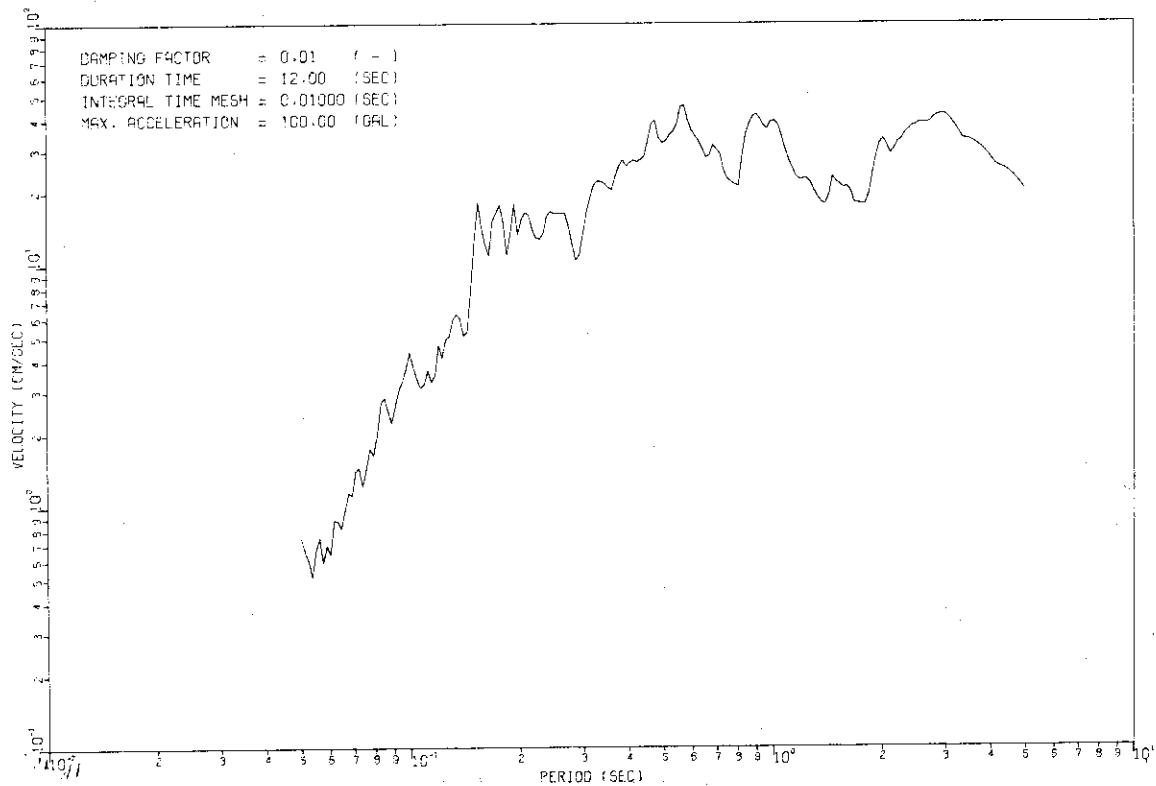


Fig.3.5(e) Response spectrum for EL CENTRO 40 NS seismic wave
(velocity response spectrum)

RESPONSE SPECTRUM EL CENTRO 40NS (MAX. 0.326 G)

FOURIER SPECTRUM

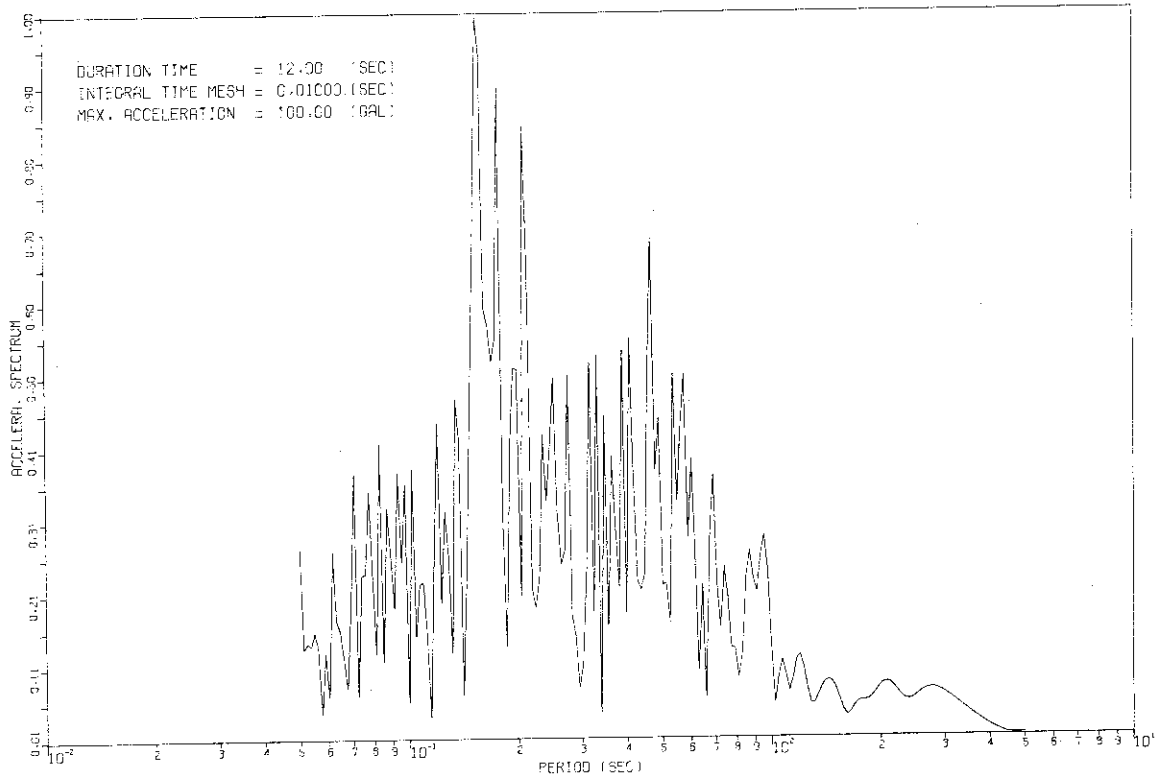


Fig. 3.5(f) Response spectrum for EL CENTRO 40 NS seismic wave
 (Fourier spectrum)

4 応答スペクトルの解析

4.1 応答スペクトルとフーリエ・スペクトル

3章においてすでに述べたように、応答スペクトルの計算に費される時間は、取扱うデータ数が多くなれば、データ数に対して指数的に増大する。一方、フーリエ・スペクトルについては、計算時間は取扱うデータ数に比例するだけであるのでそれは応答スペクトルの場合に比較して少なくてすむ。したがって、データ数が数千にもなれば問題とする波の解析はフーリエ・スペクトルだけにたよらざるを得なくなる。

4.2 データ・サンプル時間とスペクトル

スペクトル計算のためのデータ・サンプル時間を決めなければならない。データ数が多くなれば、すでに3章で述べたように多大の計算時間が必要になる。またデータ数が少なければ、問題の波の性質を十分に知ることが不可能となる。それ故、問題としている波のスペクトル解析のため、必要なデータ・サンプル時間の範囲を知らねばならない。ここでは1例としてエル・セントロ40NS地震波について、データ・サンプル時間を4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0秒として計算を進めた。計算結果は1例としてFig. 4.1に示しているように、データ・サンプル時間を8.0 secまでとすれば、問題の波の性質を明らかにすることができることがわかった。

4.3 計算の周期分割とスペクトル

数値計算をする場合1デカードを幾つに分割することが適当であるかを調べておかねばならない。

ここでは地震波としてエル・セントロのものを使用し、1デカードを10, 20, 40, 60, 80, 100の6種類に分割して計算した値を比較した。その結果の1例はFig. 4.2に1デカードの分割数20および60について図示している。これらの結果から1デカードの分割数をおおよそ60程度にとれば問題とする波の特徴が十分に明らかになることがわかった。

4.4 エル・セントロ地震波とタフト地震波の特徴

エル・セントロ40NS地震波とタフト52NS地震波の応答およびフーリエ解析について検討し、両者の比較を行った。エル・セントロ40NSおよびタフト52NSの地震波はそれぞれFig. 3.5(a)およびFig. 4.3に示されている。エル・セントロ40NSおよびタフト52NSの地震応答スペクトルはFig. 4.4(a), (b), (c)に、またフーリエ・スペクトルはFig. 4.5に示されている。加速度応答スペクトルから、エル・セントロ40NS地震波は周期0.155秒において最大のピークを示し、一方タフト52NS地震波では周期0.35秒において最大のピークを示すことが明らかとなった。

4.5. 減衰係数とスペクトル

臨界減衰係数によるスペクトルの変化を1例としてエル・セントロ40NSの地震波についてFig.4.6(a), (b), (c)に示す。

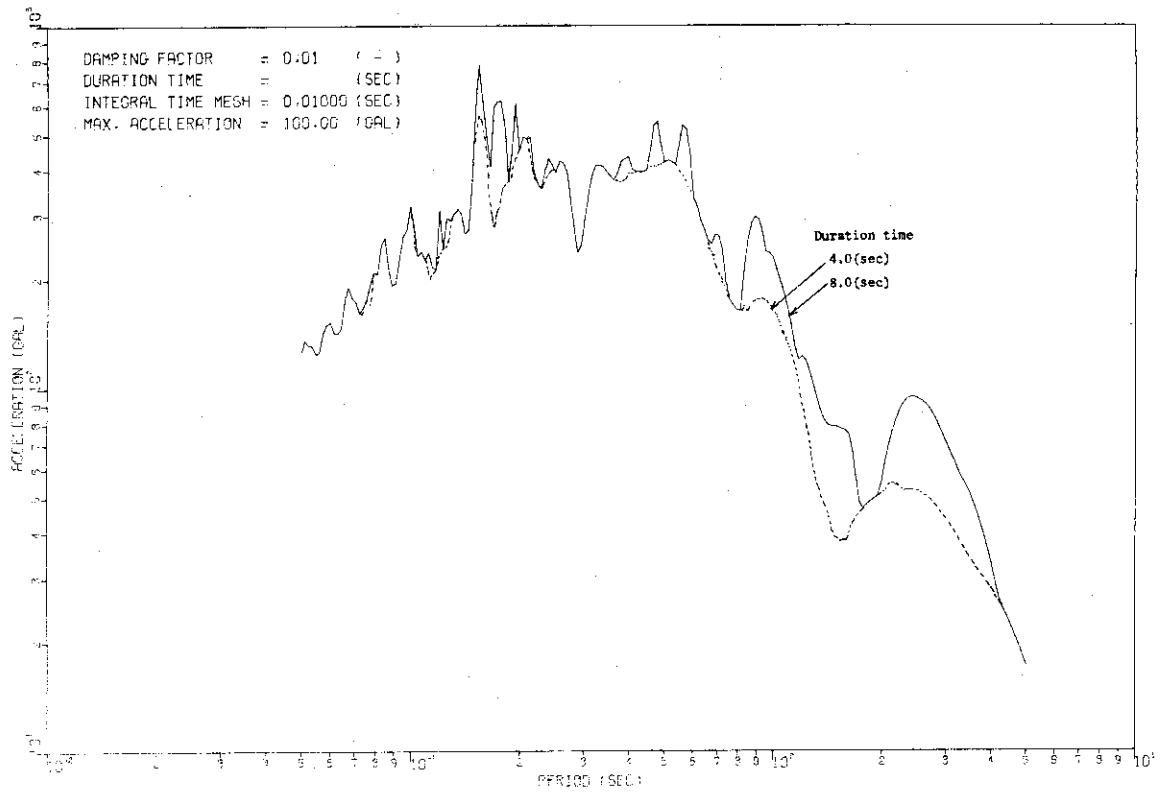


Fig.4.1 Comparison of acceleration response spectrum for two earthquake time-durations

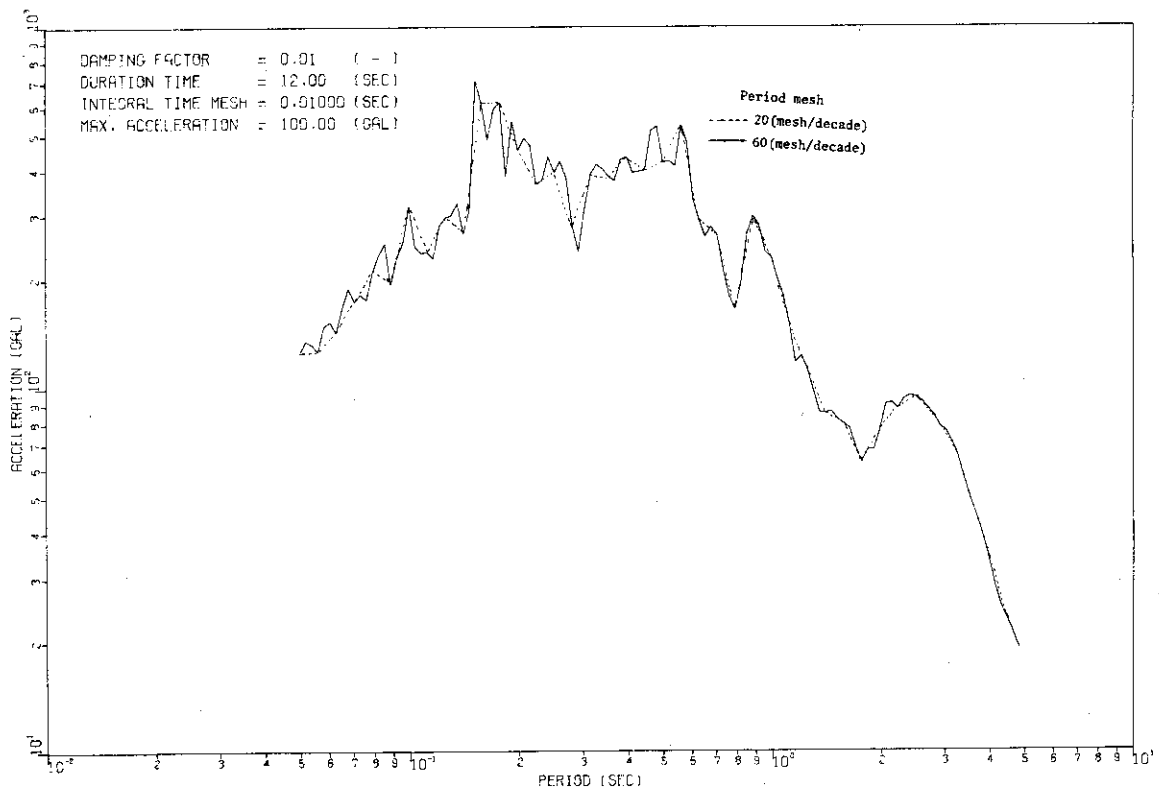


Fig.4.2 Comparison of acceleration response spectrum for two period-mesh intervals

ORIGINAL SEISMIC WAVE

TAFT 52NS

GALMAX = 100. (GAL)

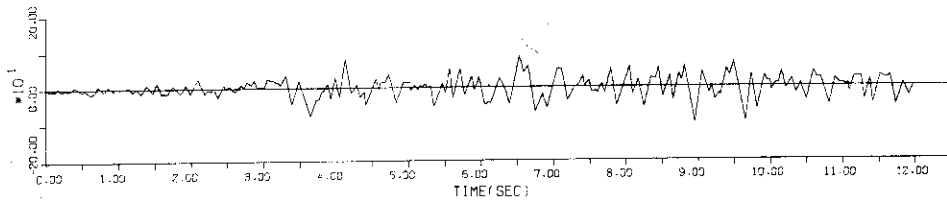


Fig.4.3 Seismic wave of TAFT 52 NS

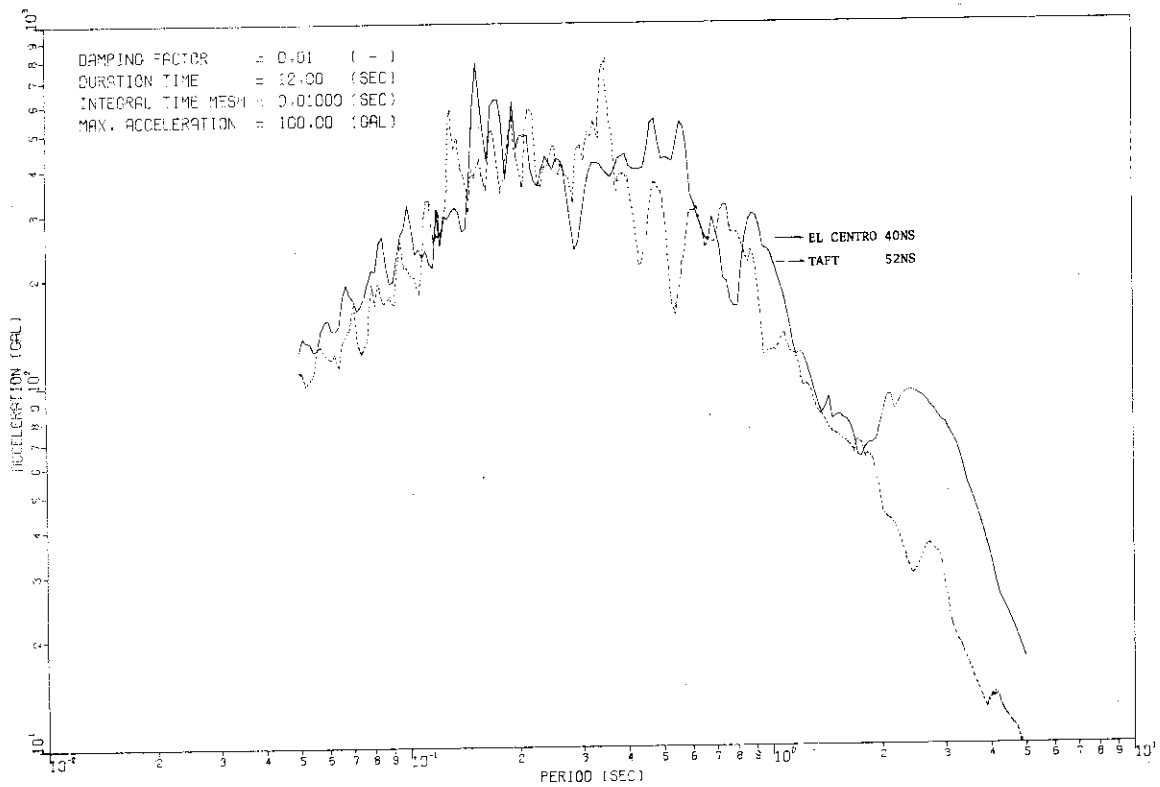


Fig.4.4(a) Comparison of response spectrum for EL CENTRO 40 NS and TAFT 52 NS seismic waves (acceleration response spectrum)

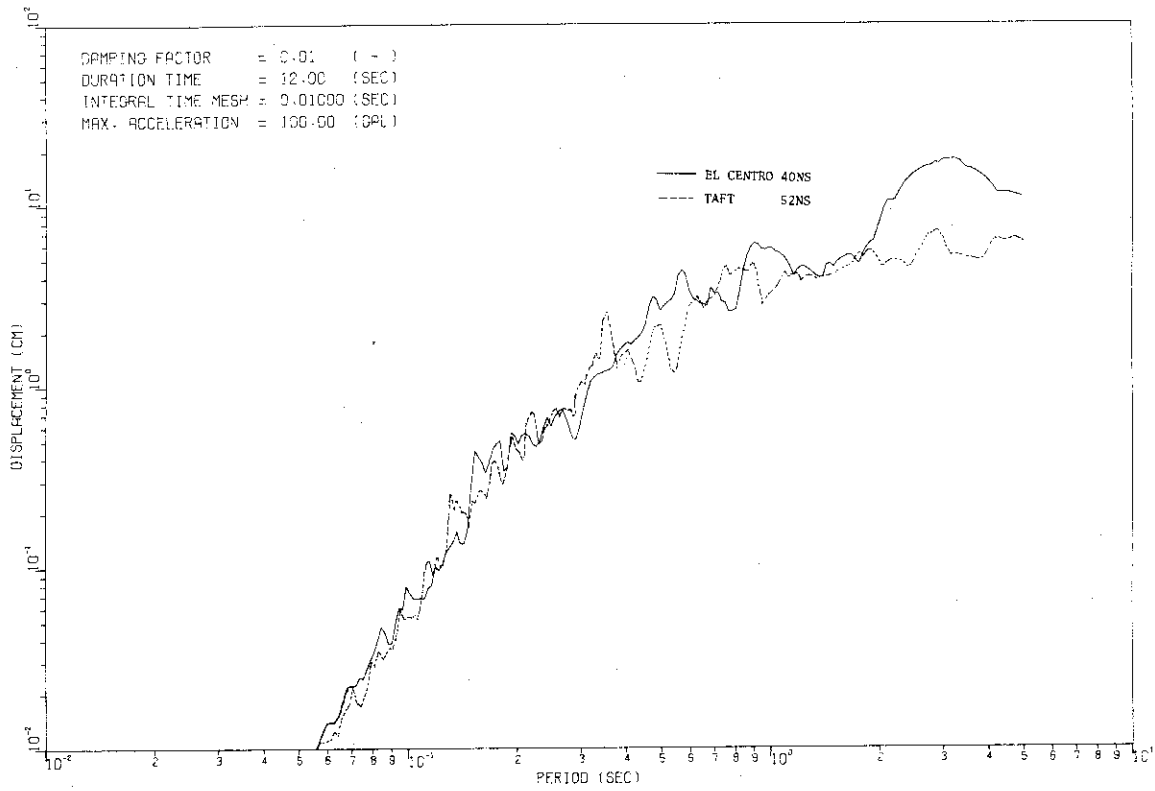


Fig.4.4(b) Comparison of response spectrum for EL CENTRO 40 NS and TAFT 52 NS seismic waves (displacement response spectrum)

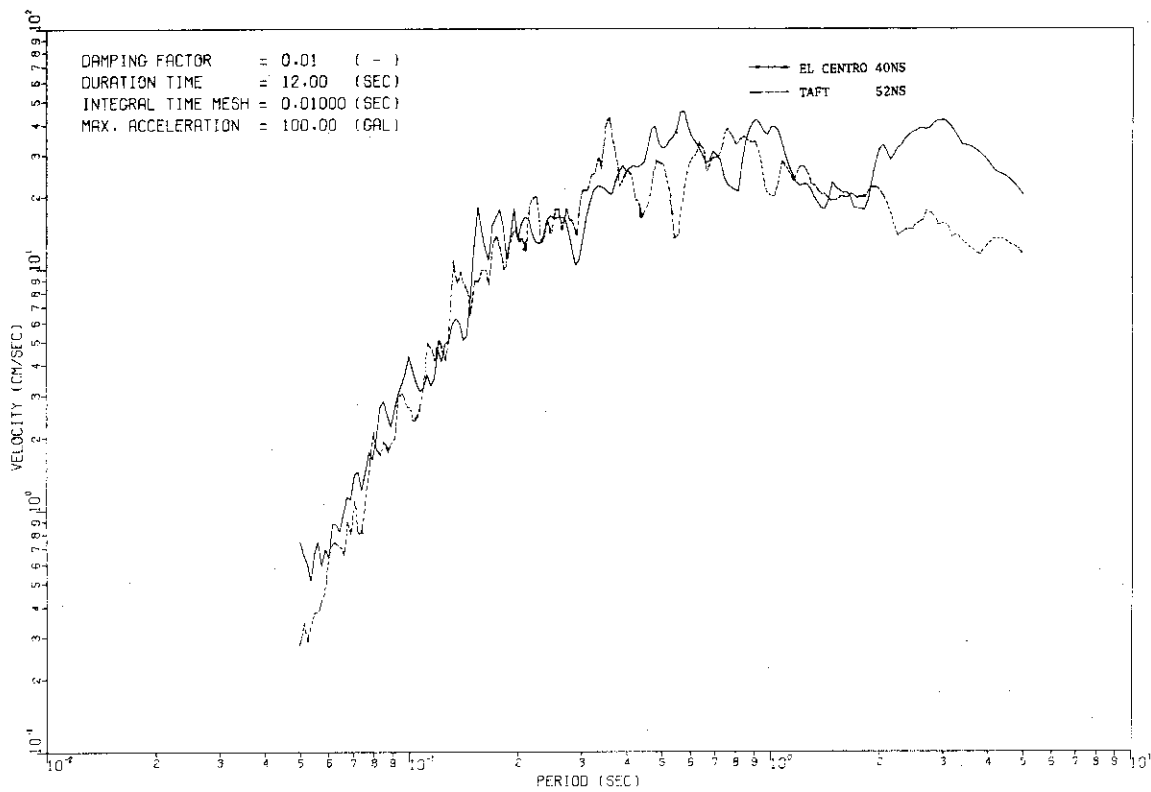


Fig.4.4(c) Comparison of response spectrum for EL CENTRO 40 NS and TAFT 52 NS seismic waves (velocity response spectrum)

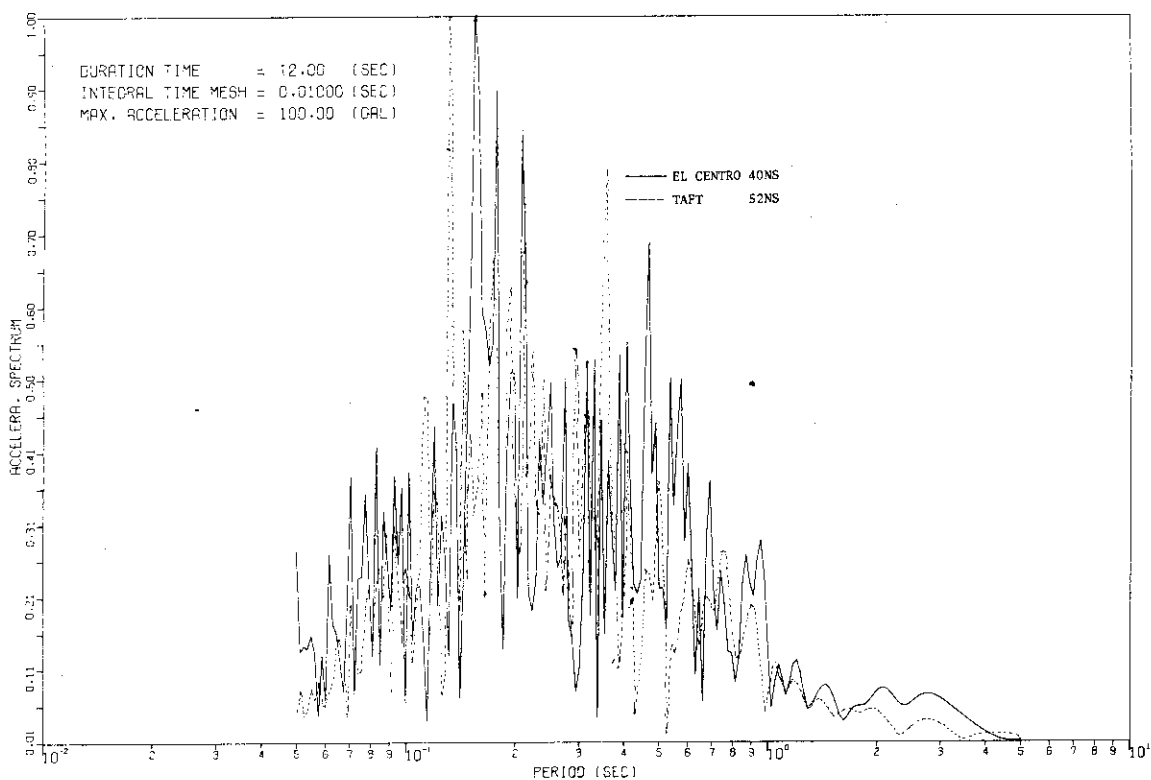


Fig.4.5 Comparison of Fourier spectrum for EL CENTRO 40 NS and TAFT 52 NS seismic waves

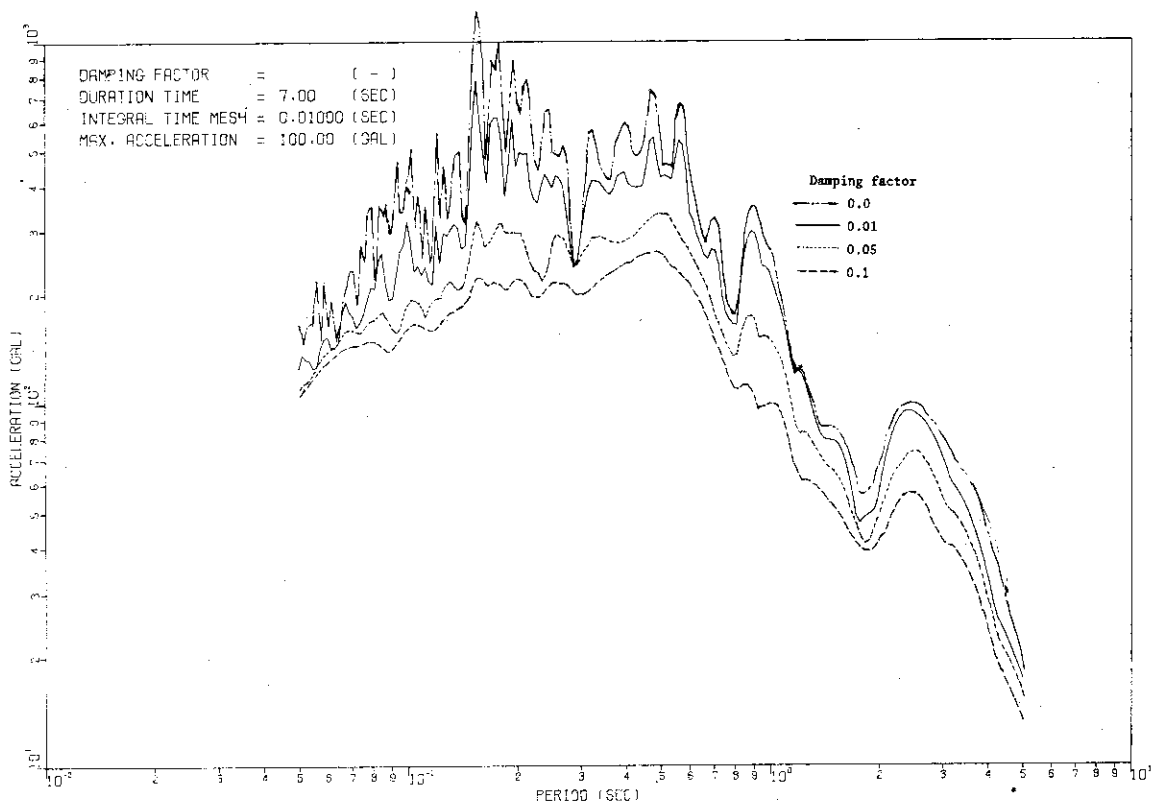


Fig.4.6(a) Response spectrum of EL CENTRO 40 NS seismic wave for four damping factors (acceleration response spectrum)

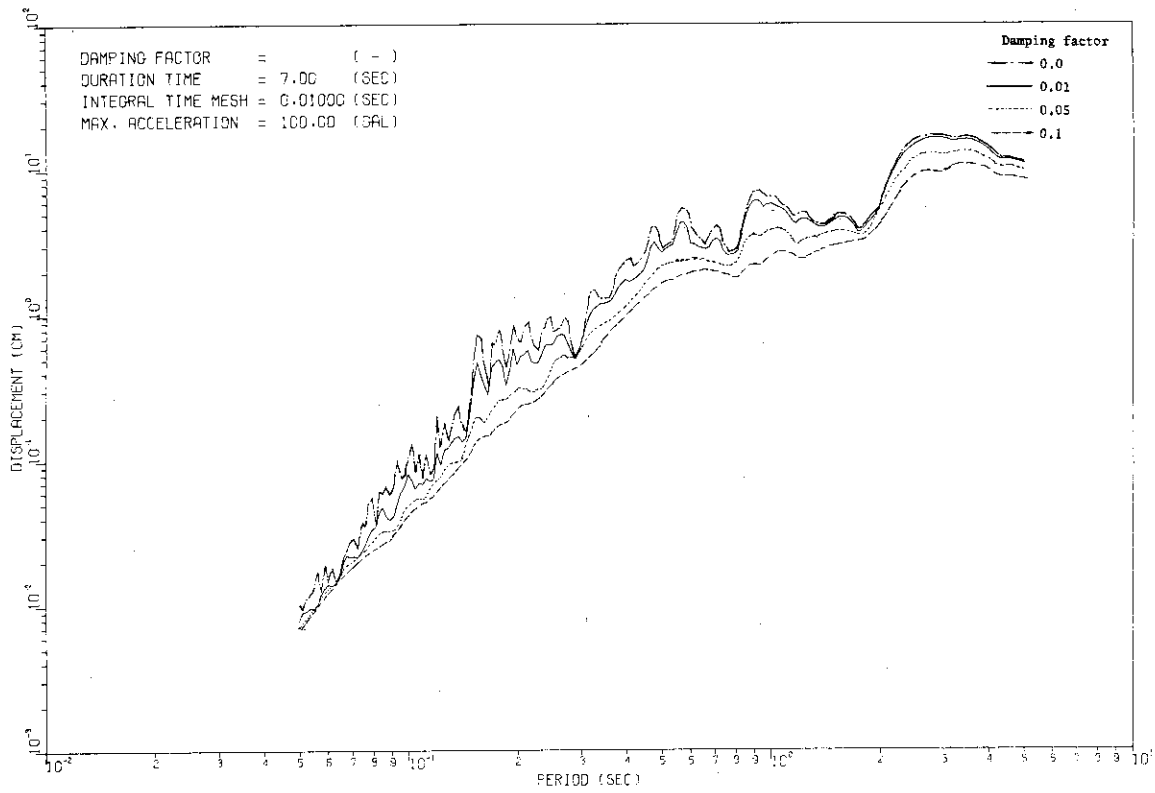


Fig.4.6(b) Response spectrum of EL CENTRO 40 NS seismic wave for four damping factors (displacement response spectrum)

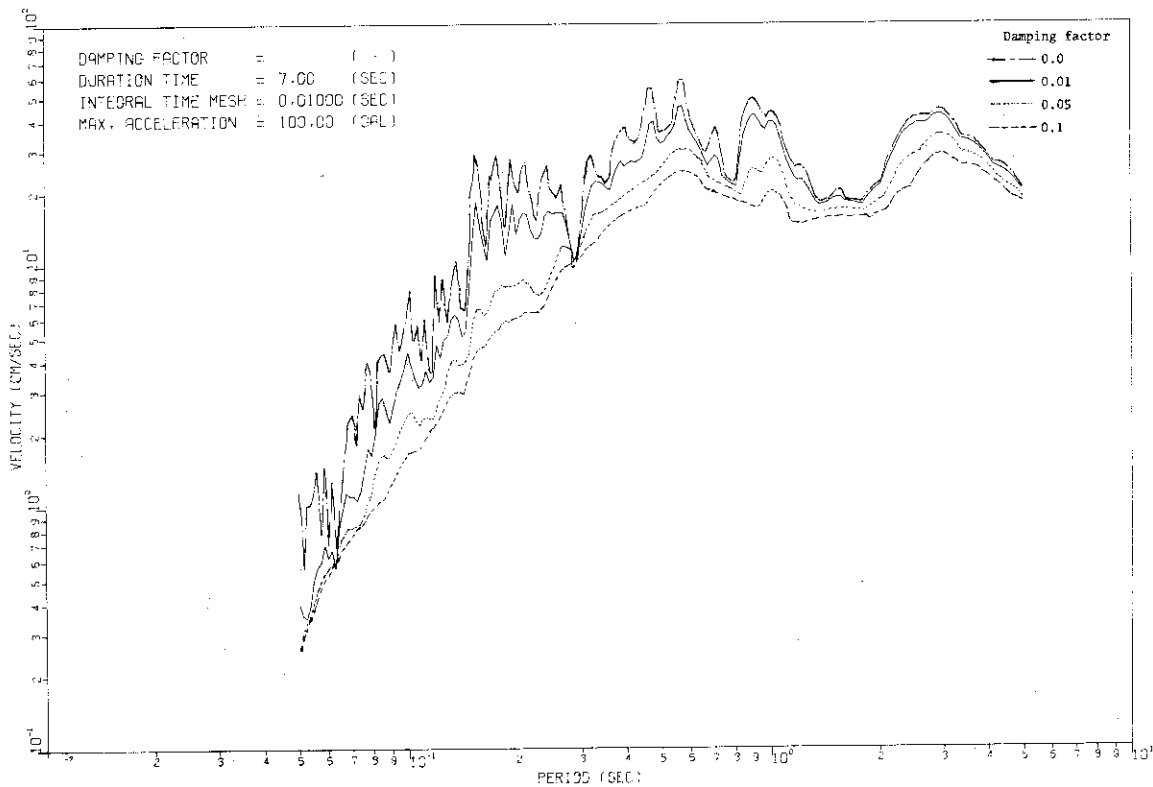


Fig.4.6(c) Response spectrum of EL CENTRO 40 NS seismic wave for four damping factors (velocity response spectrum)

5 結 言

応答スペクトルおよびフーリエ・スペクトルを計算するためのコードを作成し、代表的な地震波について計算を行った結果つぎのことが明らかになった。

- (1) データのサンプル時間として全ての記録データを取らなくても、問題の波の性質がわかる。特に、応答スペクトル計算のためには多大な計算時間が必要であるから、データのサンプル時間が少いことは計算機の使用時間の節約になる。
- (2) 計算のための周期分割については1デカードをおおよそ60分割にすれば問題の波の性質を知ることができる。
- (3) 多量のデータの応答スペクトルの計算には多大の計算時間が必要となる。このような場合はフーリエ・スペクトルによってスペクトル解析を行っても十分に波の性質を明らかにすることができる。

6 謝 辞

この計算コードの作成に際して、ご教授をいただいた原研動力炉試験炉部の江連秀夫氏、本報告をまとめるに際して助言をいただいた原研動力炉開発管理室熱中性子炉設計班 下川純一班長に深く感謝します。

7 参 考 文 献

- (1) H. Benioff : The Physical Evaluation of Seismic Destructiveness, Bull. Seism. Soc. Amer., 24, P398 (1934)
- (2) M.A. Biot : A Mechanical Analyzer for the Predication of Earthquake Stresses, Bull. Seism. Soc. Amer., 31 P151, (1941)

5 結 言

応答スペクトルおよびフーリエ・スペクトルを計算するためのコードを作成し、代表的な地震波について計算を行った結果つぎのことが明らかになった。

- (1) データのサンプル時間として全ての記録データを取らなくても、問題の波の性質がわかる。特に、応答スペクトル計算のためには多大な計算時間が必要であるから、データのサンプル時間が少いことは計算機の使用時間の節約になる。
- (2) 計算のための周期分割については1デカードをおおよそ60分割にすれば問題の波の性質を知ることができる。
- (3) 多量のデータの応答スペクトルの計算には多大の計算時間が必要となる。このような場合はフーリエ・スペクトルによってスペクトル解析を行っても十分に波の性質を明らかにすることができる。

6 謝 辞

この計算コードの作成に際して、ご教授をいただいた原研動力炉試験炉部の江連秀夫氏、本報告をまとめるに際して助言をいただいた原研動力炉開発管理室熱中性子炉設計班 下川純一班長に深く感謝します。

7 参 考 文 献

- (1) H. Benioff : The Physical Evaluation of Seismic Destructiveness, Bull. Seism. Soc. Amer., 24, P398 (1934)
- (2) M.A. Biot : A Mechanical Analyzer for the Predication of Earthquake Stresses, Bull. Seism. Soc. Amer., 31 P151, (1941)

5 結 言

応答スペクトルおよびフーリエ・スペクトルを計算するためのコードを作成し、代表的な地震波について計算を行った結果つぎのことが明らかになった。

- (1) データのサンプル時間として全ての記録データを取らなくても、問題の波の性質がわかる。特に、応答スペクトル計算のためには多大な計算時間が必要であるから、データのサンプル時間が少いことは計算機の使用時間の節約になる。
- (2) 計算のための周期分割については1デカードをおおよそ60分割にすれば問題の波の性質を知ることができる。
- (3) 多量のデータの応答スペクトルの計算には多大の計算時間が必要となる。このような場合はフーリエ・スペクトルによってスペクトル解析を行っても十分に波の性質を明らかにすることができる。

6 謝 辞

この計算コードの作成に際して、ご教授をいただいた原研動力炉試験炉部の江連秀夫氏、本報告をまとめるに際して助言をいただいた原研動力炉開発管理室熱中性子炉設計班 下川純一班長に深く感謝します。

7 参 考 文 献

- (1) H. Benioff : The Physical Evaluation of Seismic Destructiveness, Bull. Seism. Soc. Amer., 24, P398 (1934)
- (2) M.A. Biot : A Mechanical Analyzer for the Predication of Earthquake Stresses, Bull. Seism. Soc. Amer., 31 P151, (1941)