

JAERI-M
5166

原子炉構造物の振動Ⅱ-12
INTERLUDE-1: モード展開法による
多質点系の地震応答解析コード

1973年2月

幾島 毅

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

原子炉建造物の振動Ⅱ-12

INTERLUDE-1. モード展開法による多質点系の
地震応答解析コード

日本原子力研究所 動力炉開発管理室

幾 島 毅

(1973年2月10日受理)

原子炉建造物の地震応答解析のための計算コードINTERLUDE-1を開発した。この計算コードでは、建造物を多質点系として取扱っている。この計算コードの特徴はつぎのとおりである。

- (1) 振動形式としてはせん断形、曲げ形およびそれらの合成のうち任意のものを取扱うことができる。
- (2) 地震波については任意のものを取扱うことができる。
- (3) 数値解法はモード展開法によった。
- (4) 計算、プロットおよび結果の出力については時間間隔を任意に変更することができる。それ故、計算精度を確保しながら計算時間を節約できる。
- (5) 計算結果のプロットのためのサブ・ルーチンがこの計算コードに付け加えられているので、結果をプロッタによって表示することができる。

この計算コードはFORTRAN IVによって書かれており計算機FACOM230-60が対象機種とされている。応答計算時間は5質点でステップ数1500の場合、1ステップ当たり約1.0～2.0秒である。

Vibration of Reactor Structure, Part II-12

INTERLUDE-1 : Seismic Response Analysis Code

Takeshi IKUSHIMA

Office of Power Reactor Projects, Tokai, JAERI

(Received February 10, 1973)

The code INTERLUDE-1 has been prepared for analysis of the seismic response of a reactor structure. It is treated as the multi-mass-points system. Features of the code are following:

- (1) Treatment of the shear vibration, bending vibration and their composition is possible.
- (2) Any seismic wave may be the input.
- (3) Numerical analysis is by the so-called "modal analysis".
- (4) The time intervals for calculation, graphic representation of the results, and their printout can be chosen freely, with the result in a saving of the computer time with sufficient accuracy.
- (5) A subroutine for the graphic representation is provided with the code, so that the results can be given with a CALCOMP plotting machine.

The code written in FORTRAN IV is for FACOM 230-60. The computation time of seismic response is about 1.0~2.0 sec per step, for the 1500 step, in the case of a five mass-points system.

目 次

1	緒 言	1
2	理 論	1
2.1	基礎式および解法	1
2.2	固有値問題	3
2.3	地震波の取扱い	3
2.4	計算式	4
3	計算コード	6
3.1	計算コードの構成	6
3.2	入力および出力形式	7
3.3	計算例	7
3.4	計算時間	
4	謝 辞	10
5	参考文献	10

1. 緒 言

原子炉建造物の耐震設計を行うためには地震応答解析を行わねばならない。このため、すでに計算コード VIBSES-6 を作成した。VIBSES-6 は振動方程式を線形加速法によつて逐次積分して値を求めるように作つたものである。線形加速法によつて数値解を求める場合には計算時間の節約が計られるが、しかし求める計算値が比較的発散しやすいという欠点がある。また数値解を求める場合、常に計算値の妥当性を検討しておかねばならない。数値解の計算値の妥当性を判断するためには他の数値解法によつて求めた値とそれを比較する必要がある。振動方程式の数値解法には、すでに述べた線形加速法の他に、モード展開法、ルンゲ・クッタ・ジル法およびハミング・予測子・修正子法があるが、どの方法が最良であるかはまだ十分に検討されていない。したがつて計算誤差、計算時間、計算機容量などの観点から各方法の妥当性を今後十分に追求しておく必要がある。

上に述べた理由によつて振動方程式の数値解をモード展開法によつて求める計算コード INTERLUDE-1 の作成を行つた。本報告は当計算コードの概要と計算例について述べたものである。

2. 理 論

2.1 基礎式および解法

1 入力多質点系の移動方程式は、

$$\mathbf{M} \ddot{\mathbf{Y}} + \mathbf{C} \dot{\mathbf{Y}} + \mathbf{K} \mathbf{Y} = \mathbf{F}(t) \quad (2.1)$$

である。ここで

\mathbf{M} : 質量

\mathbf{K} : 剛性

\mathbf{C} : 減衰項

$\ddot{\mathbf{Y}}$: 加速度

$\dot{\mathbf{Y}}$: 速度

\mathbf{Y} : 変位

\mathbf{F} : 外力

(2.1) 式を解く方法はモード展開法(modal analysis)と逐次積分法(step-by-step method)の2つに分類される。逐次積分法にはルンゲ・クッタ・ジル(Runge-Kutta-Gills)および線形加速法(linear acceleration method, or Newmark- β method)とがある。ここではモード展開法によることにした。

モード展開法では、

$$\mathbf{Y} \equiv \mathbf{U} \phi \quad (2.2)$$

とおき、それを(2.1)式へ代入して、両辺に \mathbf{U}^T を掛ければ、

$$\mathbf{U}^T \mathbf{M} \mathbf{U} \ddot{\phi} + \mathbf{U}^T \mathbf{C} \mathbf{U} \dot{\phi} + \mathbf{U}^T \mathbf{K} \mathbf{U} \phi = \mathbf{U}^T \mathbf{F}(t) \quad (2.3)$$

1. 緒 言

原子炉建造物の耐震設計を行うためには地震応答解析を行わねばならない。このため、すでに計算コード VIBSES-6 を作成した。VIBSES-6 は振動方程式を線形加速法によつて逐次積分して値を求めるように作つたものである。線形加速法によつて数値解を求める場合には計算時間の節約が計られるが、しかし求める計算値が比較的発散しやすいという欠点がある。また数値解を求める場合、常に計算値の妥当性を検討しておかねばならない。数値解の計算値の妥当性を判断するためには他の数値解法によつて求めた値とそれを比較する必要がある。振動方程式の数値解法には、すでに述べた線形加速法の他に、モード展開法、ルンゲ・クッタ・ジル法およびハミング・予測子・修正子法があるが、どの方法が最良であるかはまだ十分に検討されていない。したがつて計算誤差、計算時間、計算機容量などの観点から各方法の妥当性を今後十分に追求しておく必要がある。

上に述べた理由によつて振動方程式の数値解をモード展開法によつて求める計算コード INTERLUDE-1 の作成を行つた。本報告は当計算コードの概要と計算例について述べたものである。

2. 理 論

2.1 基礎式および解法

1 入力多質点系の移動方程式は、

$$\mathbf{M} \ddot{\mathbf{Y}} + \mathbf{C} \dot{\mathbf{Y}} + \mathbf{K} \mathbf{Y} = \mathbf{F}(t) \quad (2.1)$$

である。ここで

\mathbf{M} : 質量

\mathbf{K} : 剛性

\mathbf{C} : 減衰項

$\ddot{\mathbf{Y}}$: 加速度

$\dot{\mathbf{Y}}$: 速度

\mathbf{Y} : 変位

\mathbf{F} : 外力

(2.1) 式を解く方法はモード展開法(modal analysis)と逐次積分法(step-by-step method)の2つに分類される。逐次積分法にはルンゲ・クッタ・ジル(Runge-Kutta-Gills)および線形加速法(linear acceleration method, or Newmark- β method)とがある。ここではモード展開法によることにした。

モード展開法では、

$$\mathbf{Y} \equiv \mathbf{U} \phi \quad (2.2)$$

とおき、それを(2.1)式へ代入して、両辺に \mathbf{U}^T を掛ければ、

$$\mathbf{U}^T \mathbf{M} \mathbf{U} \ddot{\phi} + \mathbf{U}^T \mathbf{C} \mathbf{U} \dot{\phi} + \mathbf{U}^T \mathbf{K} \mathbf{U} \phi = \mathbf{U}^T \mathbf{F}(t) \quad (2.3)$$

を得る。正規化関数の直交性から、つぎの式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} C_r^2 U_r^T M U_s &= 0 \\ C_r^2 U_r^T C U_s &= 0 \\ C_r^2 U_r^T K U_s &= 0 \end{aligned} \right\} (r = s) \quad (2.4)$$

$$\left. \begin{aligned} C_r^2 U_r^T M U_s &= M_r^* \\ C_r^2 U_r^T C U_s &= C_r^* \\ C_r^2 U_r^T K U_s &= K_r^* \end{aligned} \right\} (r = s)$$

C_r^2 : 定数 ($r = 1, 2, \dots, n$)

C_r^2 の値は M_r^* が 1 になるように決めればよい。これをモードの正規化という。r 番目の方程式は

$$M_r^* \ddot{\phi}_r + C_r^* \dot{\phi}_r + K_r^* \phi_r = C_r^2 U_r^T F(t) \quad (2.5)$$

ここで、つぎのようにおけば (2.5) 式は (2.7) 式のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{C_r^*}{M_r^*} &\equiv 2 h_r \omega_r \\ \frac{K_r^*}{M_r^*} &\equiv \omega_r^2 \end{aligned} \right\} (2.6)$$

$$U_r^T F(t) \equiv P_r(t)$$

$$\ddot{\phi}_r + 2 h_r \omega_r \dot{\phi}_r + \omega_r^2 \phi_r = \frac{1}{M_r^*} P_r(t) \quad (2.7)$$

ここで $\omega_r^1 = \omega_r \sqrt{1 - h_r^2}$ とおけば

$$\phi_r = \frac{1}{M_r^* \omega_r^1} \int_0^t P_r(\tau) e^{-h_r \omega_r (t-\tau)} \sin \omega_r^1 (t-\tau) d\tau \quad (2.8)$$

となり ϕ が求まるので、(2.2) 式によつて Y を決めることができる。(2.2) 式の U は固有ベクトルであり、モード展開法によつて解くためには、固有ベクトルおよび固有値の計算が 1 つの重要な項目となる。固有値および固有ベクトルを求める方法としては、べき乗法 (power method), ヤコビのしきい値法 (Jacobi threshold method), ダニレフスキー法 (Danilevskii method), ハウスホルダ法 (House holder method), QR 法 (QR method) などがある。

べき乗法は重根が存在する場合には解くことができないので、ここではヤコビのしきい値法によることにした。

2.2 固有値問題

固有値は(2.1)式から、減衰のない場合の式を解くことによつて求められる。(2.1)式から、

$$M\ddot{Y} + K\dot{Y} = 0$$

$$M^{-1}KY = \lambda Y$$

ここで、 $\lambda \equiv \omega^2$ である。上式を解く場合、根に重根が存在すると、べき乗法では解くことができないのでヤコビのしきい値法によることにする。ヤコビのしきい値法による場合、 $M^{-1}K$ は一般に対称ではないので、直接的にヤコビの方法によつて解くことができない。そこでつきのような変換を行つて対称行列とする。

$$M \equiv XL \cdot XL^T \quad (2.9)$$

ここで XL は M の左下半分の行列を表す。それを(2.8)式へ代入すれば、

$$KY = \lambda \cdot XL \cdot XL^T Y \quad (2.10)$$

ここで $XL^T Y = U'$ とおけば

$$Y = (XL^T)^{-1} U' = (XL^{-1})^T U'$$

$$K(XL^{-1})^T U' = \lambda XLXL^T (XL^T)^{-1} U'$$

両辺に XL^{-1} を掛けて

$$XL^{-1}K(XL^{-1})^T U' = \lambda XL^{-1}XL^T(XL^T)^{-1} U'$$

$$XL^{-1}K(XL^{-1})^T U' = \lambda U' \quad (2.11)$$

ここに、 $XL^{-1}K(XL^{-1})^T$ は対称マトリックスであるので(2.11)式の U' に関する固有値および固有ベクトルはヤコビの方法によつて、さらにそれから Y に関するそれぞれの値を求めることができる。

2.3 地震波の取扱い

地震波データから計算のために必要な入力地震波を作成する必要がある。地震波データは、大きな時間間隔でしか与えられていない。構造物の応答計算を行うためには、計算精度の点から 10^{-2} 秒おき程度の地震波の値が必要になる。これらの値を求めるために、もとのデータに対して補間が必要となる。補間の方法として、直線によるもの、または正弦波によるものが考えられる。正弦波による補間の方が直線によるものより大きな応答値を示すので前者を採用することにした。

2.4 計算式

このコードは種々の計算体系に対して計算が可能をよりに作成されているので、体系に応じた加速度、変位などの計算値を利用しなければならない。計算の意味はそれぞれ以下に示すものである。

- (1) 加速度 (Acceleration)

$$\ddot{Y}_i \text{ (gal)}$$

- (2) 絶対加速度 (Absolute acceleration)

$$\text{ABSACC} = \ddot{Y}_i + H_i \ddot{Y}_1 \times \mu + \ddot{y}_0 \text{ (gal)}$$

- (3) 相対加速度 (Relative acceleration)

$$\text{RELACC} = \ddot{Y}_i + H_i \ddot{Y}_1 \times \mu \text{ (gal)}$$

- (4) 速度 (Velocity)

$$\dot{Y}_i \text{ (cm/sec)}$$

- (5) 変位 (Displacement)

$$Y_i \text{ (cm)}$$

- (6) 相対変位 (Relative Displacement)

$$\text{RELDIS} = Y_i + H_i Y_1 \times \mu \text{ (cm)}$$

- (7) 層間変位 (Deflection)

$$\text{DEFL} = (Y_i - Y_{i-1}) + (H_i - H_{i-1}) Y_1 \times \mu \text{ (cm)}$$

- (8) せん断力 (Shear force)

$$\text{SHEAR} = K_{i,i-1} (Y_i - Y_{i-1}) \text{ (kg)}$$

ここで、 H_i : 層間高さ (cm)

μ : 計算体系による係数

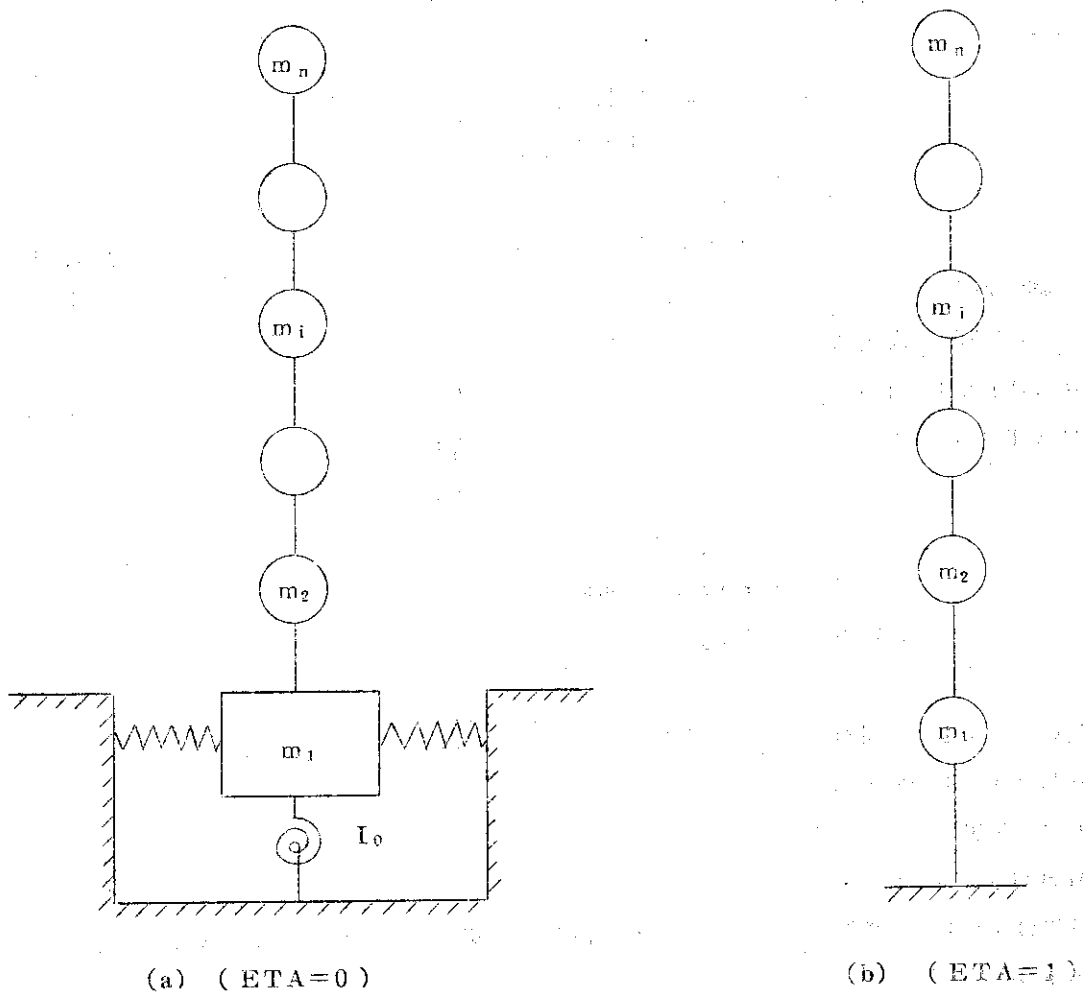


Fig. 2.1 Model of calculation

3. 計算コード

3.1 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25個のサブ・プログラムから構成されている。計算コードのブロック・ダイアグラムを Fig. 3.1 に示す。それぞれのプログラムの機能はつぎのようになっている。

- (1) MAIN: デイメンジョンの決定をして、計算開始の準備をする。
- (2) MAINX: それぞれのサブルーチンを制御し計算を続行させる。
- (3) INPUT1: 問題のタイトルおよび問題の大きさを読み込む。
- (4) INPUT2: 入力形式を読みこみ、サブ・プログラム READW, REPIN, DATA を制御する。
- (5) READW: 入力地震波を読みこみ、データをストアする。
- (6) REPIN: 質点の初期位置および高さを読み込む。
- (7) DATA: 質量、剛性係数、減衰係数を読み込む。
- (8) DWRITE: DATA で読み込んだデータのプリント。
- (9) HEAD11: 計算コード名をプリントする。
- (10) READY: 応答計算を行うための準備をする。
- (11) VIBRA: 応答計算を行う。
- (12) INTERP: 地震波の処理をする。
- (13) KOYUTI: 固有値および固有ベクトルを計算する。
- (14) BEPAT: 刺激関数の計算を行う。
- (15) PRINT: チェック・プリントを行う。
- (16) MSG: エラー・メッセージを出す。
- (17) STORE: 応答計算結果のプリントおよび結果をプロッター出力させるためのデータのストアをする。
- (18) GVLSEA: 応答計算結果の最大値が発生する時間を調べ、プリントする。
- (19) VIEW: プロッタ出力の制御を行う。
- (20) TITLE: 問題のタイトルおよび計算コードのタイトルをプロットする。
- (21) VIEWX: 応答計算値をプロットする。
- (22) TYPE1: 入力地震波をプロットする。
- (23) TYPE2: 入力地震波をプロットする。
- (24) PASS: プロッタ出力の必要なデータを制御する。
- (25) ACCESS: データの再整理を行う。
- (26) SCALEX: データのスケールリングをする。

計算コードの流れ図は、Fig. 3.2 に示されている。

3.2 入力および出力形式

3.2.1 入力形式

入力形式は Table 3.1 に一覧表にして示してあるように、

- (1) 体系の大きさ
- (2) 計算条件
- (3) 入力波
- (4) 質量、剛性係数、減衰係数、などの値
- (5) 結果の出力制御

から成っている。前記の(4)項の値は磁気テープおよびディスクからも入力できるようにしており、この場合、データはつぎのような形式で記入されていなければならない。

```

DO 1 I=1, N
  WRITE(10) (DATA(I, J), J=1, N)

```

入力データの一例は Table 3.2 に示されている。

3.2.2 出力形式

出力形式は 1 例として Table 3.2 に示されているように、

- (1) 入力データ
- (2) 入力波の基準化
- (3) 質量、剛性係数、減衰係数、などの値
- (4) 応答計算結果
 - (a) 加速度
 - (b) 速度
 - (c) 変位
 - (d) せん断力、圧縮力
- (5) 計算結果のプロット

などから成っている。

3.3 計算例

Fig. 3.3 に図示された原子炉格納容器の場合を例にとつて計算した結果を、入力データについては Table 3.2 に、結果については Table 3.3 および Fig. 3.4 にそれぞれ示す。計算コードは一般化されており Fig. 2.1 に示す体系の地震応答解析を行うことができる。

計算例

入力波 最大加速度 180 gal

 EL CENTRO 40 NS

質点数 5

応答計算時間 15.0 sec

Table 3.1 Input list of code TOROTO-1

Card No	FORMAT	Variables	Descriptions
11	I 1	TITLEO	= 0 : Calculation continue = 1 : Calculation stop
	9 A 8	TITLE1(I)	Problem identification
2	5 F 10.0	GALMAX	Maximum acceleration (gal)
	10 X	TFIN	Final time of response calculation(sec)
		DT	Time interval for calculation(sec), if this column is blank, DT=0.01
		AMYU	Time interval for plot (sec), if this column is blank, AMYU = 0.01, AMYU ≥ DT
		TPRINT	Print out interval(sec), if this column is blank, TPRINT = 0.1
	F 10.0	ETA	Calculation model factor, if this column is blank, ETA = 1.0
	I 10	TABEND	Cut-off time due to computer central processing time(sec), if this column is blank, TABEND = 3600
3	3 I 3	NPOINT	Number of mass
		NFIRST	(Number of first fuel point)
		NEND	(Number of last fuel point)
4	3 I 3,	IDMP	= 1 : Damping matrix input
	3 X		= 2 : Mode independent damping factor input
			= 4 : Mode dependent damping factor input
		MATR	= 0 : Stiffness matrix input
			= 1 : Flexibility matrix input
		NEW	= 0 : Seismic wave is used wave of former problem
			= 1 : Seismic wave input
	I 3 (6 X)	KAI(1)	Calculation model factor
	I 3, 3 X	KAI(4)	= 0 : Mass, stiffness and damping matrix data are read from input card
			= 1 : Matrix data are read from disk or tape No. 10
	4 I 3	IWIN	Seismic wave data from disk or tape

Card No	FORMAT	Variables	Descriptions
			No. IWIN (IWIN = 2, 3, 4, 8) standard seismic wave data are disk No. 8
		NSES	Only usable if seismic wave data from di disk or tape No. IWIN, = 0 : seismic wave data from input card = 1 : seismic wave data from disk or tape
		IWOU	Response acceleration is stored in disk or tape No. IWOU (IWOU = 2, 3, 4)
		IWNP	Only usable if response acceleration is stored in disk or tape No. IWOU. = 0 : don't store ≥ 1 : response acceleration is store, IWNP is mass point number
5	I1	IPLT1	= 0 : Dont plotted = 1 : Calculation results are plotted
	I5	IPLT2	Length of time axis, IPLT2(mm/sec)
	9I3	IPLT6	Total mass number to be plotted
		IPLT3(I)	= 0 : Don't plotted = 1 : Calculation results are plotted I = 1 : Absolute acceleration I = 2 : Relative displacement I = 3 : Shear force I = 4 : Acceleration I = 5 : Relative acceleration I = 6 : Displacement I = 7 : Deflection I = 8 : - I = 9 : Velocity
6	24I3	IPLT7(I)	Mass point number to be plotted
7	18A4	NAME	Seismic wave name
8	I4, 6X	NREC	Recorded number of seismic wave data
	I1, 9X	IWAVE	= 1 : Input data are card No. 9A = 2 : Input data are card No. 9B

Card No.	FORMAT	Variables	Descriptions
	F10.0	DTW	Time interval of seismic wave data (only use if IWAVE=1) (sec)
9 A	10X,5F10.3	WAVEIN(I)	Acceleration (gal)
9 B	3X,	TWAVE(I)	Time (sec)
	4(F7.4,F9.6)	WAVEIN(I)	Acceleration (g) If standard seismic wave data are used, card No. 9 and 10 are omitted
10	6(I3, F9.0)	NN Y(I)	Repeated number Initial position of mass point (cm)
11	6(I3, F9.0)	NN HI(I)	Repeated number Height of mass point (cm)
12	Mass matrix, stiffness (flexibility) matrix and damping coefficient (damping matrix)		
I1	FLAG		= 1 : Only use last card
3 I 3	IROW		Number of data row
	ICOL		Number of data column
	IDATA		Number of data
7F10.0	DATA		DATA(IROW, ICOL)~DATA(IROW, ICOL+IDATA) If KAI(4) = 1, card No. 12 are Omitted If IDMP = 2 and 4, damping factor data are read according to the following format
12 C	6F12.0	H(I)	Damping factor (-)

4. 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。

5. 参 考 文 献

- (1) 幾島毅, VIBSES-6: 多質点系の地震応答解析コード, JAERI-M 4806, 1972年5月
- (2) 幾島毅; PRELUDE-1: ブロック状炉心の地震応答解析コード, JAERI-M 4905, 1972年7月

Card No.	FORMAT	Variables	Descriptions
	F10.0	DTW	Time interval of seismic wave data (only use if IWAVE=1) (sec)
9 A	10X,5F10.3	WAVEIN(I)	Acceleration (gal)
9 B	3X,	TWAVE(I)	Time (sec)
	4(F7.4,F9.6)	WAVEIN(I)	Acceleration (g)
			If standard seismic wave data are used, card No. 9 and 10 are omitted
10	6(I3, F9.0)	NN	Repeated number
		Y(I)	Initial position of mass point (cm)
11	6(I3, F9.0)	NN	Repeated number
		HI(I)	Height of mass point (cm)
12	Mass matrix, stiffness (flexibility) matrix and damping coefficient (damping matrix)		
	I1	FLAG	= 1 : Only use last card
	3 I3	IROW	Number of data row
		ICOL	Number of data column
		IDATA	Number of data
	7F10.0	DATA	DATA(IROW, ICOL)~DATA(IROW, ICOL+IDATA)
			If KAI(4) = 1, card No. 12 are Omitted
			If IDMP = 2 and 4, damping factor data are read according to the following format
12 C	6F12.0	H(I)	Damping factor (-)

4. 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。

5. 参 考 文 献

- (1) 幾島毅, VIBSES-6: 多質点系の地震応答解析コード, JAERI-M 4806, 1972年5月
- (2) 幾島毅; PRELUDE-1: ブロック状炉心の地震応答解析コード, JAERI-M 4905, 1972年7月

Card No.	FORMAT	Variables	Descriptions
	F10.0	DTW	Time interval of seismic wave data (only use if IWAVE=1) (sec)
9 A	10X,5F10.3	WAVEIN(I)	Acceleration (gal)
9 B	3X,	TWAVE(I)	Time (sec)
	4(F7.4,F9.6)	WAVEIN(I)	Acceleration (g)
			If standard seismic wave data are used, card No. 9 and 10 are omitted
10	6(I3, F9.0)	NN	Repeated number
		Y(I)	Initial position of mass point (cm)
11	6(I3, F9.0)	NN	Repeated number
		HI(I)	Height of mass point (cm)
12	Mass matrix, stiffness (flexibility) matrix and damping coefficient (damping matrix)		
	I1	FLAG	= 1 : Only use last card
	3 I3	IROW	Number of data row
		ICOL	Number of data column
		IDATA	Number of data
	7F10.0	DATA	DATA(IROW, ICOL)~DATA(IROW, ICOL+IDATA)
			If KAI(4) = 1, card No. 12 are Omitted
			If IDMP = 2 and 4, damping factor data are read according to the following format
12 C	6F12.0	H(I)	Damping factor (-)

4. 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。

5. 参 考 文 献

- (1) 幾島毅, VIBSES-6: 多質点系の地震応答解析コード, JAERI-M 4806, 1972年5月
- (2) 幾島毅; PRELUDE-1: ブロック状炉心の地震応答解析コード, JAERI-M 4905, 1972年7月

Table 3.2 Input data of sample problem

```

.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8
JMTGR SEISMIC RESPONSE INTERLUDE=1 1.0 3600
1 180.0 15.0 0.01 0.02 1.0 0.0 0.0 Y0 HI 1
2 1 0 0 1 0 1 8 1 P=2-5 -3
1 20 5 0 0 1 1 0 1 1 0
1 2 3 4 5
EL CENTRO AQMS
0.0 0.0
1100.0 2100.0 2800.0 4300.0 5200.0 2280.0 HI 1
1 1 61.2285
2 1 61.2285
4 4 110.2041
1 5 5 1 6.12245
1 1 1 1.185 16 -4.5 +5
2 1 2-4.5 +5 1.1 +6-4.5 +5
3 2 2-6.5 +5 7.5 +5-1.0 +5
4 3 2-1.0 +5 1.18 +5-1.8 +4
1 0.05 2-1.0 +5 1.8 0.05 0.05 0.05 INTR
1 0.05 LAST CARD
    
```

Table 3.3 Output list of sample problem

1 PAGE/ 1 CASE

JMTGR SEISMIC RESPONSE INTERLUDE-1

** INPUT DATA **

1. EARTHQUAKE WAVE EARTHQUAKE WAVE NAME
 EL CENTRO *DMS
 GALMAX (GAL) 100.0

2. SIZE MASS POINT NO. 5 SELECTED MATRIX TYPE
 FIRST FUEL POINT NO. 1 STIFFNESS (K)
 LAST FUEL POINT NO. 5 MODE INDEP (H-FAC)
 ACCELERATION FACTOR 0.18667
 CALC. MODEL FACTOR 1.0

3. OPTION FOR ROTATION NOT INCLUDE
 EIGENVALUE CALCULATION EXECUTE
 OVER TURN MOMENT CALCULATION NOT EXECUTE
 DEVICE FOR MATRIX DATA NOT TAPE
 EARTHQUAKE WAVE DATA CHANGE

FOR CALCULATION
 FOR PLOTTING
 PLOTTING LENGTH (MM/SEC) 1
 ABSOLUTE ACCEL. 20
 RELATIVE DISP. 0
 SHEAR FORCE 1
 ACCELERATION 1
 DISPLACEMENT 0
 DEFLECTION 0
 OVER TURN MOMENT 1
 VELOCITY 0

4. TIME FINISH TIME 15.0000 (SEC)
 PRINT INTERVAL TIME 1.0000 (SEC)
 CPU-LIMIT TIME 3600 (SEC)
 COMPUTE INTERVAL TIME 0.0200 (SEC)
 PLOT INTERVAL TIME 0.0200 (SEC)

MASS POINT NUMBER TO BE PLOTTED
 1 2 3 4 5

2 PAGE/ 1 CASE

** EARTHQUAKE WAVE **

EL CENTRO WAVE

UPPER LIMIT OF AMPLITUDE (GAL) 180.000
 MAXIMUM AMPLITUDE OF DATA(GAL) 319.446
 MAGNIFICATION 0.563

3 PAGE/ 1 CASE

** Y(T=U) **

1..... 2..... 3..... 4..... 5..... 6..... 7..... 8..... 9..... 10.....
 1 0+0 0+0 0+0 0+0 0+0 0+0 0+0 0+0 0+0

4 PAGE/ 1 CASE

** H (CM) **

1..... 2..... 3..... 4..... 5..... 6..... 7..... 8..... 9..... 10.....
 1 1.169E 03 2.100E 03 2.460E 03 4.300E 03 5.200E 03

5 PAGE/ 1 CASE

**

MASS MATRIX (TON*SEC**2/CM)

**

INPUT MATRIX

MATRIX OUT

DATA(I,J)

SECTION = 1

I	J=1	J=2	J=3	J=4	J=5
1	6.1224E 01	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	6.1224E 01	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	6.1224E 01	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	1.0204E 01	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1224E 00

MASS MATRIX (TON*SEC**2/CM) END.

*** STIFFNESS MATRIX (TON/CM) ***

INPUT MATRIX

MATRIX OUT

DATA(I=0)

SECTION = 1

J=1	J=2	J=3	J=4	J=5	J=
1.8500E 06	-1.7000E 05	0.0	0.0	0.0	
-1.5000E 05	1.5000E 05	0.0	0.0	0.0	
0.0	0.0	-1.8000E 05	0.0	0.0	
0.0	0.0	0.0	-1.8000E 04	0.0	
0.0	0.0	0.0	0.0	-1.8000E 04	

STIFFNESS MATRIX (TON/CM)

END

0.0001E-02 5.0002E-02 5.0000E-02 5.0000E-02 5.0000E-02

*** NATURAL VIBRATION ***

OUTPUT

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MASS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	2.2768E-02	4.6612E-02	5.8782E-02	4.7082E-01	8.1560E-01														
2	1.4518E-01	1.1039E-01	1.4495E-01	4.7596E-01	-2.1142E-01														
3	2.2768E-01	2.1784E-01	3.3595E-02	-2.5037E-01	2.8928E-01														
4	4.0000E-01	-9.9318E-01	-9.9318E-01	4.8786E-01	-1.0532E-01														
5	4.0000E-01	-9.9318E-01	-9.9318E-01	4.1153E-02	9.7096E-05														

0.0001E-02 5.0002E-02 5.0000E-02 5.0000E-02 5.0000E-02
 1.1161E 02 1.5126E 02 1.8663E 02
 2.4074E 01 2.9702E 01
 4.1259E-02 5.6294E-02 3.3667E-02

*** RESPONSE ***

OUTPUT

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TIME	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
POINT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ACCELERATION	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ABSOLUTE ACC. (GAL)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RELATIVE ACC. (GAL)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VELOCITY (CM/SEC)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DISPLACEMENT (CM)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RELATIVE DISP. (CM)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SHEAR FORCE (TON)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MOMENT (TONM)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

9 PAGE/ 1 CASE

JHTGR SEISMIC RESPONSE INTERLUDE-1

** RESPONSE **

* TIME = 1.0000 (SEC) EARTHQUAKE = -47.835 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATION (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOMENT
11	-5.3442E 01	-1.0128E 02	-2.3442E 01	-7.7898E 00	8.4702E-03	8.4702E-03	8.4502E-03	1.2633E 04	0.0
21	-5.6198E 01	-1.0429E 02	-2.6198E 01	-7.9066E 00	2.7436E-02	2.7436E-02	1.8988E-02	8.2444E 03	0.0
31	-6.2727E 01	-1.1629E 02	-6.2727E 01	-7.9541E 00	3.5248E-02	3.5248E-02	7.8107E-03	5.0768E 03	0.0
41	-7.1966E 01	-1.1932E 02	-7.1966E 01	-8.1366E 00	4.7123E-02	4.7123E-02	1.1874E-02	1.1874E 03	0.0
51	-8.7632E 01	-1.1947E 02	-8.7632E 01	-8.7830E 00	7.1172E-02	7.1172E-02	2.4606E-02	4.7288E 02	0.0

10 PAGE/ 1 CASE

JHTGR SEISMIC RESPONSE INTERLUDE-1

** RESPONSE **

* TIME = 2.0000 (SEC) EARTHQUAKE = -179.406 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATION (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOMENT
11	-1.7168E 02	-3.5108E 02	-1.7168E 02	-2.2132E 01	2.9581E-02	2.9581E-02	2.5581E-02	4.7325E 04	0.0
21	-1.2009E 02	-3.0269E 02	-1.2009E 02	-2.3308E 01	6.1524E-02	6.1524E-02	3.8018E-02	2.2208E 04	0.0
31	-2.1623E 02	-3.9264E 02	-2.1623E 02	-2.5725E 01	1.6439E-01	1.6439E-01	5.7882E-02	1.8882E 04	0.0
41	-2.1623E 02	-3.9264E 02	-2.1623E 02	-2.5725E 01	1.6439E-01	1.6439E-01	5.7882E-02	1.8882E 04	0.0
51	-5.1061E 02	-6.8757E 02	-5.1061E 02	-3.2207E 01	3.5308E-01	3.5308E-01	1.8969E-01	3.4145E 03	0.0

11 PAGE/ 1 CASE

JHTGR SEISMIC RESPONSE INTERLUDE-1

** RESPONSE **

* TIME = 3.0000 (SEC) EARTHQUAKE = -35.765 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATION (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOMENT
11	-7.4162E 01	-1.0993E 02	-7.4162E 01	9.8426E-01	2.4733E-02	2.4733E-02	2.4733E-02	4.9756E 04	0.0
21	-1.8077E 02	-2.1653E 02	-1.8077E 02	1.8019E 00	9.1623E-02	9.1623E-02	6.6890E-02	3.0101E 04	0.0
31	-2.2735E 02	-2.6312E 02	-2.2735E 02	1.6396E 00	1.2113E-01	1.2113E-01	2.9503E-02	1.9177E 04	0.0
41	-2.9808E 02	-3.2837E 02	-2.9808E 02	2.2448E 00	1.7787E-01	1.7787E-01	5.4739E-02	5.4739E 03	0.0
51	-3.5722E 02	-4.0038E 02	-3.5722E 02	3.0597E 00	3.1900E-01	3.1900E-01	1.4313E-01	2.5764E 03	0.0

12 PAGE/ 1 CASE

INTERLUDE-1

JHTGR SEISMIC RESPONSE

** RESPONSE **

* TIME = 4.0000 (SEC) EARTHQUAKE = 5.446 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATI ON (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEME NT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOME NT
1	5.0177E 01	5.2622E 01	5.0177E 01	-1.4491E 01	-2.3777E-02	-2.3777E-02	-2.3777E-02	-4.3617E 04	0.0
2	3.1928E 01	3.8287E 01	3.1928E 01	-1.7172E 01	-9.0681E-02	-9.0681E-02	-6.7104E-02	-3.0197E 04	0.0
3	3.1928E 01	3.8287E 01	3.1928E 01	-1.7172E 01	-1.2349E-01	-1.2349E-01	-3.1221E-02	-2.0293E 04	0.0
4	3.1928E 01	3.8287E 01	3.1928E 01	-1.7172E 01	-1.6818E-01	-1.6818E-01	-7.1359E-02	-7.1359E 03	0.0
5	7.1173E 02	7.1173E 02	7.1173E 02	-5.3927E 01	-4.0937E-01	-4.0937E-01	-2.1129E-01	-3.9323E 03	0.0

13 PAGE/ 1 CASE

INTERLUDE-1

JHTGN SEISMIC RESPONSE

** RESPONSE **

* TIME = 5.0000 (SEC) EARTHQUAKE = 63.427 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATI ON (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEME NT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOME NT
1	4.9023E 01	1.1244E 02	4.9023E 01	-2.6662E 01	-7.8929E-01	-7.8929E-01	-7.8929E-01	-1.8407E 03	0.0
2	8.9739E 00	7.2401E 01	8.9739E 00	-2.3472E 01	4.2388E-02	4.2388E-02	3.0244E-03	2.2629E 03	0.0
3	-1.9142E 01	4.8287E 01	-1.4192E 01	-2.1952E 01	1.0440E-02	1.0440E-02	6.2016E-03	4.0311E 03	0.0
4	-1.9142E 01	4.8287E 01	-1.4240E 01	-1.6601E 01	5.8032E-02	5.8032E-02	4.7592E-02	4.7592E 03	0.0
5	-6.1929E 02	-8.7216E 02	-6.8598E 02	-8.3389E 01	2.6379E-01	2.6379E-01	2.0576E-01	3.7036E 03	0.0

14 PAGE/ 1 CASE

INTERLUDE-1

JHTGR SEISMIC RESPONSE

** RESPONSE **

* TIME = 6.0000 (SEC) EARTHQUAKE = 9.198 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATI ON (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEME NT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOME NT
1	-5.2201E 01	3.8695E 01	-5.2201E 01	-1.5626E 01	4.8933E-03	4.8933E-03	4.8933E-03	9.0527E 03	0.0
2	-4.4443E 01	3.2262E 01	-4.4443E 01	-4.4443E 01	1.9378E-02	1.9378E-02	1.9378E-02	6.5080E 03	0.0
3	-5.1236E 01	4.8038E 01	-5.1236E 01	-1.3747E 01	2.6231E-02	2.6231E-02	1.4684E-02	4.2146E 03	0.0
4	-8.9341E 01	8.0644E 01	-8.9841E 01	-1.1464E 01	4.0627E-02	4.0627E-02	1.8479E-02	4.2146E 03	0.0
5	-1.6377E 02	-1.2456E 02	-1.6377E 02	-5.5776E 01	7.9999E-02	7.9999E-02	3.9371E-02	7.0668E 02	0.0

15 PAGE/ 1 CASE

INTERLUDE-1

JHTGR SEISMIC RESPONSE

*** RESPONSE ***

* TIME = 7.0000 (SEC) EARTHQUAKE = -53.624 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATI ON (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOMENT (NT)
11	5.9697E 011	-1.1332E 021	-5.9697E 011	-2.0415E 011	8.8320E-031	8.8320E-031	8.8320E-031	1.6339E 041	0.0
21	5.7940E 011	-1.2158E 021	-5.7940E 011	-2.0222E 011	2.8220E-021	2.8220E-021	1.9389E-021	8.7248E 031	0.0
31	5.1892E 011	-1.1061E 021	-5.1892E 011	-2.0171E 011	3.9327E-021	3.9327E-021	3.1538E-031	4.9200E 031	0.0
41	2.3893E 011	-2.9949E 021	-2.3893E 011	-1.9744E 011	3.0394E-021	3.0394E-021	8.9327E-031	-3.6078E 021	0.0
51	2.3893E 011	-2.9949E 021	-2.3893E 011	-1.9744E 011	3.0394E-021	3.0394E-021	8.9327E-031	-3.6078E 021	0.0

16 PAGE/ 1 CASE

INTERLUDE-1

JHTGR SEISMIC RESPONSE

*** RESPONSE ***

* TIME = 8.0000 (SEC) EARTHQUAKE = 11.439 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATI ON (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOMENT (NT)
11	4.0764E 001	1.5519E 011	4.0764E 001	-2.8711E 011	-2.8254E-041	-2.8254E-041	-2.8254E-041	-5.2270E 021	0.0
21	4.2966E 001	1.5758E 011	4.2966E 001	-2.9369E 011	-7.9827E-041	-7.9827E-041	-5.1573E-041	-2.3208E 021	0.0
31	6.2263E 001	1.7669E 011	6.2263E 001	-2.9652E 011	-1.0615E-031	-1.0615E-031	-7.6328E-041	-1.7113E 021	0.0
41	1.0599E 011	2.2239E 011	1.0599E 011	-3.0569E 011	-1.6901E-031	-1.6901E-031	-6.2853E-041	-6.2853E 011	0.0
51	3.0282E 011	4.1721E 011	3.0282E 011	-3.3872E 011	-3.7896E-031	-3.7896E-031	-2.0993E-031	-3.7791E 011	0.0

17 PAGE/ 1 CASE

INTERLUDE-1

JHTGR SEISMIC RESPONSE

*** RESPONSE ***

* TIME = 9.0000 (SEC) EARTHQUAKE = -29.893 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATI ON (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOMENT (NT)
11	6.4749E 011	-9.4642E 021	-6.4749E 011	-2.2037E 011	2.3936E-021	2.3936E-021	2.3936E-021	4.3357E 041	0.0
21	6.5294E 011	-9.3215E 021	-6.5294E 011	-2.2460E 011	8.7240E-021	8.7240E-021	6.3808E-021	2.8318E 041	0.0
31	5.0229E 011	-1.3215E 021	-5.0229E 011	-2.1652E 011	1.7437E-011	1.7437E-011	5.8775E-021	5.8775E 031	0.0
41	2.9701E 021	-3.1269E 021	-2.9701E 021	-2.5458E 011	3.3049E-011	3.3049E-011	1.5612E-011	2.8101E 031	0.0
51	4.6277E 021	-4.9268E 021	-4.6277E 021	-2.4622E 011	3.3049E-011	3.3049E-011	1.5612E-011	2.8101E 031	0.0

*** RESPONSE ***

* TIME = 19.0000 (SEC) EARTHQUAKE = 23.967 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATI ON (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTU MOMENT
11	3.0379E 011	5.0346E 011	3.0379E 011	-1.9181E 011	-1.4380E-031	-1.4380E-031	-1.4380E-031	-2.6603E 031	0.0
21	2.2398E 011	4.2398E 011	2.2398E 011	-2.0789E 011	-1.9837E-031	-1.9837E-031	-5.4530E-031	-2.4548E 021	0.0
31	2.5248E 011	2.7291E 011	-2.1767E 011	-2.1178E 011	-3.3019E-031	-3.3019E-031	1.4533E-031	9.4466E 021	0.0
41	-1.7350E 021	-1.4723E 021	-1.7350E 021	-2.7878E 011	1.8889E-021	1.8889E-021	1.7114E-021	1.7114E 031	0.0
51	-1.7350E 021	-1.4723E 021	-1.7350E 021	-2.7878E 011	1.8889E-021	1.8889E-021	1.7114E-021	1.7114E 031	0.0

*** RESPONSE ***

* TIME = 11.0000 (SEC) EARTHQUAKE = -5.226 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATI ON (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTU MOMENT
11	-2.0067E 001	-1.0243E 011	-5.0267E 001	-1.8392E 011	5.9903E-031	5.9903E-031	5.9903E-031	1.1087E 041	0.0
21	-4.7409E 011	-3.2946E 011	-4.7409E 011	-1.7057E 011	2.4137E-021	2.4137E-021	1.8137E-021	4.1571E 031	0.0
31	-8.0328E 011	-8.5564E 011	-8.0328E 011	-1.7723E 011	3.2076E-021	3.2076E-021	7.8544E-031	5.1730E 031	0.0
41	-8.2116E 011	-8.7393E 011	-8.2116E 011	-1.6133E 011	3.6669E-021	3.6669E-021	4.5937E-031	4.5937E 021	0.0
51	-3.2709E 011	-3.7641E 011	-3.2709E 011	-9.0191E 001	3.1385E-021	3.1385E-021	-5.2845E-031	-9.5121E 011	0.0

*** RESPONSE ***

* TIME = 12.0000 (SEC) EARTHQUAKE = 71.140 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATI ON (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTU MOMENT
11	7.8490E 011	1.9055E 021	7.8490E 011	-1.8459E 011	-1.3802E-021	-1.3802E-021	-1.3802E-021	-2.7533E 041	0.0
21	1.0262E 021	1.7676E 021	1.0262E 021	-1.6325E 011	5.6160E-021	5.6160E-021	-3.2395E-021	-1.4561E 041	0.0
31	1.1473E 021	1.8587E 021	1.1473E 021	-1.9479E 011	-7.3025E-021	-7.3025E-021	-1.2761E-021	-8.2986E 031	0.0
41	1.1595E 021	1.8709E 021	1.1595E 021	-2.0128E 011	-1.0356E-011	-1.0356E-011	-2.9531E-021	-5.1352E 021	0.0
51	9.7105E 011	1.6824E 021	9.7105E 011	-2.1690E 011	-1.0356E-011	-1.0356E-011	-2.9531E-021	-5.1352E 021	0.0

*** RESPONSE ***

* TIME = 13.0000 (SEC) EARTHQUAKE = -52.790 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATION (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOMENT (NT)
1	5.908E-01	-1.128E-02	-5.908E-01	-2.139E-01	1.037E-02	1.037E-02	1.037E-02	1.956E-04	0.0
2	7.379E-01	-1.282E-02	-7.379E-01	-2.484E-01	2.507E-02	4.557E-02	1.037E-02	6.572E-03	0.0
3	7.628E-01	-1.343E-02	-7.628E-01	-2.557E-01	6.157E-02	6.157E-02	1.037E-02	1.605E-03	0.0
4	9.569E-01	-1.474E-02	-9.569E-01	-2.843E-01	9.884E-02	9.884E-02	3.726E-02	6.708E-02	0.0

*** RESPONSE ***

* TIME = 14.0000 (SEC) EARTHQUAKE = 17.185 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATION (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOMENT (NT)
1	4.622E-01	3.180E-01	1.442E-01	-1.669E-01	1.421E-03	1.421E-03	1.421E-03	2.629E-03	0.0
2	2.758E-01	1.427E-01	-2.758E-01	-1.705E-01	7.717E-03	7.717E-03	6.296E-03	2.833E-03	0.0
3	1.932E-01	2.232E-01	-1.932E-01	-1.714E-01	1.171E-02	1.171E-02	3.994E-03	2.562E-03	0.0
4	5.914E-01	-4.194E-01	-5.914E-01	-1.757E-01	2.403E-02	2.403E-02	1.632E-02	1.632E-03	0.0
5	1.495E-02	-1.323E-02	-1.495E-02	-1.959E-01	6.539E-02	6.539E-02	2.229E-02	1.000E-03	0.0

*** RESPONSE ***

* TIME = 15.0000 (SEC) EARTHQUAKE = -44.276 (GAL) *

POINT NO	ACCELERATION (GAL)	ABSOLUTE ACC. (GAL)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOMENT (NT)
1	5.195E-01	-9.624E-01	5.195E-01	-1.728E-01	5.443E-03	5.443E-03	5.142E-03	9.515E-03	0.0
2	7.120E-01	-1.153E-02	-7.120E-01	-1.541E-01	1.428E-02	1.428E-02	9.530E-03	4.247E-03	0.0
3	7.455E-01	-3.686E-01	-7.455E-01	-1.425E-01	1.713E-02	1.713E-02	2.528E-03	1.653E-03	0.0
4	2.788E-02	2.345E-02	2.788E-02	-1.195E-01	-3.741E-03	-3.741E-03	-2.087E-02	-2.087E-03	0.0
5	2.788E-02	2.345E-02	2.788E-02	-1.195E-01	-1.057E-01	-1.057E-01	-1.020E-01	-1.836E-03	0.0

CASE 1-NORMAL END.

24 PAGE/ 1 CASE

INTERLUDE-1

JHTGR SEISMIC RESPONSE

** MAXIMUM VALUE **

POINT NO.	ACCELERATION (G)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOME (NT)
1	2.0218E-02	3.5571E-02	3.5571E-01	5.7291E-02	5.7291E-02	5.7291E-02	1.0599E-03	0.0
2	3.7396E-02	3.7396E-02	3.7396E-01	2.0923E-01	2.0923E-01	1.5194E-01	6.8372E-04	0.0
3	4.6927E-02	3.9681E-02	4.2084E-01	2.7901E-01	2.7901E-01	6.9783E-02	4.2535E-04	0.0
4	7.3219E-02	4.5935E-02	7.3219E-02	4.4245E-01	4.4245E-01	1.6523E-01	1.5223E-04	0.0
5	1.5255E-03	1.6827E-03	1.5255E-03	9.5332E-01	9.5332E-01	5.2333E-01	9.4203E-03	0.0

25 PAGE/ 1 CASE

INTERLUDE-1

JHTGR SEISMIC RESPONSE

** MAXIMUM VALUE AND TIME **

POINT NO.	ABSOLUTE ACC. (G)	RELATIVE ACC. (GAL)	VELOCITY (CM/SEC)	DISPLACEMENT (CM)	RELATIVE DISP. (CM)	DEFLECTION (CM)	SHEAR FORCE (TON)	TENTO MOME (NT)	VALUE TIME
1	2.0218E-02	3.5571E-02	3.5571E-01	5.7291E-02	5.7291E-02	5.7291E-02	1.0599E-03	0.0	1.5000E-01
2	3.7396E-02	3.7396E-02	3.7396E-01	2.0923E-01	2.0923E-01	1.5194E-01	6.8372E-04	0.0	1.5000E-01
3	4.6927E-02	3.9681E-02	4.2084E-01	2.7901E-01	2.7901E-01	6.9783E-02	4.2535E-04	0.0	1.5000E-01
4	7.3219E-02	4.5935E-02	7.3219E-02	4.4245E-01	4.4245E-01	1.6523E-01	1.5223E-04	0.0	1.5000E-01
5	1.5255E-03	1.6827E-03	1.5255E-03	9.5332E-01	9.5332E-01	5.2333E-01	9.4203E-03	0.0	1.5000E-01

26 PAGE/ 1 CASE

INTERLUDE-1

JHTGR SEISMIC RESPONSE

** MAXIMUM VALUE TIME **

POINT NO.	ABSOLUTE ACCELERATION	RELATIVE ACCELERATION	VELOCITY	DISPLACEMENT	RELATIVE DISPLACEMENT	DEFLECTION	SHEAR FORCE	TENTO MOME	VALUE TIME
1	4.8600E-01	4.8600E-01	2.1200E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	15.0000E-01	1.5000E-01
2	4.8600E-01	4.8600E-01	4.9000E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	15.0000E-01	1.5000E-01
3	4.8600E-01	4.8600E-01	4.9000E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	15.0000E-01	1.5000E-01
4	4.8600E-01	4.8600E-01	4.9000E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	15.0000E-01	1.5000E-01
5	4.8600E-01	4.8600E-01	4.9000E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	15.0000E-01	1.5000E-01

27 PAGE/ 2 CASE

INTERLUDE-1

JHTGR SEISMIC RESPONSE

** MAXIMUM VALUE AND TIME **

POINT NO.	ABSOLUTE ACCELERATION	RELATIVE ACCELERATION	VELOCITY	DISPLACEMENT	RELATIVE DISPLACEMENT	DEFLECTION	SHEAR FORCE	TENTO MOME	VALUE TIME
1	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	15.0000E-01	1.5000E-01
2	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	15.0000E-01	1.5000E-01
3	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	15.0000E-01	1.5000E-01
4	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	15.0000E-01	1.5000E-01
5	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	4.8600E-01	15.0000E-01	1.5000E-01

* END OF FORTRAN * 77

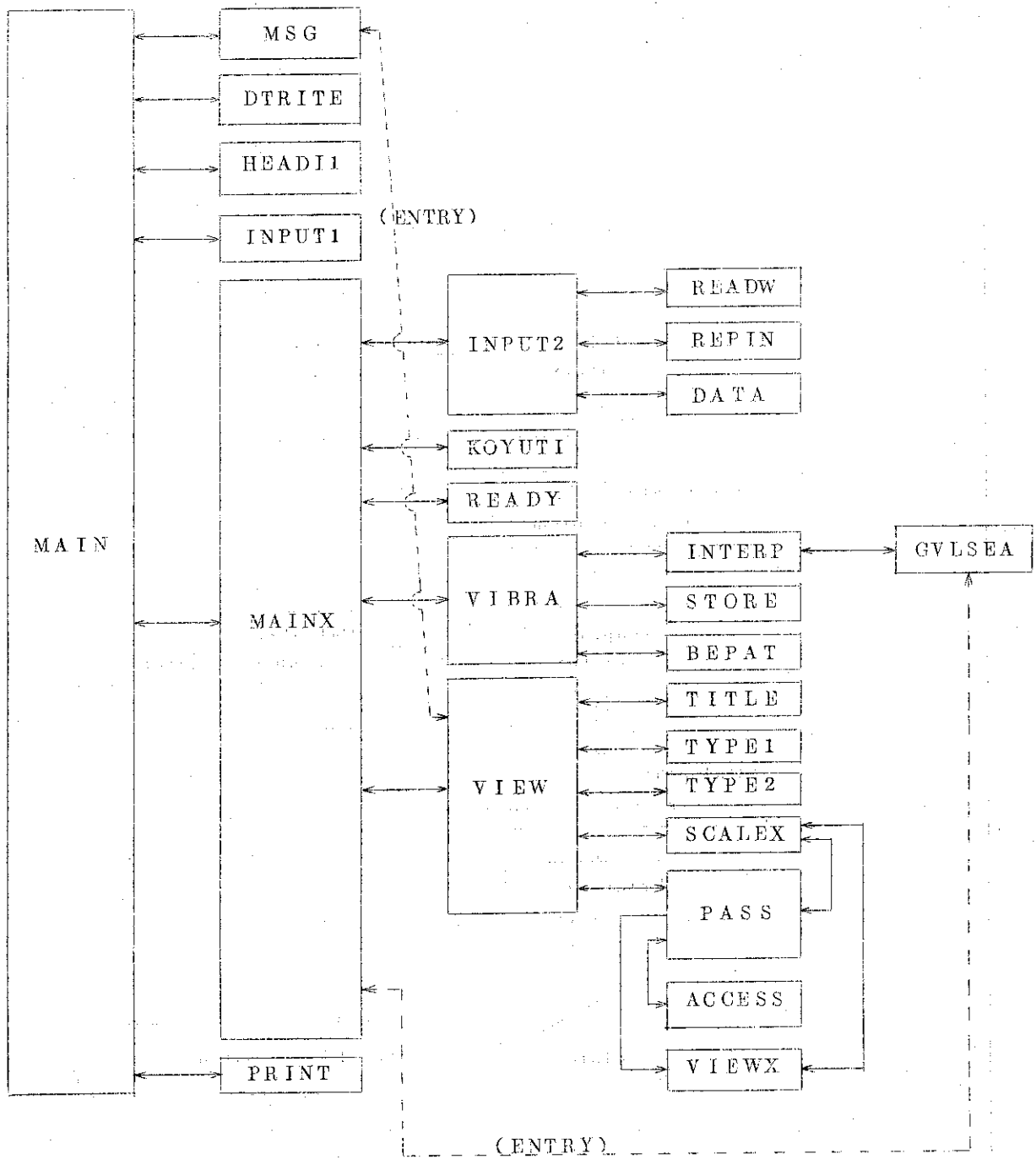


Fig. 3.1 Structure of code INTERLUDE-1

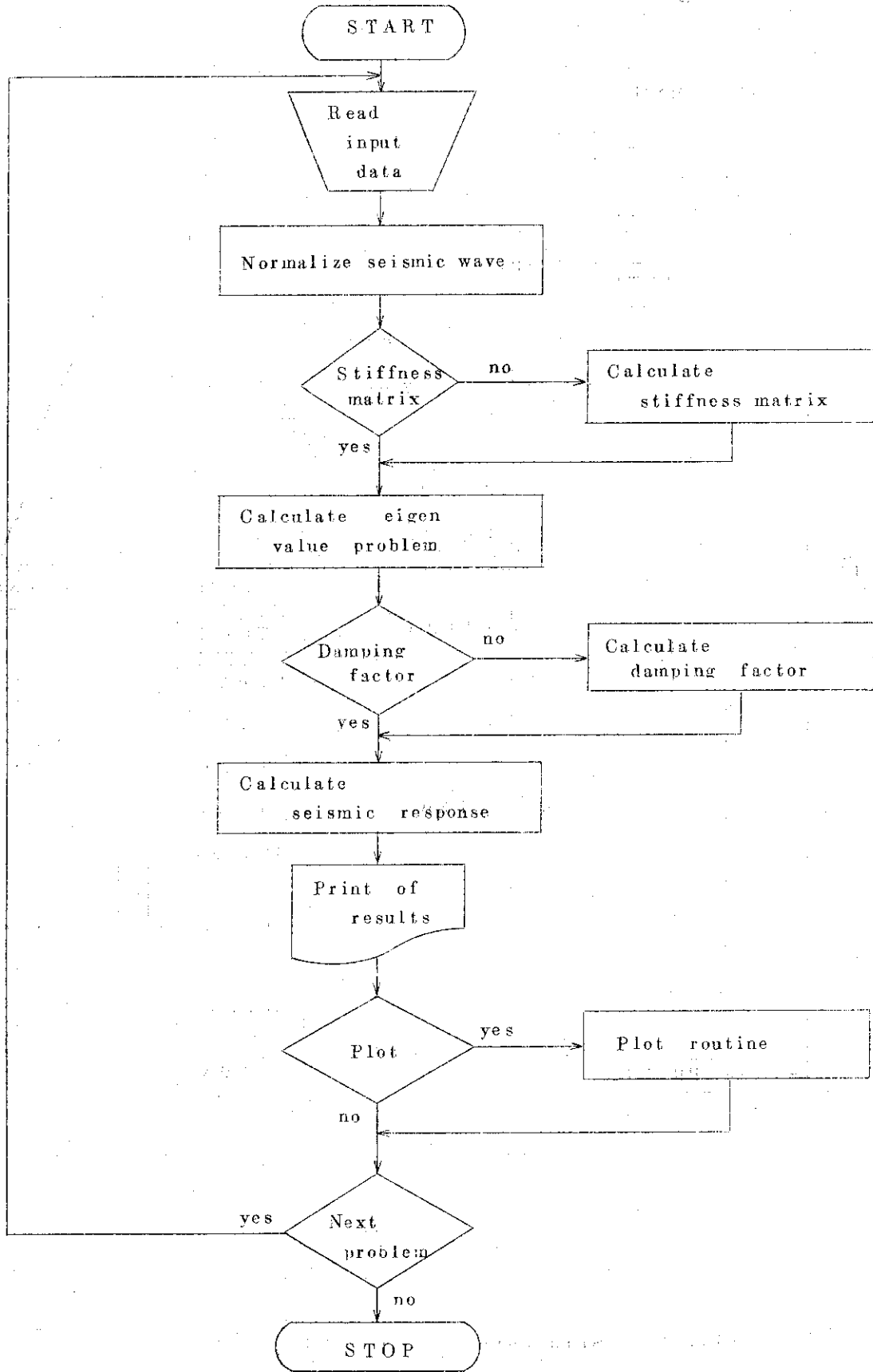


Fig. 3.2 Flow sheet of calculation

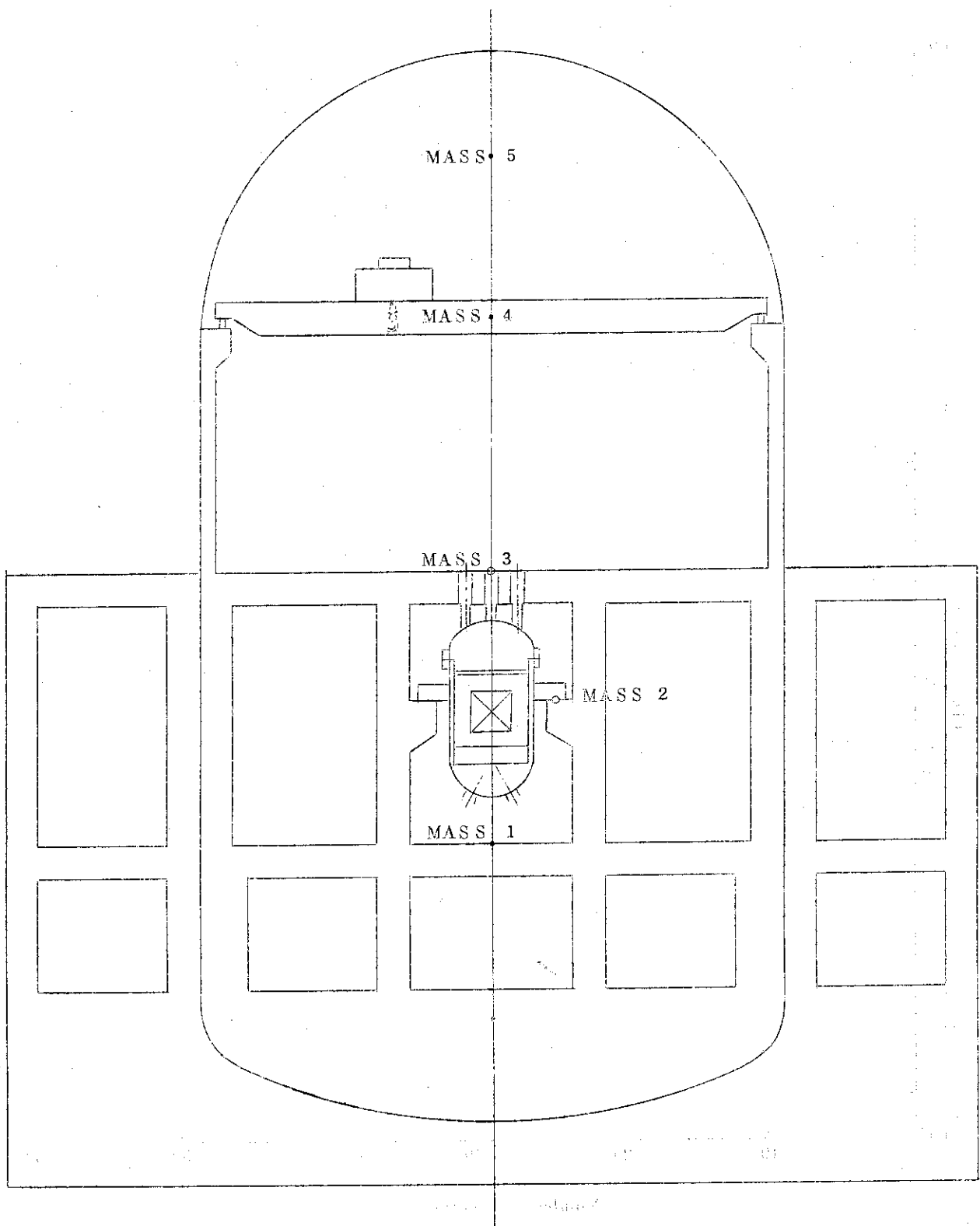


Fig. 3.3 Model for vibration analysis

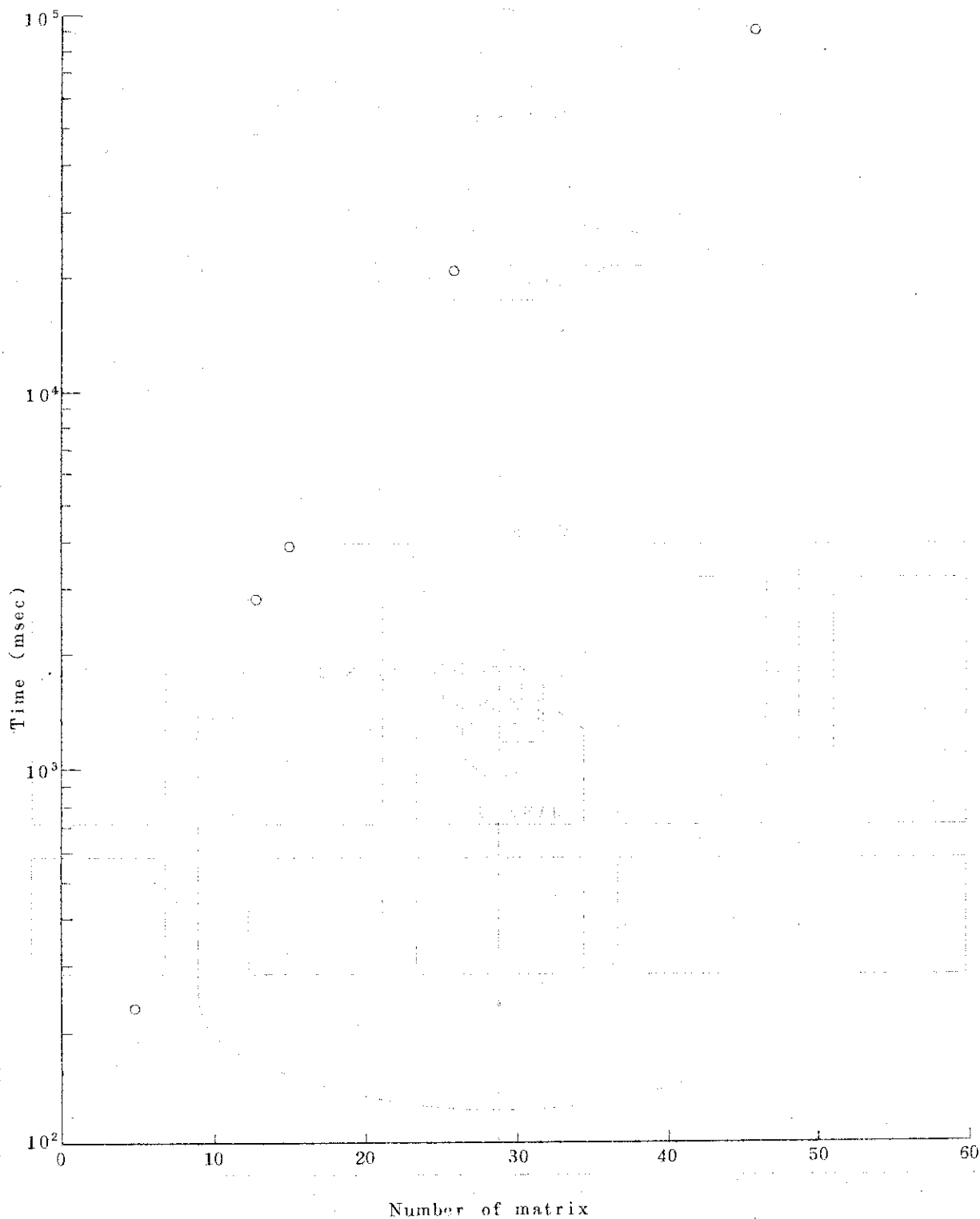


Fig. 3.4 Calculation time of eigen value problem (Jacobi threshold method)

EL. CENTRO 40NS

CALMAX = 180. (GAL)

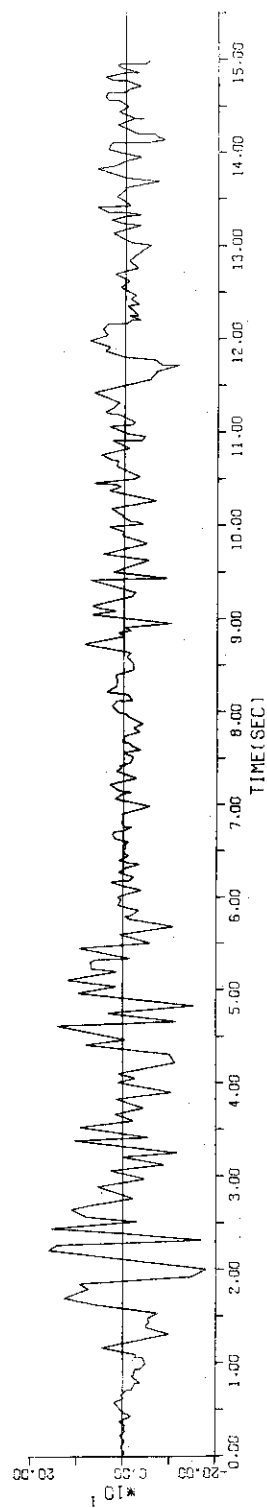


Fig. 3.4 (a) Seismic response of container (seismic wave)

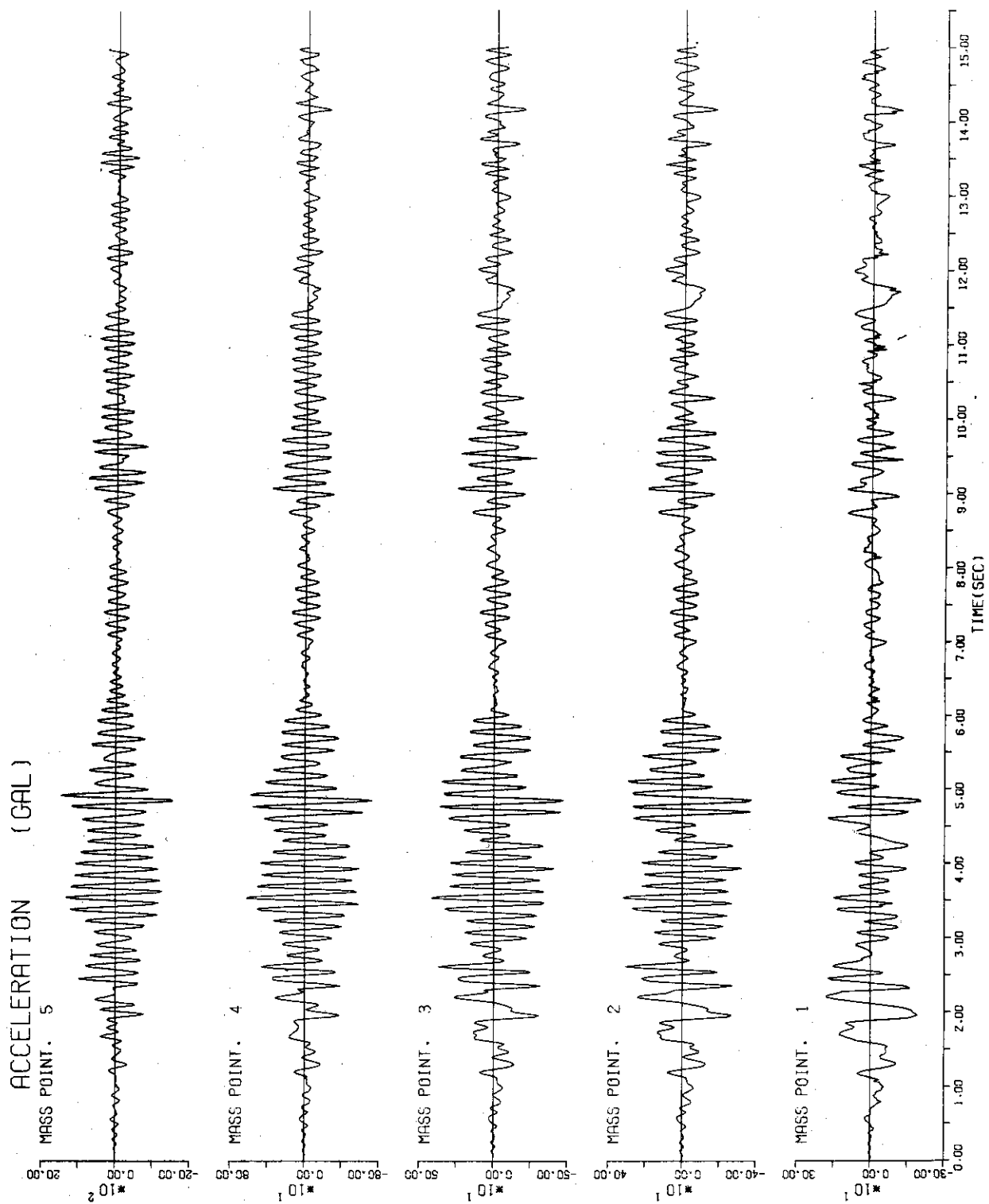


Fig.3.4 (b) Seismic response of container (response acceleration)

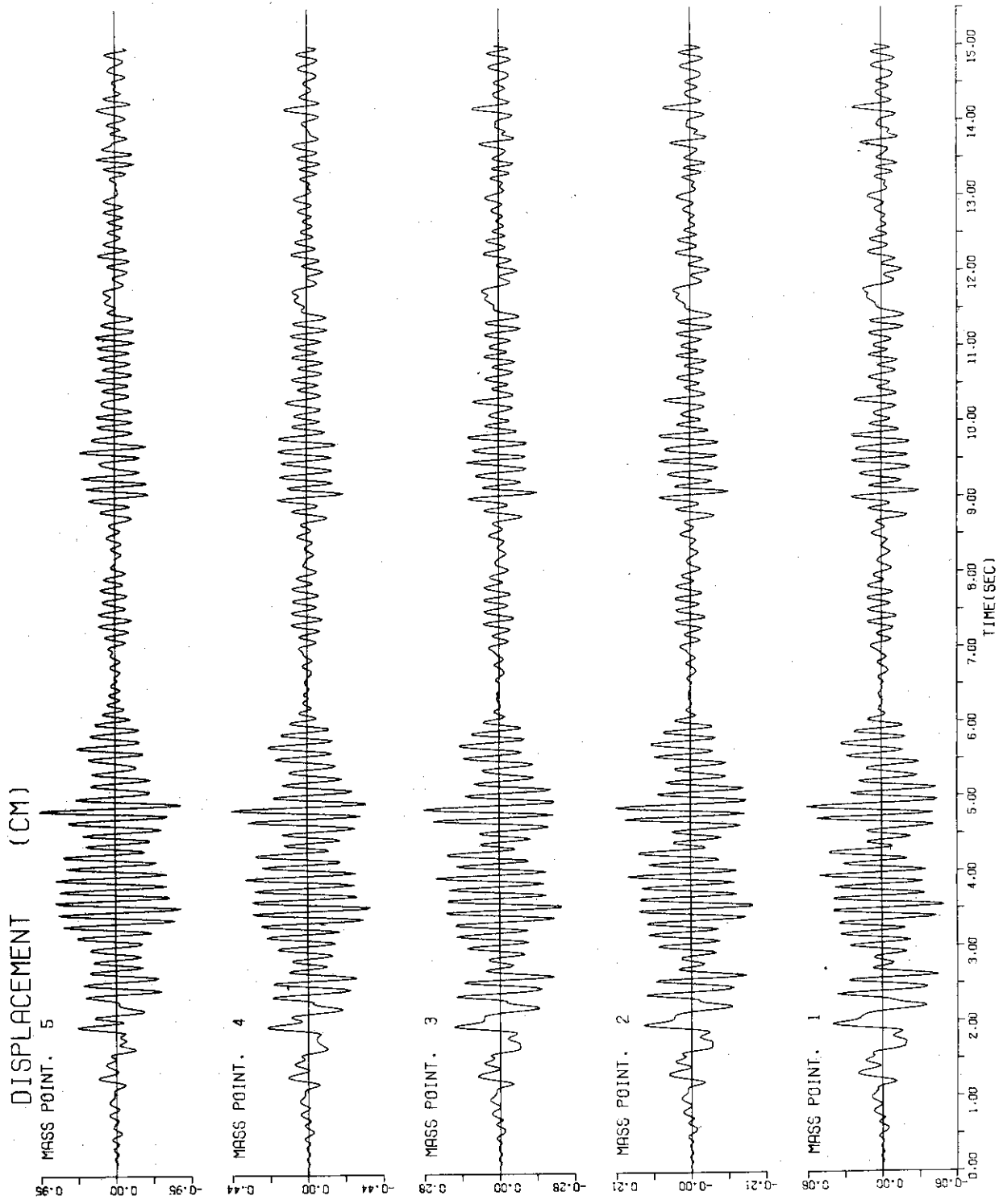


Fig. 3.4 (c) Seismic response of container (response displacement)

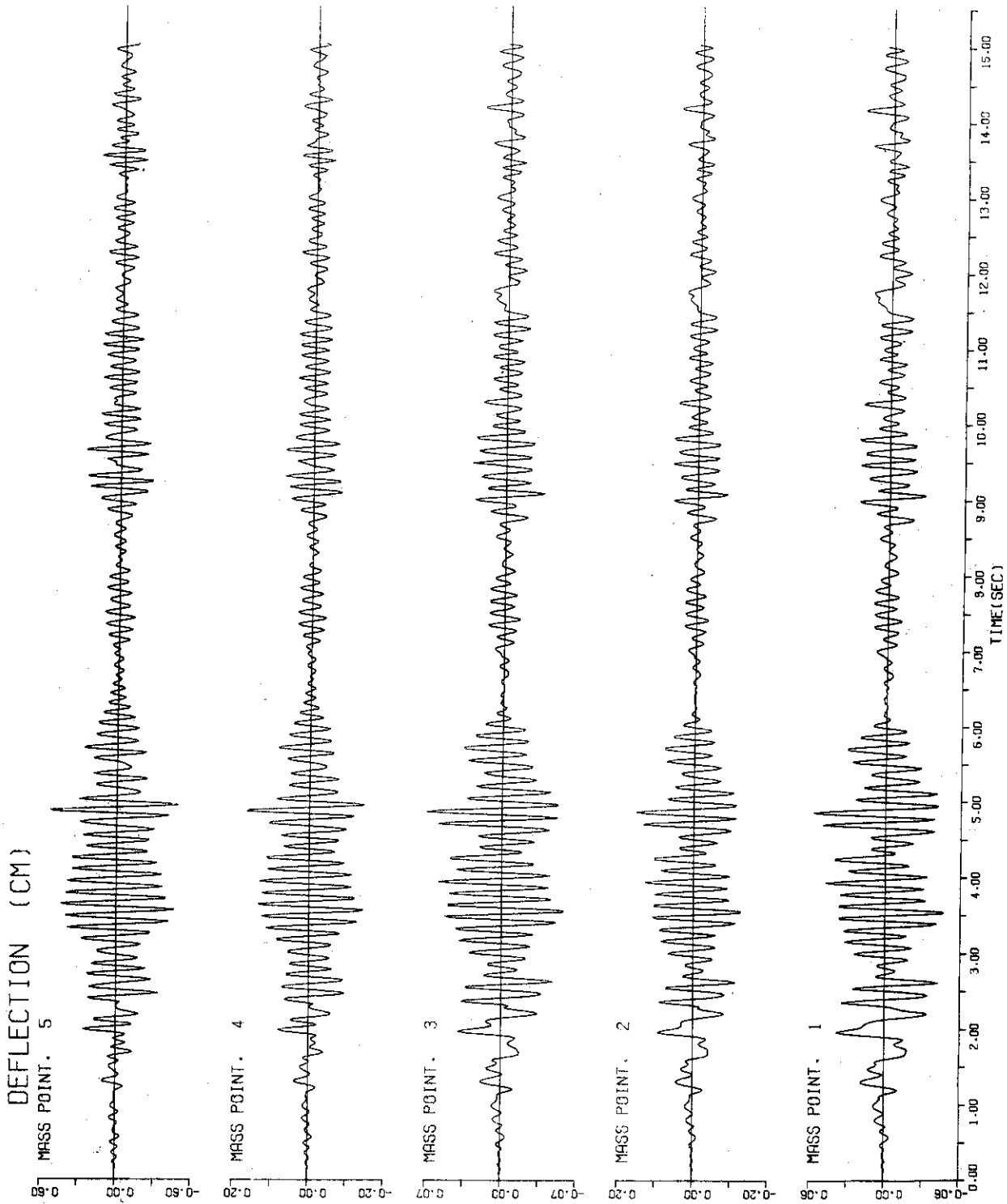


Fig. 3.4 (d) Seismic response of container (response deflection)

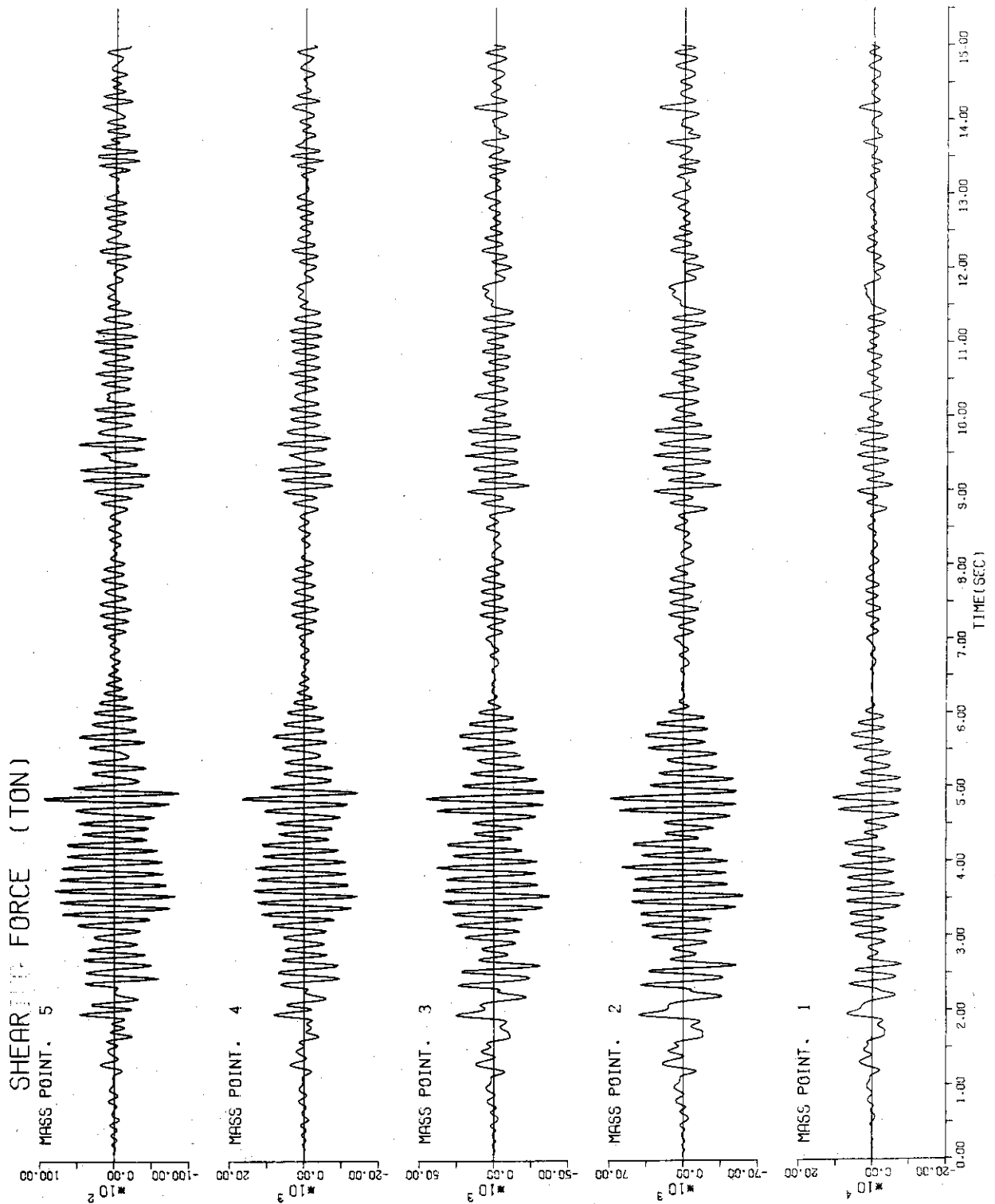


Fig. 3. 4 (e) Seismic response of container (response shear force)