

JAERI - M  
83-009

IMPAC 2-JR : 核燃料輸送容器の  
衝撃解析プログラム

1983年2月

幾島 毅・中里 力\*

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。  
入手の間合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Section, Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1983

編集兼発行 日本原子力研究所  
印刷 株式会社高野高速印刷

IMPAC 2-JR : 核燃料輸送容器の衝撃解析プログラム

日本原子力研究所東海研究所安全解析部

幾島 毅・中里 力\*

(1983年1月20日受理)

核燃料輸送容器の衝撃解析プログラム IMPAC 2-JR について、その解析手法、計算プログラムの内容、入力形式と出力形式について述べたものである。計算プログラムにおいて、容器は1次元モデルとし、集中質量、非線形スプリングモデルである。各時間ステップにおける変位、速度、加速度、応力について、くり返し計算法によって算出される。

IMPAC 2-JR は LASL の IMPAC 2 を単位系を SI 系に改定し、計算結果の図形処理プログラムを追加したものである。

---

\*外来研究員；日本情報サービス（株）

IMPAC2-JR: A Computer Program to Analyze Impact  
Response of Shipping Container

Takeshi IKUSHIMA and Chikara NAKAZATO\*

Division of Nuclear Safety Evaluation,  
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received January 20, 1983)

The report is provided for using a computer program, IMPAC2-JR, which is used to analyze the impact response of shipping containers. Descriptions are the mathematical model, method of analysis, structures of the program and the input and output variables. The program solves the equations of motion for a one-dimensional, lumped-mass and nonlinear spring model. The solution procedure uses an iterative technique for determining the displacement, velocity, acceleration and stress of the masses at the end of each time step.

IMPAC2-JR is a revised version of IMPAC2, which was developed by IASL. In IMPAC2-JR, SI dimension is used and graphical output is available.

KEYWORD: Shipping Container, Spent Fuel Cask, Computer Program, Impact analysis, One-dimensional impact analysis, Shipping Cask, Radioactive Material, Structural analysis, Nonlinear impact, Nonlinear analysis

---

\* On leave from Japan Information Service Ltd., Co.

## 目 次

1. 緒 言 .....	1
2. 計算モデルと計算手法 .....	2
2.1 計算モデル .....	2
2.2 計算手法 .....	2
3. 計算プログラム .....	3
3.1 計算プログラムの説明 .....	3
3.2 入力データ .....	4
3.2.1 計算と出力オプション .....	4
3.2.2 形状データ .....	4
3.2.3 材料データ .....	5
3.3 出力データ .....	6
3.3.1 プリンタによる出力 .....	6
3.3.2 プリンタによる図形出力 .....	7
3.3.3 グラフによる出力 .....	7
4. 計算例と計算値の収束条件 .....	8
4.1 計算例 .....	8
4.2 計算値の収束条件 .....	8
4.2.1 積分時間間隔 .....	8
4.2.2 空間的な収束条件 .....	9
5. 結 言 .....	9
参考文献 .....	9
付 録 .....	23

## Contents

1.	Introduction .....	1
2.	Calculation model and numerical method .....	2
2.1	Calculation model .....	2
2.2	Numerical method .....	2
3.	Computer program .....	3
3.1	Program descriptions .....	3
3.2	Input data .....	4
3.2.1	Calculation and output options .....	4
3.2.2	Geometrical data .....	4
3.2.3	Material data .....	5
3.3	Output data .....	6
3.3.1	Printer output .....	6
3.3.2	Printer graphics .....	7
3.3.3	Graphical output .....	7
4.	Calculation examples .....	8
4.1	Examples .....	8
4.2	Condition for convergences .....	8
4.2.1	Integral time step .....	8
4.2.2	Spatial convergence .....	9
5.	Conclusions .....	9
	References .....	9
	Appendix .....	23

## 1. 緒 言

我が国の軽水型原子炉による総発電量は全発電量の約10%の規模にもなり、これに伴ない使用済燃料の輸送の機会が増加している。使用済燃料輸送の安全性確認の一環として、輸送中に想定される事故、すなわち、衝突やその後の火災などに対して、輸送容器が健全であることを、試験および解析によって明らかにする必要がある。

衝突による輸送容器の健全性を確認するために落下衝撃試験が精力的に実施されているが、より一般的には計算手法の確立と計算プログラムの整備開発によって、計算によって構造解析が実施できることが望まれる。この目的のために、ロスアラモス国立研究所(LANL)、サンディア国立研究所(SNL)、米国電力研究所(EPRI)等において、IMPAC 2, SIC, CRUSHC, SHOCK, HONDO, STEALTH等が開発されている。また汎用の計算プログラムADINA, MARC, ANSYS, PISCES等も使用されている。

日本原子力研究所においても、軽水型原子炉施設の安全性研究の一環として、使用済核燃料輸送容器の衝撃解析用の計算プログラムの整備を1981年から実施することになった。そこで上記の計算プログラムの幾つかの整備を開始しており、そのうちのIMPAC 2<sup>(1),(2)</sup>の改良を実施したので報告する。

IMPAC 2は、LANLのDonham<sup>(3)</sup>らによって、核燃料輸送容器の衝撃応答解析のために開発されたものである。輸送容器の解析に便利な入力形式となっており、自動的にスプリング-質量系のモデルが作成される。また、材料データが計算プログラム中に組込まれている。計算モデルは1次元の集中質量系、非線形スプリングから構成されており、計算はくり返し法によって、各時間ステップの変位、速度、加速度、荷重計算が行われる。

IMPAC 2-JRはIMPAC 2の改良版であり、改良点は次の2点である。

- (1) 単位系はSI単位系に修正した。
- (2) 計算結果は、ラインプリンタとプロッタによって図形表示できるようにした。

本報告は、SHOCK-JRの計算モデル、計算手法、計算プログラムの説明、入力形式、出力形式および計算例を示したものである。

## 2. 計算モデルと計算手法

### 2.1 計算モデル

容器の動的解析のための計算モデルは Fig. 1 に示すように、ばね-集中質量モデルである。衝突面に平行に区切られた円筒を集中質量に置き換え、この質量間を非線形ばねで連結する。質点のばねによる力は容器材料の応力-ひずみ特性から決定される。各分割点の質量は、各分割点の上端に仮定される。ばねの長さは分割の厚さである。

集点の変位、速度、加速度の時刻歴応答値は、十分に小さい時間間隔において加速度が直線的に比例することを仮定して計算される。

### 2.2 計算手法

任意の時刻  $t_m$  における加速度を  $\ddot{x}(t_m)$  とすると、 $t_m \leq t \leq t_{m+1}$  内の時刻  $t$  における加速度は、

$$\ddot{x}(t) = \ddot{x}(t_m) + \frac{\ddot{x}(t_{m+1}) - \ddot{x}(t_m)}{t_{m+1} - t_m} (t - t_m) \quad (1)$$

となる。上式を時間について積分すると、時刻  $t$  における速度は

$$\dot{x}(t) = \dot{x}(t_m) (t - t_m) + \frac{\ddot{x}(t_{m+1}) - \ddot{x}(t_m)}{2(t_{m+1} - t_m)} (t - t_m)^2 + \dot{x}(t_m) \quad (2)$$

となる。さらに、積分すると、変位は

$$x(t) = \frac{\ddot{x}(t_m)(t - t_m)^2}{2} + \frac{\{\ddot{x}(t_{m+1}) - \ddot{x}(t_m)\}(t - t_m)^3}{6(t_{m+1} - t_m)} + \dot{x}(t_m)(t - t_m) + x(t_m) \quad (3)$$

時刻  $t_{m+1}$  における質点  $M_i$  の変位が判れば、ばね力または質点の力  $F_i$  が決定される。

$$F_i(t_{m+1}) = M \ddot{x}(t_{m+1}) \quad (4)$$

Newmark- $\beta$ 法が、変位、速度、加速度の計算のために使用される。

### 3. 計算プログラム

#### 3.1 計算プログラムの説明

計算プログラム IMPAC 2 は1次元衝突解析のためのものであり、輸送容器の解析モデルは Fig. 2.a に示すように一般化される。このような形状データは Fig. 2.b に示すように計算プログラム内で、計算プログラムに適合するようなデータに変換される。傾斜した円筒は体積の等価な垂直な円筒に Fig. 2.c のように変換される。傾斜した円筒と等価な円筒の高さは同じである。しかし、衝突様式は端部衝突(90°)である。計算プログラム内では2つの変形モデルが使用できるが、両方のモデルにおいても、輸送容器の衝突方向にかかわらず、輸送容器の軸に沿って等価な分割の変形を仮定する。この仮定は、端部衝突および角-重心衝突に対して妥当である。他の多くの衝突形式に対しては大きな近似である。なぜならば、実際の輸送容器では局所的な変形は、輸送容器が回転始める前に衝突点で起るからである。

計算プログラム IMPAC 2 の各分割の1軸運動は、垂直軸に直角な面に衝突して起る。任意の分割内では、垂直方向の変形とひずみは同一である。各円筒の垂直方向の応力は使用材料の応力-ひずみ式から計算される。各分割内の応力は、各円筒の合成力と等価面積から得られる。個々の分割円筒内の力は分割内の合成垂直力を決めるために加え合わされる。各分割の質量は分割の境界に存在すると考えるので、質点に働く力は隣接する分割点の力によって生じる。すべての平面で同一変形を仮定することは、隣接する円筒間で溶着接触することを意味する。完全な溶着接触は実際には存在しないので、この変形モデルの仮定は、実際の輸送容器の2次元あるいは3次元の応力状態の考慮を防げる。もし、遮蔽体が相対的に硬い材料、例えば減損ウランのようなものであれば、溶着接触は好ましい仮定であろう。しかしながら、計算プログラム内で用意されている変形モデルは鉛に対して良く適合する。鉛は遮蔽材料として一般的であるし、相対的に剛性が低い。

第2番目の変形モデルは、鉛クラッド材料について使用される。鉛遮蔽は外側シェルとともにクラッドと考えられ、これらは質量がないものとして取り扱われる。外側シェルは、半径方向の慣性と同様に、シェルの曲げ、軸方向とせん断力の抵抗を無視した円筒の膜換素としてふるまうと仮定する。

外側シェルの内面と鉛分割の外側シェル間に生じる圧力  $P$  (Fig. 2.e) はシェル内の周方向応力  $\sigma_c$  に関連して、材料力学から次の式によって求められる。

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{H}{R} \sigma_c, \\ \sigma_c &= P \frac{R}{H} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ここで、 $H$ ：シェルの厚さ

$R$ ：シェルの平均半径

である。鉛は変形においても体積を一定に保ち、分割の半径方向と周方向ひずみを軸方向ひずみの負

の  $1/2$  とする。このように、 $\sigma_c$  は外側シェル材料の構成方程式を使用することによって軸方向応力から計算される（計算プログラムでは、外側シェル材料に対して、弾完全塑性応力-ひずみ曲線としてだけ使用される）。これらの仮定は、最初に Donham<sup>(1)</sup> によってなされたが、鉛内の軸方向応力に対する平均応力として軸方向ひずみに関連する圧縮応力  $P$  に付加することによって、鉛の半径方向の運動に及ぼす外側シェルの拘束効果を考慮しようとした。軸方向の応力  $P'$  は、鉛それ自身の非線形軸方向の応力-ひずみ関係式から計算される。

### 3.2 入力データ

入力データは、最初のタイトル以外はすべて、標準のフォートランの Namelist によって処理される。最初のデータカードは、タイトルカードに続き、第2カラムの“&”から始まる。データとデータの分離はコンマであり、終りの“&”を読み込むまで続く。入力データには標準データが組込まれており、新しいデータが入力されない限り、組込み標準データが使用される。データは次の4種類の形式である。

- (1)  $v = c$
- (2)  $a = d_1, d_2, \dots, d_j$
- (3)  $a(n) = d_1, d_2, \dots, d_m$
- (4)  $a(m, n) = d_1, d_2, \dots, d_e$

ここで、 $v$  は変数名、 $c$  は定数、 $a$  は行列名、 $m, n$  は添字である。 $d$  は一個または  $k \times C$  の形式で繰り返して定数を入力できる。 $k$  は繰り返し数である。

入力データは3種類に分類されている。

- (1) 計算と出力に関するオプションデータ
- (2) 形状データ
- (3) 材料データ

#### 3.2.1 計算と出力オプション

- TDELTA : 計算時間刻み, 標準組み込み値  $10^{-5}$  s。
- TPRT : 計算結果出力間隔時間, 標準組み込み値 0.1 s。
- VELOCT : 容器の初期速度, 標準組み込み値 13.3 m/s。
- ITP : 応力-時刻歴の計算結果出力点の番号。ITP = 0 の場合計算結果出力なし。
- TTT : 最大許容ひずみ, 標準組み込み値 0.35。
- TEND : 計算終了時間, 標準組み込み値 0.1 s。計算は、すべてのばねの全永久変形が最大に到するか、あるいは計算時刻が TEND になれば終了する。もし、TEND が標準組み込み値ならば、衝突点から最も遠い要素の全変形（弾性と塑性）は規定の値へ減少する。

#### 3.2.2 形状データ

容器は Fig. 3 に示すように軸対称円筒形状であれば、形状寸法は自動的に計算される。円筒の半径、高さ、衝突角度を与えれば、衝突面に平行な等価円筒の半径や高さが、任意の衝突角度に対し

て計算される。

NFLS : 高さ方向の分割数, 最大100。

CYL RAD : 円筒の半径方向分割の半径, 最大5, 外径の円筒は常に5番目である。

HEIGHT : CYL RADに対する分割円筒の高さ。

ANGLE : 容器の中心軸と衝突面の角度, 標準値は90°。

自動分割ルーチンの結果は, 各分割の半径, 厚さの入力データによって修正できる。これらのパラメータは次のように定義される。

NELEM2 : 新しい分割の数で  $NELEM2 < NFLS$ 。この変数による分割数を再定義することによって, 分割数を削除できる。

THICK : Fig. 4 に示すように, 分割層の厚さで最大100分割まで。

RADIUS : Fig. 4 に示すように, 半径。

### 3.2.3 材料データ

現在のバージョンでは, 計算プログラム内には10種類の異なる材料が使用できる。次の7種類の材料物性が計算プログラム内に用意されている。

- (1) 鋼
- (2) 鉛クラッド
- (3) ウラン
- (4) 松
- (5) 鉛
- (6) バルサ
- (7) 耐海水合板

材料(1), (3), (4), (6)の応力-ひずみ特性は二直線近似されている。7種類の応力-ひずみ特性は多項式近似される。鉛クラッドと鉛の構成方程式は

$$\sigma = P_1 [ 1 + P_2 (\dot{\epsilon})^{P_3} ] (\epsilon)^{P_4} \quad (6)$$

が組込まれており, ここで,

$\sigma$  : 真の動的軸応力

$\epsilon$  : ひずみ

$\dot{\epsilon}$  : ひずみ速度

この形の式は Slater ら<sup>(6)</sup>によって, Fig. 5 に示すように鉛円筒の短時間動的圧縮試験結果を修正して使用された。式(6)の平均値は,

$$P_1 = 2.79 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 0.004$$

$$P_3 = 0.66$$

$$P_4 = 0.44$$

であり, 室温において, 材料はひずみ速度250 (1/s)までひずみ速度に対して鋭敏ではない。

Donham<sup>(1)</sup> は直径0.305 m, 高さ0.914 mの円筒の9.14 m落下に対して Fig. 6 に示すよ

うに次の値を得ている。

$$P_1 = 4.65 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 0.0004$$

$$P_3 = 2.0$$

$$P_4 = 0.44$$

Kern と Merson<sup>(2)</sup> は  $P_2 = 0.0004$  とした以外は上記の値を使用した。しかし、これらを使用することによって、計算値と実験値が数%以内で良く合うが、計算された応力値は過大である。ひずみ速度が約 100 (1/s) に対して、 $P_3 = 0.66$  の代りに 2.0 とするとさらに大きくなる。

ORNL の実験<sup>(5)</sup> によると適切な係数は

$$P_1 = 4.82 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 0.0004$$

$$P_3 = 0.66$$

$$P_4 = 0.44$$

である。標準の組み込み値は

$$P_1 = 4.82 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 0.0004$$

$$P_3 = 0.66$$

$$P_4 = 0.44$$

であり、これらは容易に変更できる。

MATNO : 材料データの認識行列。MATNO ( 5, NFLS )。MATNO データは常に必要である。

EMOD : 材料の弾性係数。組み込み標準データは Table 1 に示す。

EMOD 2 : 材料の硬化係数。組み込み標準データは零であり、この場合、材料は弾完全塑性である。

STRS 1 2 : 材料の応力-ひずみ特性を二直線近似した場合の材料の降伏応力。STRS 1 2 が STRMX と同一の場合、材料は弾完全塑性である。組み込み標準データは零である。

STRMX : 材料の最大圧縮応力。組み込み標準データは Table 1 に与えられている。

DENS : 材料の密度。組み込み標準データは Table 1 に与えられている。

材料番号 2 のクラッド材では、厚さ、弾性係数、降伏応力のデータが必要であり、この目的のため、次のパラメータが使用される。

STLCLT : 分割におけるクラッドの厚さ。組み込み標準データは零である。

ESTCLD : クラッドの弾性係数。組み込み標準データは鋼として  $2.07 \times 10^{11}$  Pa である。

YSTCL : クラッドの降伏応力。組み込み標準データは鋼として  $5.16 \times 10^8$  Pa である。

### 3.3 出力データ

#### 3.3.1 プリンタ出力

計算結果はTPRTごとに出力される。計算結果として出力されるデータは次のとおりである。

- (1) 入力データ
- (2) 質点間距離
- (3) 円筒の半径
- (4) 各質点の質量
- (5) 荷 重
- (6) ひずみ速度
- (7) 加速度（下向きが正で単位 G）
- (8) 速度（下向きが正）
- (9) 永久変形（圧縮が正）
- (10) 残留エネルギー
- (11) 全ひずみ
- (12) 円筒外周の応力（圧縮が負）

単位系はSI単位とする。クラッド材料を使用した場合、圧縮応力は別の頁の PRESSURE の項に整理される。

### 3.3.2 プリンタによる図形出力

計算結果はプリンタによって図形出力できる。図形出力は、決められた時間ステップ T P R T における輸送容器の軸方向に沿って計算値の分布図および決められた軸方向位置 I T P における時刻歴応答図である。図形出力する場合の入力データは次のとおりである。

I P R P L T : プリンタによる図形出力をする。

I P R P L A : 応 力

I P R P L B : 荷 重

I P R P L C : 加速度

I P R P L D : 速 度

I P R P L E : 永久変形量

I P R P L F : ひずみ

I P R P L G : ひずみ速度

I P R P L H : 全永久変形量

I P R P L I : 衝突エネルギー

I P R P L K : 直径変形

これらの入力データが1の場合のみ図形出力する。

### 3.3.3 グラフによる出力

計算結果はプロッタ、COM、レザプリンタによってグラフにされ出力できる。図形出力は、決められた時間ステップ T P R T における輸送容器の軸方向に沿って計算値の分布図および決められた軸方向位置 I T P における時刻歴応答図である。図形出力する場合の入力データは次のとおりである。

I P L P L T : グラフによる出力をする。

I P L P L A : 応 力

I P L P L B : 荷 重

IPLPLC: 加速度  
 IPLPLD: 速度  
 IPLPLE: 永久変形量  
 IPLPLF: ひずみ  
 IPLPLG: ひずみ速度  
 IPLPLH: 全永久変形量  
 IPLPLI: 衝突エネルギー  
 IPLPLK: 直径変形

これらの入力データが1の場合のみ図形出力する。

## 4. 計算例と計算値の収束条件

### 4.1 計算例

計算プログラム IMPAC 2 の計算例3種類を以下に示す。

最初の例題は Fig. 7 に示すような鉛遮蔽、鋼製被覆された輸送容器の落下衝突解析である。輸送容器の寸法、材料定数は以下のとおりである。

内 径	0.138 m
外 径	0.391 m
内側全長	3.810 m
外側全長	4.318 m
外装鋼厚さ	0.0127 mm
外装降伏応力	$5.516 \times 10^8$ (Pa)
長手方向分割	38分割
積分時間間隔	$5 \times 10^{-6}$ (s)

入力データは Table 2 に、計算結果は Table 3 および 4 にそれぞれ示されている。

第2番目の計算例は、第1の計算例の輸送容器に衝撃吸収材（衝撃リミッタ）のバルサ材を容器下部に取り付けた場合の自由落下応答解析である。リミッタの厚さは0.568mで5分割する。この問題の入力データは Table 2 に、計算結果は Table 5 および 6 にそれぞれ示されている。Fig. 8 は容器の下部から7番目の要素における応力履歴図である。

第3番目の計算例は、第2の計算例において、リミッタを単一要素としたものであり、この問題の入力データは Table 2 に、計算結果は Table 7 および 8 にそれぞれ示されている。第2と第3の問題の計算結果は、ほとんど同一となっている。

### 4.2 計算値の収束条件

#### 4.2.1 積分時間間隔

積分時間間隔 TDELTA が入力データにおいて省略されたときの値は  $10^{-5}$  秒であり、これ

IPLPLC: 加速度  
 IPLPLD: 速度  
 IPLPLE: 永久変形量  
 IPLPLF: ひずみ  
 IPLPLG: ひずみ速度  
 IPLPLH: 全永久変形量  
 IPLPLI: 衝突エネルギー  
 IPLPLK: 直径変形

これらの入力データが1の場合のみ図形出力する。

## 4. 計算例と計算値の収束条件

### 4.1 計算例

計算プログラム IMPAC 2 の計算例3種類を以下に示す。

最初の例題は Fig. 7 に示すような鉛遮蔽、鋼製被覆された輸送容器の落下衝突解析である。輸送容器の寸法、材料定数は以下のとおりである。

内 径	0.138 m
外 径	0.391 m
内側全長	3.810 m
外側全長	4.318 m
外装鋼厚さ	0.0127 mm
外装降伏応力	$5.516 \times 10^8$ (Pa)
長手方向分割	38分割
積分時間間隔	$5 \times 10^{-6}$ (s)

入力データは Table 2 に、計算結果は Table 3 および 4 にそれぞれ示されている。

第2番目の計算例は、第1の計算例の輸送容器に衝撃吸収材（衝撃リミッタ）のバルサ材を容器下部に取り付けた場合の自由落下応答解析である。リミッタの厚さは0.568mで5分割する。この問題の入力データは Table 2 に、計算結果は Table 5 および 6 にそれぞれ示されている。Fig. 8 は容器の下部から7番目の要素における応力履歴図である。

第3番目の計算例は、第2の計算例において、リミッタを単一要素としたものであり、この問題の入力データは Table 2 に、計算結果は Table 7 および 8 にそれぞれ示されている。第2と第3の問題の計算結果は、ほとんど同一となっている。

### 4.2 計算値の収束条件

#### 4.2.1 積分時間間隔

積分時間間隔 TDELTA が入力データにおいて省略されたときの値は  $10^{-5}$  秒であり、これ

は、ほとんどの問題に対して時間的な収束をする。計算プログラム内部では、各反復計算において加速度値の収束が1%以下となっている。もし、この基準が10回の反復後に満たされない場合には、10回目の反復で計算される加速度の値が使用される。

#### 4.2.2 空間的な収束

Fig. 9 は要素分割数を10, 30, 100とした場合の応力応答値であり、30分割でも十分な解が得られていることが判る。

## 5. 結 言

核燃料輸送容器の詳細な衝撃解析は、形状から考慮すると3次元問題であり、材料特性から考慮すれば非線形問題となり、3次元非線形問題を取り扱える計算プログラムは限られている上に、計算費用が莫大である。そこで、IMPAC 2 のように、概略の計算を実行する場合には、1次元非線形解析プログラムは、低費用という意味で有効である。

## 参 考 文 献

- (1) B. J. Donham, "Prediction of Maximum Damage to Shielded Shipping Containers," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-4649 (June 1971).
- (2) E. A. Kern and J. L. Merson, "Users Manual for IMPAC1-- A Lumped Mass Nonlinear Spring Computer Program to Analyze Shipping Containers Subjected to Impact," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-5344-MS (August 1973).
- (3) L. R. Fuka, "Theory of IMPAC1--Analysis of Impact Loaded Radioactive Material Shipping Containers," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-5443-MS (July 1973).
- (4) J. Counts and J. B. Payne, "Evaluation of Analysis Methods for Type B Shipping Container Impact Problems," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-6440-MS (January 1977).
- (5) J. Counts and J. B. Payne, "Comparison of Predicted and Measured Drop Test Responses of Type B Shipping Containers," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-6642-M (January 1977).
- (6) R. A. C. Slater, W. Johnson, and S. Y. Aku, "Experiments in the Fast Upsetting of Short Pure Lead Cylinders and a Tentative Analysis," Intern, J. Mech. Sci. 10, 169-186 (1968).
- (7) W. Goldsmith, Impact, (Edward Arnold, Ltd., London, 1960), p. 161.

は、ほとんどの問題に対して時間的な収束をする。計算プログラム内部では、各反復計算において加速度値の収束が1%以下となっている。もし、この基準が10回の反復後に満たされない場合には、10回目の反復で計算される加速度の値が使用される。

#### 4.2.2 空間的な収束

Fig. 9 は要素分割数を10, 30, 100とした場合の応力応答値であり、30分割でも十分な解が得られていることが判る。

## 5. 結 言

核燃料輸送容器の詳細な衝撃解析は、形状から考慮すると3次元問題であり、材料特性から考慮すれば非線形問題となり、3次元非線形問題を取り扱える計算プログラムは限られている上に、計算費用が莫大である。そこで、IMPAC 2 のように、概略の計算を実行する場合には、1次元非線形解析プログラムは、低費用という意味で有効である。

## 参 考 文 献

- (1) B. J. Donham, "Prediction of Maximum Damage to Shielded Shipping Containers," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-4649 (June 1971).
- (2) E. A. Kern and J. L. Merson, "Users Manual for IMPAC1— A Lumped Mass Nonlinear Spring Computer Program to Analyze Shipping Containers Subjected to Impact," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-5344-MS (August 1973).
- (3) L. R. Fuka, "Theory of IMPAC1—Analysis of Impact Loaded Radioactive Material Shipping Containers," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-5443-MS (July 1973).
- (4) J. Counts and J. B. Payne, "Evaluation of Analysis Methods for Type B Shipping Container Impact Problems," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-6440-MS (January 1977).
- (5) J. Counts and J. B. Payne, "Comparison of Predicted and Measured Drop Test Responses of Type B Shipping Containers," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-6642-M (January 1977).
- (6) R. A. C. Slater, W. Johnson, and S. Y. Aku, "Experiments in the Fast Upsetting of Short Pure Lead Cylinders and a Tentative Analysis," Intern. J. Mech. Sci. 10, 169-186 (1968).
- (7) W. Goldsmith, Impact, (Edward Arnold, Ltd., London, 1960), p. 161.

は、ほとんどの問題に対して時間的な収束をする。計算プログラム内部では、各反復計算において加速度値の収束が1%以下となっている。もし、この基準が10回の反復後に満たされない場合には、10回目の反復で計算される加速度の値が使用される。

#### 4.2.2 空間的な収束

Fig. 9 は要素分割数を10, 30, 100とした場合の応力応答値であり、30分割でも十分な解が得られていることが判る。

## 5. 結 言

核燃料輸送容器の詳細な衝撃解析は、形状から考慮すると3次元問題であり、材料特性から考慮すれば非線形問題となり、3次元非線形問題を取り扱える計算プログラムは限られている上に、計算費用が莫大である。そこで、IMPAC 2 のように、概略の計算を実行する場合には、1次元非線形解析プログラムは、低費用という意味で有効である。

## 参 考 文 献

- (1) B. J. Donham, "Prediction of Maximum Damage to Shielded Shipping Containers," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-4649 (June 1971).
- (2) E. A. Kern and J. L. Merson, "Users Manual for IMPAC1— A Lumped Mass Nonlinear Spring Computer Program to Analyze Shipping Containers Subjected to Impact," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-5344-MS (August 1973).
- (3) L. R. Fuka, "Theory of IMPAC1—Analysis of Impact Loaded Radioactive Material Shipping Containers," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-5443-MS (July 1973).
- (4) J. Counts and J. B. Payne, "Evaluation of Analysis Methods for Type B Shipping Container Impact Problems," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-6440-MS (January 1977).
- (5) J. Counts and J. B. Payne, "Comparison of Predicted and Measured Drop Test Responses of Type B Shipping Containers," Los Alamos Scientific Laboratory report LA-6642-M (January 1977).
- (6) R. A. C. Slater, W. Johnson, and S. Y. Aku, "Experiments in the Fast Upsetting of Short Pure Lead Cylinders and a Tentative Analysis," Intern. J. Mech. Sci. 10, 169-186 (1968).
- (7) W. Goldsmith, Impact, (Edward Arnold, Ltd., London, 1960), p. 161.

Table 1 Default values for material properties

Material	Type	Modulus of elasticity (Pa)	Maximum stress (Pa)	Mass density (kg/m <sup>3</sup> )
Steel	1	$20.7 \times 10^{10}$	$37.9 \times 10^7$	7850.0
Clad lead	2	$0.827 \times 10^{10}$	$3.45 \times 10^7$	11338.0
Uranium	3	$17.9 \times 10^{10}$	$33.3 \times 10^7$	18826.5
Pine wood	4	$0.668 \times 10^{10}$	$1.65 \times 10^7$	406.5
Lead	5	$0.827 \times 10^{10}$	$3.45 \times 10^7$	11338.0
Balsa wood	6	$0.289 \times 10^{10}$	$0.86 \times 10^7$	128.0
Marine plywood	7	$0.689 \times 10^{10}$	$1.08 \times 10^7$	492.1

Table 2 Input data for sample problems

1	.....1.....*	2.....*	3.....*	4.....*	5.....*	6.....*	7.....*	8.....*	
2	SAMPLE PROBLEM 1.	END-ON DROP,NO	IMPACT LIMITER.						1
3	&DATA NFLS=38,CYL	RAD(4)=0.136525,	CYL RAD(5)=0.390525,						2
4	HEIGHT(4)=3.81,	HEIGHT(5)=4.3179875,							3
5	MATNO(1,5)=38*2,	STLCLT(1)=38*0.0127,							4
6	TPRT=0.01,TEND=1.05E-2,	TDELTA=5.E-6,ITP=1,&END							5
	.....1.....*	2.....*	3.....*	4.....*	5.....*	6.....*	7.....*	8.....*	6
1	.....1.....*	2.....*	3.....*	4.....*	5.....*	6.....*	7.....*	8.....*	
2	SAMPLE PROBLEM 2.	END ON DROP WITH	IMPACT LIMITER.						1
3	&DATA NFLS=48,CYL	RAD(4)=0.136525,	CYL RAD(5)=0.390525,						2
4	HEIGHT(4)=3.81,	HEIGHT(5)=5.4543,ITP=6,							3
5	MATNO(1,5)=5*6,	MATNO(6,5)=38*2,MATNO(4,5)=5*6,							4
6	STLCLT(6)=38*0.0127,	YSTCL=5.16E8,STRS12(6)=8.61E7,							5
	NELEM2=43,TEND=1.05E-2,&END								6
	.....1.....*	2.....*	3.....*	4.....*	5.....*	6.....*	7.....*	8.....*	
1	.....1.....*	2.....*	3.....*	4.....*	5.....*	6.....*	7.....*	8.....*	
2	SAMPLE PROBLEM 3.	END ON DROP WITH	IMPACT LIMITER.						1
3	&DATA NFLS=40,CYL	RAD(4)=0.136525,	CYL RAD(5)=0.390525,						2
4	HEIGHT(4)=3.81,	HEIGHT(5)=4.54525,ITP=3,							3
5	MATNO(1,5)=6,	MATNO(2,5)=38*2,MATNO(4,5)=6,							4
6	STLCLT(2)=38*0.0127,	YSTCL=5.16E8,STRS12(6)=8.61E7,							5
	THICK(1)=0.5681563,NELEM2=39,	TEND=1.05E-2,&END							6
	.....1.....*	2.....*	3.....*	4.....*	5.....*	6.....*	7.....*	8.....*	

Table 3 Initial geometry and masses for sample problem 1

SLICE	HEIGHT	VOLUME	AREA	RADIUS	WEIGHT	MASS	RING 1	RING 2	RING 3	RING 4	CLADDING
1	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270
2	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270
3	0.114	0.049	0.434	0.372	5.484D+03	5.596D+02	0	0	0	2	0.01270
4	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
5	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
6	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
7	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
8	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
9	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
10	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
11	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
12	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
13	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
14	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
15	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
16	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
17	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
18	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
19	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
20	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
21	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
22	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
23	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
24	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
25	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
26	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
27	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
28	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
29	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
30	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
31	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
32	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
33	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
34	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
35	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
36	0.114	0.049	0.434	0.372	5.484D+03	5.596D+02	0	0	0	2	0.01270
37	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270
38	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270

TOTAL HEIGHT = 4.31799  
 TOTAL VOLUME = 1.84575  
 TOTAL WEIGHT = 2.0508572D+05

- 1 = STEEL
- 2 = CLAD LEAD
- 3 = URANIUM
- 4 = PONDEROSA PINE
- 5 = LEAD
- 6 = Balsa
- 7 = MARINE PLYWOOD

Table 4 Output of calculated variables for sample problem 1

SAMPLE PROBLEM 1. END-ON DROP-NO IMPACT LIMITER.  
 TIME = 0.0105050  
 INPUT ENERGY = 1845336.10

SLICE	THICK	O.R.	MASS	FORCE	STRAIN RATE	ACCELERATION	VELOCITY	PERM SET	ENERGY	STRAIN	STRESS
1	0.1040	0.4082	6.173D+02	-1.525D+07	0.0	11.	0.00	0.009643	3.532D+04	0.088380185	-2.912D+07
2	0.1063	0.4038	6.173D+02	-1.531D+07	0.1	-10.	-0.01	0.007358	5.520D-02	0.068369085	-2.989D+07
3	0.1048	0.3871	5.596D+02	-1.525D+07	0.1	6.	0.00	0.008790	1.887D-05	0.081275011	3.240D+07
4	0.1041	0.3824	5.418D+02	-1.528D+07	0.1	1.	-0.01	0.009581	5.054D-02	0.088336975	3.328D+07
5	0.1041	0.3822	5.418D+02	-1.529D+07	0.1	-4.	0.00	0.009495	5.178D-04	0.087591505	3.331D+07
6	0.1042	0.3821	5.418D+02	-1.526D+07	0.1	-2.	0.01	0.009454	4.175D-02	0.087219374	3.327D+07
7	0.1042	0.3821	5.418D+02	-1.526D+07	0.2	-1.	0.04	0.009425	3.905D-01	0.086968189	3.326D+07
8	0.1043	0.3820	5.418D+02	-1.525D+07	0.9	-25.	0.13	0.009378	4.442D+00	0.086552022	3.326D+07
9	0.1047	0.3812	5.418D+02	-1.511D+07	7.2	-112.	0.88	0.008939	2.085D+02	0.082670307	3.311D+07
10	0.1060	0.3788	5.418D+02	-1.522D+07	14.6	-175.	2.43	0.007641	1.597D+03	0.071138902	3.220D+07
11	0.1078	0.3757	5.418D+02	-1.359D+07	16.4	-181.	4.19	0.005889	4.764D+03	0.055533710	3.063D+07
12	0.1094	0.3730	5.418D+02	-1.263D+07	14.0	-157.	5.72	0.004281	8.873D+03	0.041168088	2.889D+07
13	0.1106	0.3709	5.418D+02	-1.179D+07	10.6	-129.	6.90	0.003044	1.289D+04	0.030086144	2.729D+07
14	0.1115	0.3694	5.418D+02	-1.111D+07	7.5	-125.	7.73	0.002149	1.620D+04	0.022048030	2.591D+07
15	0.1122	0.3682	5.418D+02	-1.044D+07	0.2	-392.	7.76	0.001434	1.631D+04	0.015585162	2.452D+07
16	0.1128	0.3672	5.418D+02	-8.361D+06	0.6	-339.	7.69	0.000839	1.601D+04	0.009767745	1.973D+07
17	0.1132	0.3666	5.418D+02	-6.560D+06	2.0	-267.	7.46	0.000467	1.507D+04	0.005987097	1.553D+07
18	0.1133	0.3663	5.418D+02	-5.142D+06	1.7	-278.	7.27	0.000282	1.430D+04	0.003957254	1.220D+07
19	0.1134	0.3663	5.418D+02	-3.667D+06	0.4	-190.	7.22	0.000281	1.414D+04	0.003525261	8.698D+06
20	0.1134	0.3663	5.418D+02	-2.657D+06	0.5	-58.	7.28	0.000280	1.435D+04	0.003228638	6.301D+06
21	0.1134	0.3663	5.418D+02	-2.349D+06	1.1	21.	7.40	0.000279	1.483D+04	0.003133739	5.572D+06
22	0.1134	0.3663	5.418D+02	-2.462D+06	1.2	-42.	7.54	0.000279	1.540D+04	0.003158898	5.840D+06
23	0.1134	0.3663	5.418D+02	-2.240D+06	0.2	-106.	7.56	0.000278	1.549D+04	0.003087540	5.514D+06
24	0.1134	0.3663	5.418D+02	-1.680D+06	0.0	-77.	7.56	0.000277	1.549D+04	0.002918239	3.985D+06
25	0.1134	0.3663	5.418D+02	-1.271D+06	0.6	28.	7.63	0.000276	1.576D+04	0.002790674	3.014D+06
26	0.1134	0.3663	5.418D+02	-1.417D+06	1.0	-54.	7.75	0.000274	1.626D+04	0.002820611	3.362D+06
27	0.1134	0.3663	5.418D+02	-1.131D+06	0.6	-71.	7.68	0.000273	1.597D+04	0.002724686	2.683D+06
28	0.1134	0.3663	5.418D+02	-7.538D+05	0.7	32.	7.75	0.000271	1.628D+04	0.002602040	1.788D+06
29	0.1134	0.3663	5.418D+02	-9.224D+05	0.4	-50.	7.80	0.000269	1.648D+04	0.002635854	2.188D+06
30	0.1134	0.3663	5.418D+02	-6.544D+05	0.5	-44.	7.75	0.000267	1.627D+04	0.002535959	1.552D+06
31	0.1134	0.3663	5.418D+02	-4.205D+05	1.0	55.	7.87	0.000263	1.676D+04	0.002436923	9.976D+05
32	0.1134	0.3663	5.418D+02	-7.132D+05	0.7	-137.	7.78	0.000257	1.642D+04	0.002469461	1.692D+06
33	0.1134	0.3663	5.418D+02	1.697D+04	0.5	128.	7.84	0.000250	1.667D+04	0.002194205	3.553D+04
34	0.1134	0.3663	5.418D+02	-6.637D+05	0.2	-111.	7.87	0.000234	1.677D+04	0.002248865	1.575D+06
35	0.1134	0.3662	5.418D+02	-7.501D+04	0.8	38.	7.78	0.000211	1.639D+04	0.001874494	1.780D+05
36	0.1135	0.3721	5.596D+02	-2.764D+05	-5.	-5.	7.93	0.000168	1.759D+04	0.001555877	-6.355D+05
37	0.1135	0.3907	6.173D+02	-2.483D+05	1.2	-66.	7.79	0.000092	1.875D+04	0.000872664	-5.178D+05
38	0.1136	0.3906	6.173D+02	1.536D+05	0.5	25.	7.85	0.000029	1.903D+04	0.000213646	3.204D+05

0.112897394

ENERGY REMAINING/ENERGY INPUT = 0.23375  
 TOTAL PERMANENT SET = 0.112897  
 TOTAL NO. OF ITERATIONS = 4898  
 TIME SLICE MAXIMUM STRAIN  
 0.0026500 1 0.08889859

Table 5 Initial geometry and masses for sample problem 2

SLICE	HEIGHT	VOLUME	AREA	RADIUS	WEIGHT	MASS	RING 1	RING 2	RING 3	RING 4	CLADDING
1	0.114	0.054	0.479	0.391	6.829D+01	6.969D+00	0	0	0	6	0.0
2	0.114	0.054	0.479	0.391	6.829D+01	6.969D+00	0	0	0	6	0.0
3	0.114	0.054	0.479	0.391	6.829D+01	6.969D+00	0	0	0	6	0.0
4	0.114	0.054	0.479	0.391	6.829D+01	6.969D+00	0	0	0	6	0.0
5	0.114	0.054	0.479	0.391	6.829D+01	6.969D+00	0	0	0	6	0.0
6	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270
7	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270
8	0.114	0.049	0.434	0.372	5.484D+03	5.596D+02	0	0	0	2	0.01270
9	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
10	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
11	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
12	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
13	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
14	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
15	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
16	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
17	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
18	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
19	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
20	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
21	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
22	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
23	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
24	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
25	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
26	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
27	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
28	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
29	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
30	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
31	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
32	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
33	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
34	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
35	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
36	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
37	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
38	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
39	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
40	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
41	0.114	0.049	0.434	0.372	5.484D+03	5.596D+02	0	0	0	2	0.01270
42	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270
43	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270

TOTAL HEIGHT = 4.88614  
 TOTAL VOLUME = 2.11797  
 TOTAL WEIGHT = 2.0542719D+05

- 1 = STEEL
- 2 = CLAD LEAD
- 3 = URANIUM
- 4 = PONDEROSA PINE
- 5 = LEAD
- 6 = BALSA
- 7 = MARINE PLYWOOD

Table 6 Output calculated variables for sample problem 2

SAMPLE PROBLEM 2. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
 TIME = 0.0105100  
 INPUT ENERGY = 1848408.60

SLICE THICK	O.R.	MASS	FORCE	STRAIN RATE	ACCELERATION	VELOCITY	PERM SET	ENERGY	STRAIN	STRESS
1	0.0944	0.4286	6.969D+00	-4.968D+06	4.3	0.40	0.019284	5.623D-01	0.172689014	-8.610D+06
2	0.0941	0.4292	6.969D+00	-4.983D+06	10.8	1.42	0.019564	7.025D+00	0.175149267	-8.610D+06
3	0.0938	0.4299	6.969D+00	-4.998D+06	9.3	2.29	0.019855	1.835D+01	0.177712217	-8.610D+06
4	0.0933	0.4309	6.969D+00	-5.023D+06	24.6	4.59	0.020332	7.335D+01	0.181908161	-8.610D+06
5	0.0924	0.4332	6.969D+00	-5.076D+06	30.1	7.37	0.021303	1.893D+02	0.190455416	-8.610D+06
6	0.0911	0.4362	6.173D+02	-5.147D+06	45.7	11.53	0.022599	4.104D+04	0.199919483	-8.610D+06
7	0.1135	0.3907	6.173D+02	-4.867D+06	0.1	11.54	0.000100	4.114D+04	0.002146487	-1.046D+07
8	0.1135	0.3720	5.966D+02	-4.867D+06	0.1	11.56	0.000111	3.736D+04	0.002330716	-1.120D+07
9	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.726D+06	0.0	11.56	0.000112	3.618D+04	0.002339365	-1.123D+07
10	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.596D+06	0.0	11.56	0.000111	3.618D+04	0.002293837	-1.092D+07
11	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.448D+06	0.1	11.54	0.000110	3.609D+04	0.002248898	-1.057D+07
12	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.312D+06	0.1	11.53	0.000110	3.603D+04	0.002207988	-1.024D+07
13	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.147D+06	0.3	11.50	0.000110	3.585D+04	0.002157876	-9.851D+06
14	0.1135	0.3661	5.418D+02	-3.977D+06	0.2	11.48	0.000109	3.570D+04	0.002105137	-9.447D+06
15	0.1135	0.3661	5.418D+02	-3.774D+06	0.4	11.43	0.000109	3.540D+04	0.002042098	-8.965D+06
16	0.1135	0.3661	5.418D+02	-3.528D+06	0.4	11.38	0.000108	3.509D+04	0.001964059	-8.382D+06
17	0.1135	0.3661	5.418D+02	-3.249D+06	0.6	11.31	0.000107	3.465D+04	0.001872697	-7.717D+06
18	0.1135	0.3661	5.418D+02	-2.889D+06	0.7	11.23	0.000105	3.415D+04	0.001754813	-6.863D+06
19	0.1135	0.3661	5.418D+02	-2.479D+06	0.9	11.12	0.000103	3.352D+04	0.001622458	-5.889D+06
20	0.1135	0.3660	5.418D+02	-2.016D+06	1.0	11.01	0.000099	3.216D+04	0.001471788	-4.789D+06
21	0.1135	0.3660	5.418D+02	-1.500D+06	1.0	10.90	0.000099	3.216D+04	0.001300545	-3.562D+06
22	0.1135	0.3660	5.418D+02	-1.052D+06	0.9	10.79	0.000098	3.157D+04	0.001162497	-2.500D+06
23	0.1135	0.3660	5.418D+02	-6.661D+05	0.5	10.73	0.000097	3.121D+04	0.001049231	-1.582D+06
24	0.1135	0.3660	5.418D+02	-5.137D+05	0.1	10.72	0.000097	3.112D+04	0.001003093	-1.220D+06
25	0.1135	0.3660	5.418D+02	-5.180D+05	0.3	10.75	0.000097	3.131D+04	0.001002304	-1.231D+06
26	0.1135	0.3660	5.418D+02	-6.746D+05	0.1	10.77	0.000097	3.141D+04	0.001044700	-1.603D+06
27	0.1135	0.3660	5.418D+02	-6.336D+05	0.1	10.75	0.000096	3.133D+04	0.001029995	-1.505D+06
28	0.1135	0.3660	5.418D+02	-5.138D+05	0.3	10.72	0.000096	3.111D+04	0.000992013	-1.221D+06
29	0.1135	0.3660	5.418D+02	-4.988D+05	0.5	10.77	0.000095	3.145D+04	0.000983484	-1.185D+06
30	0.1135	0.3660	5.418D+02	-6.894D+05	0.1	10.76	0.000095	3.137D+04	0.001032802	-1.638D+06
31	0.1135	0.3660	5.418D+02	-5.016D+05	0.4	10.71	0.000094	3.109D+04	0.000971738	-1.192D+06
32	0.1135	0.3660	5.418D+02	-3.771D+05	0.4	10.70	0.000093	3.133D+04	0.000927843	-8.958D+05
33	0.1135	0.3660	5.418D+02	-7.509D+05	0.1	10.77	0.000092	3.141D+04	0.001025800	-1.784D+06
34	0.1135	0.3660	5.418D+02	-2.399D+05	0.7	10.69	0.000091	3.094D+04	0.000866533	-5.700D+05
35	0.1135	0.3660	5.418D+02	-5.685D+05	1.2	10.82	0.000088	3.174D+04	0.000936401	-1.351D+06
36	0.1135	0.3660	5.418D+02	-4.182D+05	1.1	10.70	0.000081	3.101D+04	0.000835807	-9.936D+05
37	0.1136	0.3660	5.418D+02	-1.441D+05	0.8	10.79	0.000079	3.154D+04	0.000737052	-3.424D+05
38	0.1136	0.3660	5.418D+02	-6.059D+05	0.2	10.76	0.000073	3.137D+04	0.000819171	-1.440D+06
39	0.1136	0.3660	5.418D+02	-1.684D+05	0.5	10.73	0.000065	3.117D+04	0.000526483	-4.002D+05
40	0.1136	0.3660	5.418D+02	-4.946D+05	0.8	10.82	0.000050	3.171D+04	0.000584344	-1.176D+06
41	0.1136	0.3719	5.596D+02	-3.336D+04	1.2	10.69	0.000032	3.196D+04	0.000289023	-7.679D+04
42	0.1136	0.3905	6.173D+02	-2.454D+05	0.9	10.80	0.000008	3.598D+04	0.000132965	-5.121D+05
43	0.1136	0.3905	6.173D+02	-8.470D+04	0.6	10.73	-0.000008	3.555D+04	-0.000046102	-1.768D+05

ENERGY REMAINING/ENERGY INPUT = 0.68835  
 TOTAL PERMANENT SET = 0.126251  
 TOTAL NO. OF ITERATIONS = 3449  
 TIME SLICE MAXIMUM STRAIN  
 0.0105100 6 0.19991950  
 0.126250778

Table 7 Initial geometry and masses for sample problem 3

SLICE	HEIGHT	VOLUME	AREA	RADIUS	WEIGHT	MASS	RING 1	RING 2	RING 3	RING 4	CLADDING
1	0.568	0.272	0.479	0.391	3.415D+02	3.484D+01	0	0	0	6	0.0
2	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270
3	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270
4	0.114	0.049	0.434	0.372	5.484D+03	5.596D+02	0	0	0	2	0.01270
5	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
6	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
7	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
8	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
9	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
10	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
11	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
12	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
13	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
14	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
15	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
16	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
17	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
18	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
19	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
20	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
21	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
22	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
23	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
24	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
25	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
26	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
27	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
28	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
29	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
30	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
31	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
32	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
33	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
34	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
35	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
36	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
37	0.114	0.049	0.434	0.372	5.484D+03	5.596D+02	0	0	0	2	0.01270
38	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270
39	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270

TOTAL HEIGHT = 4.88614  
 TOTAL VOLUME = 2.11797  
 TOTAL WEIGHT = 2.0542719D+05

- 1 = STEEL
- 2 = CLAD LEAD
- 3 = URANIUM
- 4 = PONDEROSA PINE
- 5 = LEAD
- 6 = Balsa
- 7 = MARINE PLYWOOD

Table 8 Output of calculated variables for sample problem 3

SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.										
TIME = 0.0105100										
INPUT ENERGY = 1848408.60										
SLICE THICK	D-R.	MASS	FORCE	STRAIN RATE	ACCELERATION	VELOCITY	PERM SET	ENERGY	STRAIN	STRESS
1	0.4659	0.4313	3.484D+01	-5.031D+06	22.1	11.	10.29	1.845D+03	0.102389	-8.610D+06
2	0.0931	0.4314	6.173D+02	-5.035D+06	13.7	-18.	11.57	4.130D+04	0.020541	-8.610D+06
3	0.1135	0.3907	6.173D+02	-4.925D+06	0.0	-18.	11.57	4.130D+04	0.00210782	-1.027D+07
4	0.1135	0.3720	5.596D+02	-4.819D+06	0.1	-18.	11.56	3.740D+04	0.002325938	-1.108D+07
5	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.721D+06	0.1	-18.	11.55	3.616D+04	0.002373596	-1.121D+07
6	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.627D+06	0.1	-22.	11.54	3.607D+04	0.002329998	-1.099D+07
7	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.512D+06	0.1	-23.	11.52	3.597D+04	0.002279904	-1.072D+07
8	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.387D+06	0.2	-28.	11.50	3.583D+04	0.002227168	-1.042D+07
9	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.239D+06	0.2	-33.	11.47	3.567D+04	0.002169344	-1.007D+07
10	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.061D+06	0.3	-40.	11.44	3.545D+04	0.002105552	-9.647D+06
11	0.1135	0.3661	5.418D+02	-3.849D+06	0.4	-48.	11.40	3.518D+04	0.002034232	-9.144D+06
12	0.1135	0.3661	5.418D+02	-3.596D+06	0.5	-59.	11.34	3.484D+04	0.001951701	-8.541D+06
13	0.1135	0.3661	5.418D+02	-3.281D+06	0.6	-70.	11.27	3.441D+04	0.001853237	-7.795D+06
14	0.1135	0.3660	5.418D+02	-2.912D+06	0.8	-82.	11.18	3.389D+04	0.001739855	-6.918D+06
15	0.1135	0.3660	5.418D+02	-2.474D+06	0.9	-92.	11.08	3.329D+04	0.001606708	-5.878D+06
16	0.1135	0.3660	5.418D+02	-1.988D+06	1.0	-93.	10.98	3.264D+04	0.001459199	-4.722D+06
17	0.1135	0.3660	5.418D+02	-1.493D+06	0.9	-86.	10.87	3.201D+04	0.001308868	-3.547D+06
18	0.1135	0.3660	5.418D+02	-1.038D+06	0.7	-62.	10.79	3.152D+04	0.001169385	-2.467D+06
19	0.1135	0.3660	5.418D+02	-7.094D+05	0.4	-29.	10.74	3.123D+04	0.001065709	-1.685D+06
20	0.1135	0.3660	5.418D+02	-5.538D+05	0.0	3.	10.73	3.121D+04	0.001012497	-1.316D+06
21	0.1135	0.3660	5.418D+02	-5.677D+05	0.2	11.	10.76	3.136D+04	0.001004485	-1.349D+06
22	0.1135	0.3660	5.418D+02	-6.249D+05	0.2	-3.	10.78	3.166D+04	0.001012497	-1.485D+06
23	0.1135	0.3660	5.418D+02	-6.086D+05	0.1	-23.	10.77	3.141D+04	0.001003005	-1.446D+06
24	0.1135	0.3660	5.418D+02	-4.868D+05	0.1	-3.	10.75	3.132D+04	0.000962969	-1.157D+06
25	0.1135	0.3660	5.418D+02	-4.701D+05	0.2	10.	10.78	3.150D+04	0.000961501	-1.244D+06
26	0.1135	0.3660	5.418D+02	-5.234D+05	0.1	-15.	10.78	3.150D+04	0.000922664	-1.117D+06
27	0.1135	0.3660	5.418D+02	-4.462D+05	0.3	-29.	10.75	3.133D+04	0.000932162	-1.060D+06
28	0.1135	0.3660	5.418D+02	-2.938D+05	0.1	33.	10.76	3.138D+04	0.000919614	-1.121D+06
29	0.1135	0.3660	5.418D+02	-4.716D+05	0.3	-37.	10.79	3.155D+04	0.0008845265	-9.239D+05
30	0.1135	0.3660	5.418D+02	-2.745D+05	0.6	-4.	10.73	3.118D+04	0.000850750	-6.522D+05
31	0.1135	0.3660	5.418D+02	-2.515D+05	0.6	26.	10.79	3.156D+04	0.000827777	-5.975D+05
32	0.1135	0.3660	5.418D+02	-3.889D+05	0.5	-89.	10.74	3.123D+04	0.000845265	-9.239D+05
33	0.1135	0.3660	5.418D+02	8.400D+04	0.2	120.	10.76	3.139D+04	0.000700622	1.996D+05
34	0.1136	0.3660	5.418D+02	-5.530D+05	0.0	-151.	10.77	3.140D+04	0.000785665	-1.314D+06
35	0.1136	0.3660	5.418D+02	-2.480D+05	0.3	147.	10.73	3.122D+04	0.000515550	5.892D+05
36	0.1136	0.3660	5.418D+02	-5.344D+05	0.4	-147.	10.78	3.149D+04	0.00062373	-1.270D+06
37	0.1136	0.3719	5.596D+02	2.468D+05	0.8	112.	10.69	3.199D+04	0.000246295	5.681D+05
38	0.1136	0.3905	6.173D+02	-3.700D+05	0.6	-90.	10.77	3.578D+04	0.000162798	-7.721D+05
39	0.1136	0.3905	6.173D+02	1.729D+05	0.5	29.	10.71	3.543D+04	-0.000095773	3.608D+05
0.126219063										

ENERGY REMAINING/ENERGY INPUT = 0.68852  
 TOTAL PERMANENT SET = 0.126219  
 TOTAL NO. OF ITERATIONS = 3075  
 TIME SLICE MAXIMUM STRAIN  
 0.0105100 1 0.18319220

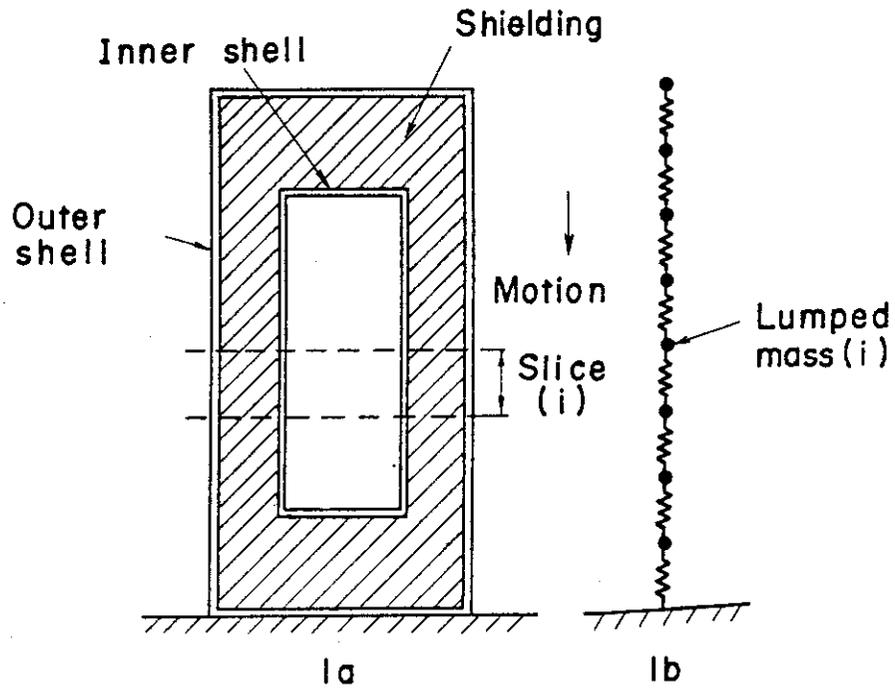


Fig. 1 Conceptual shipping container and its lumped-mass mathematical model

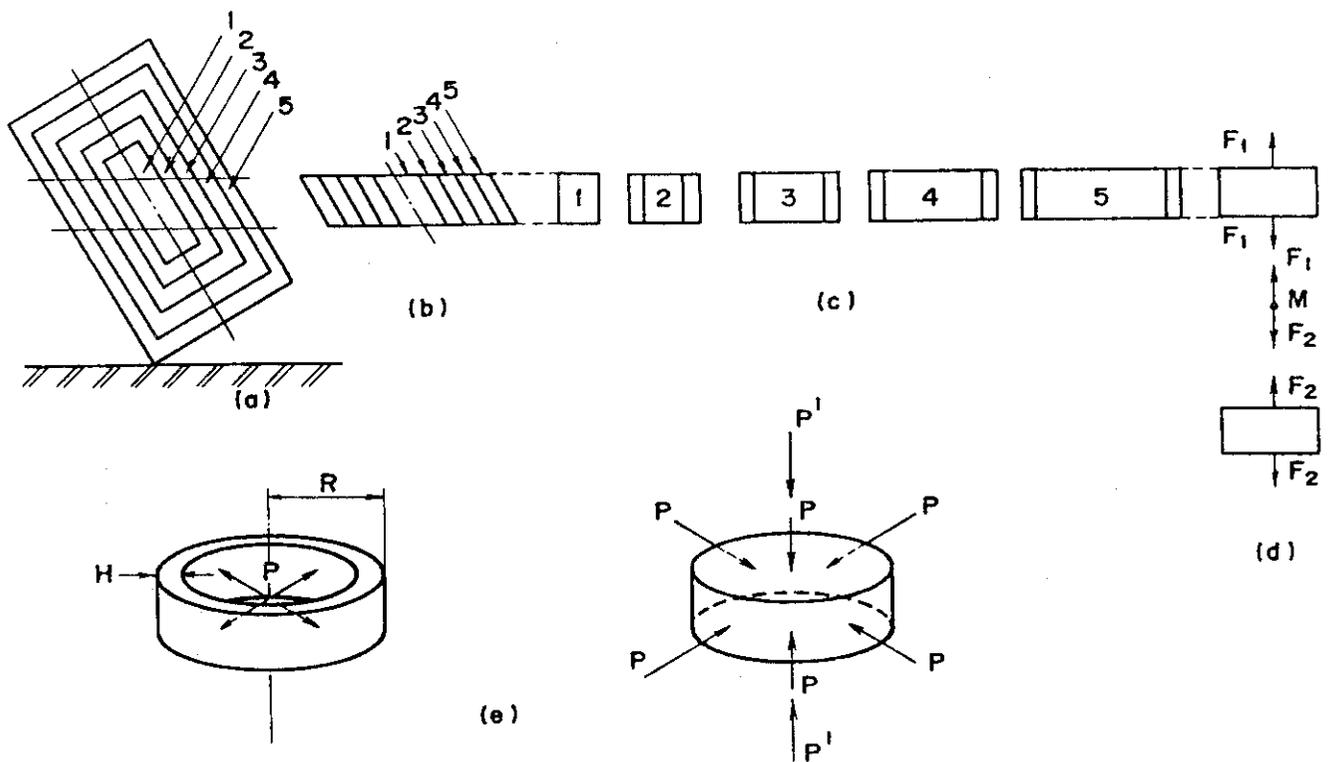


Fig. 2 Container modeling elements

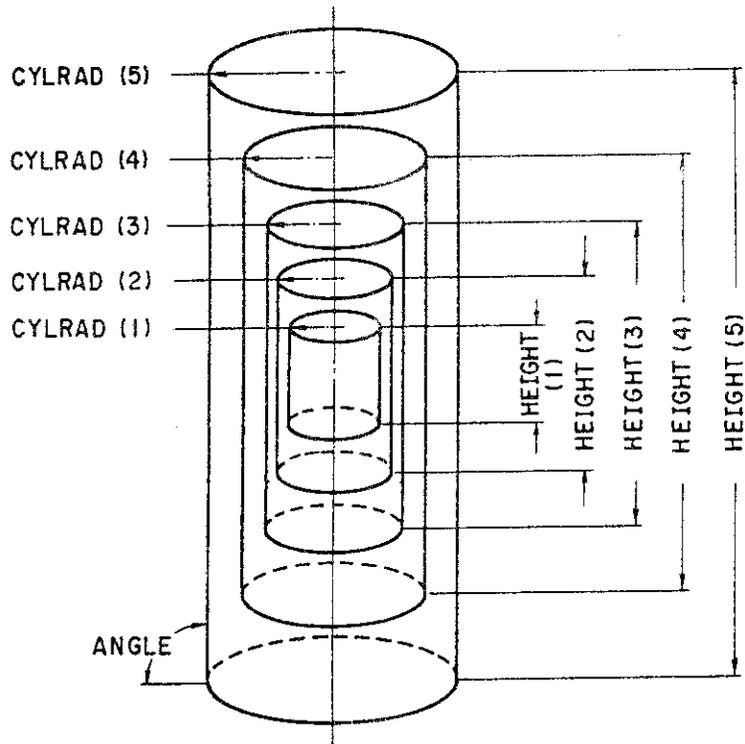


Fig. 3 Input variables for slicing concentric cylinders

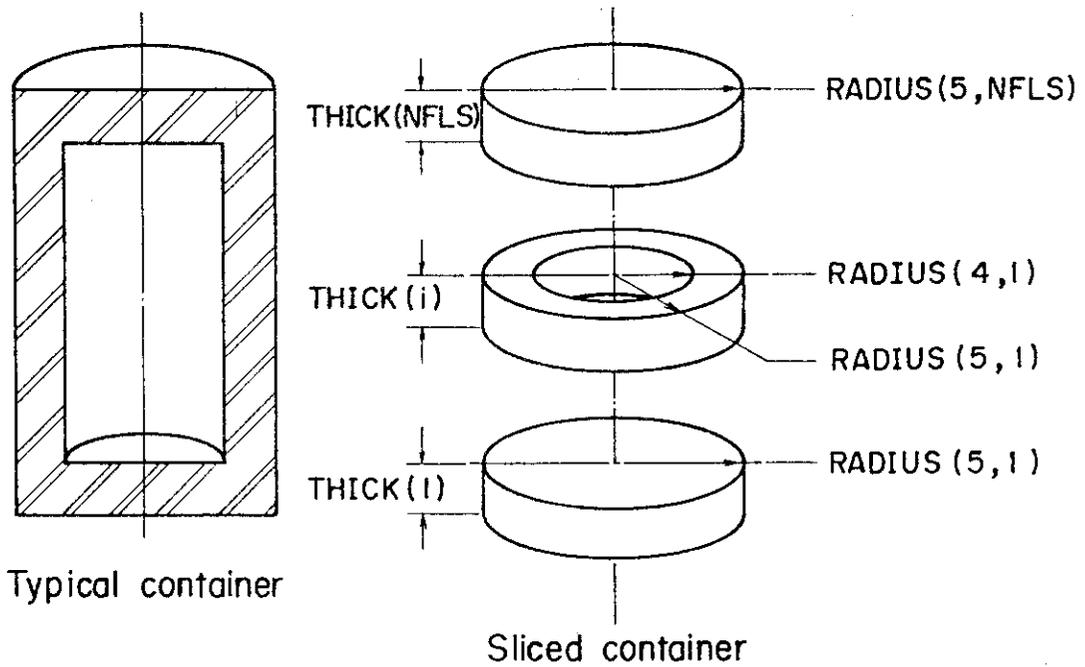
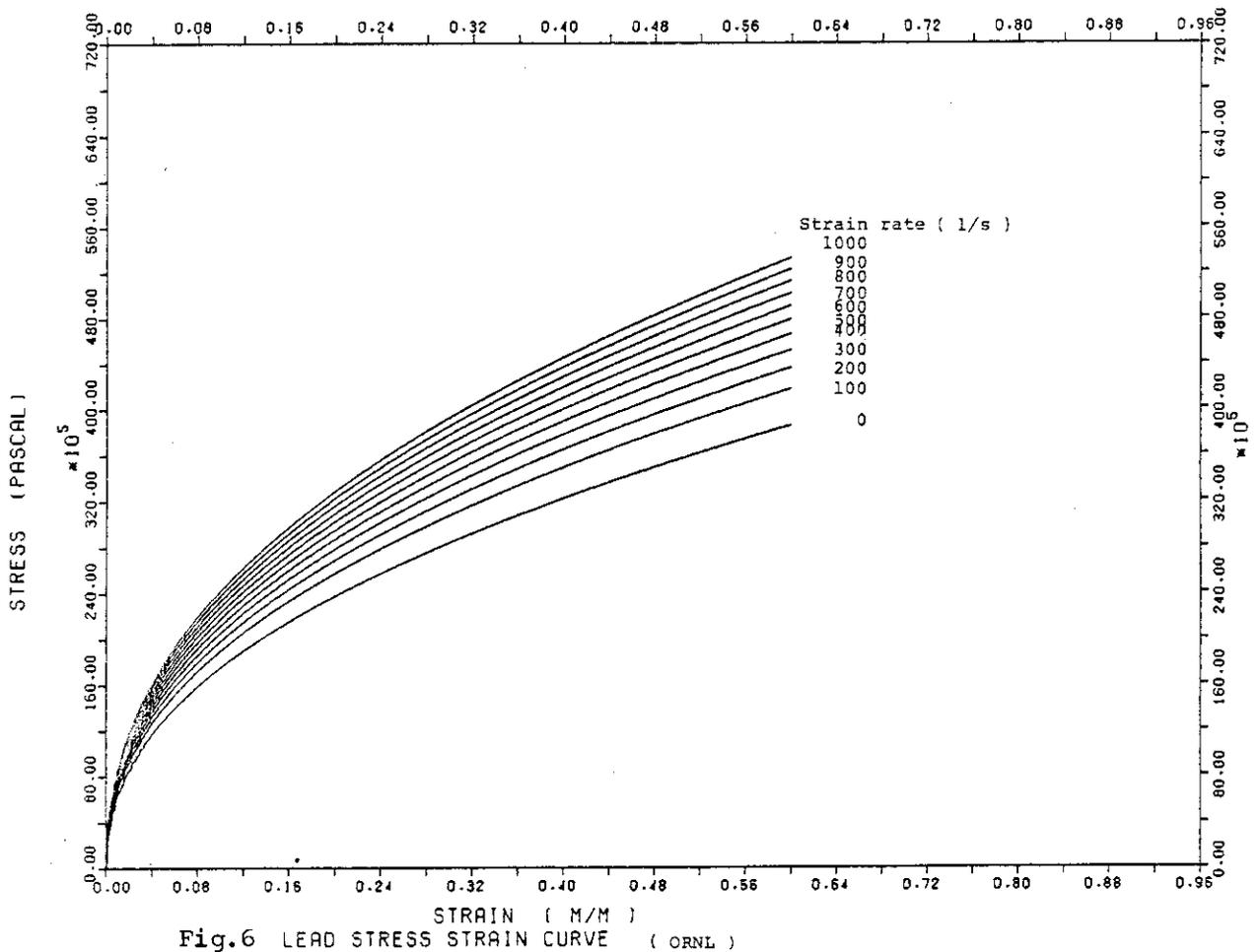
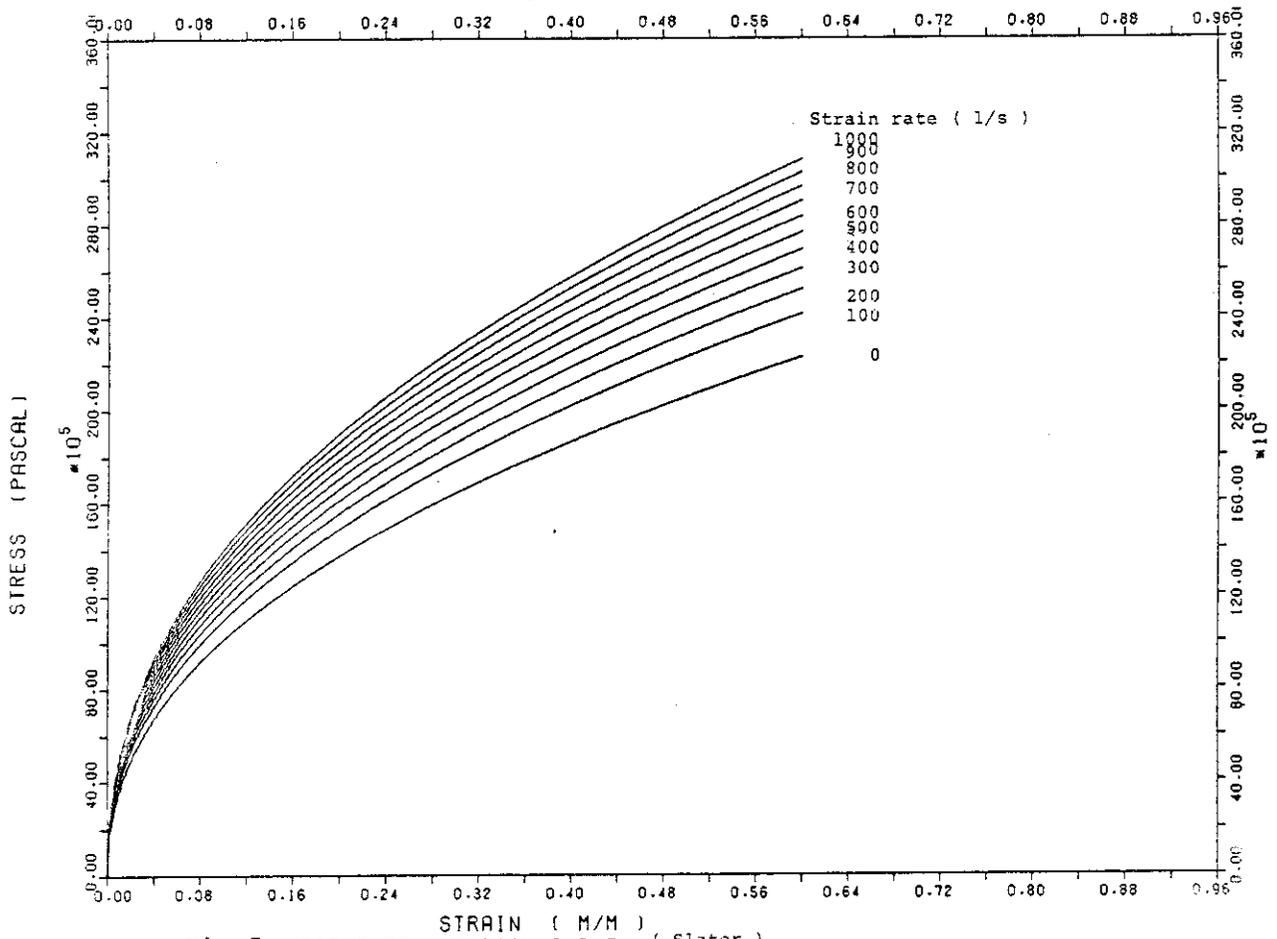


Fig. 4 Input variables for sliced disks



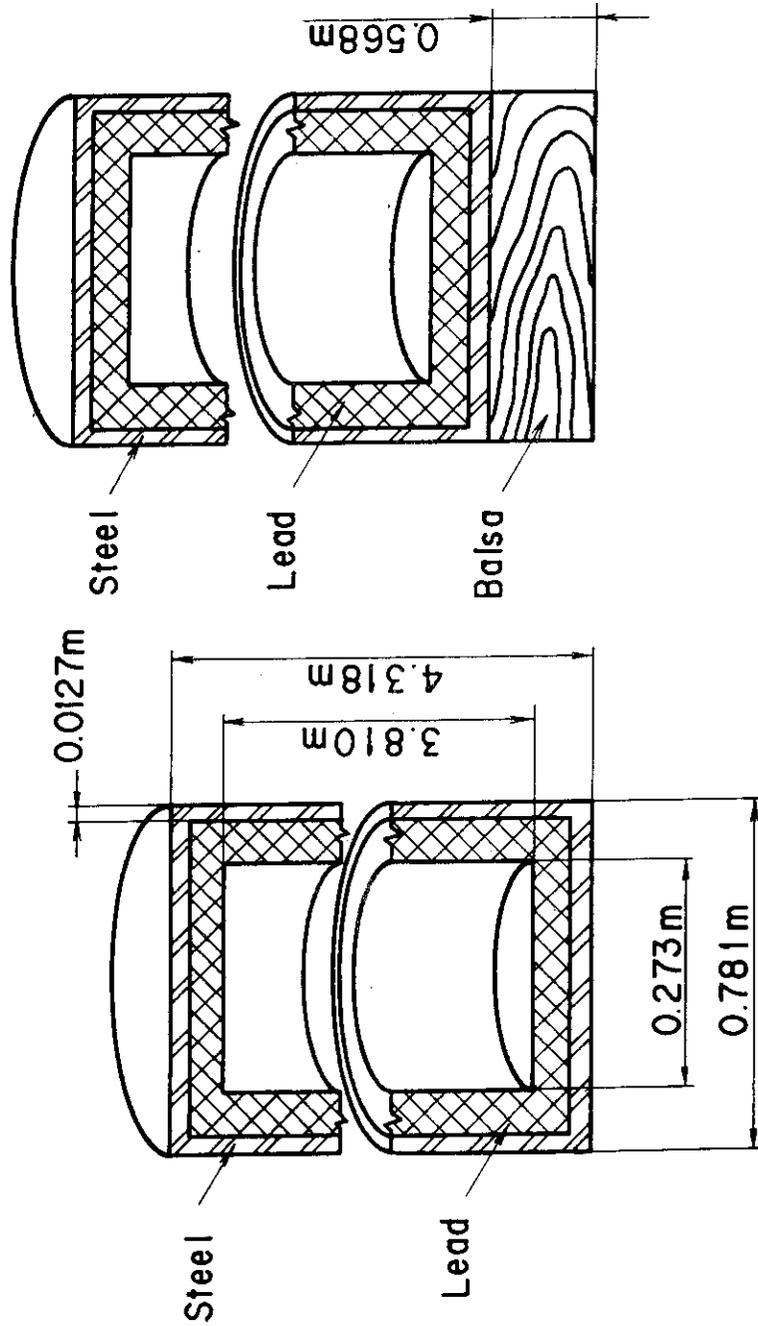


Fig. 7 Steel-jacketed lead cylinder with and without impact limiter

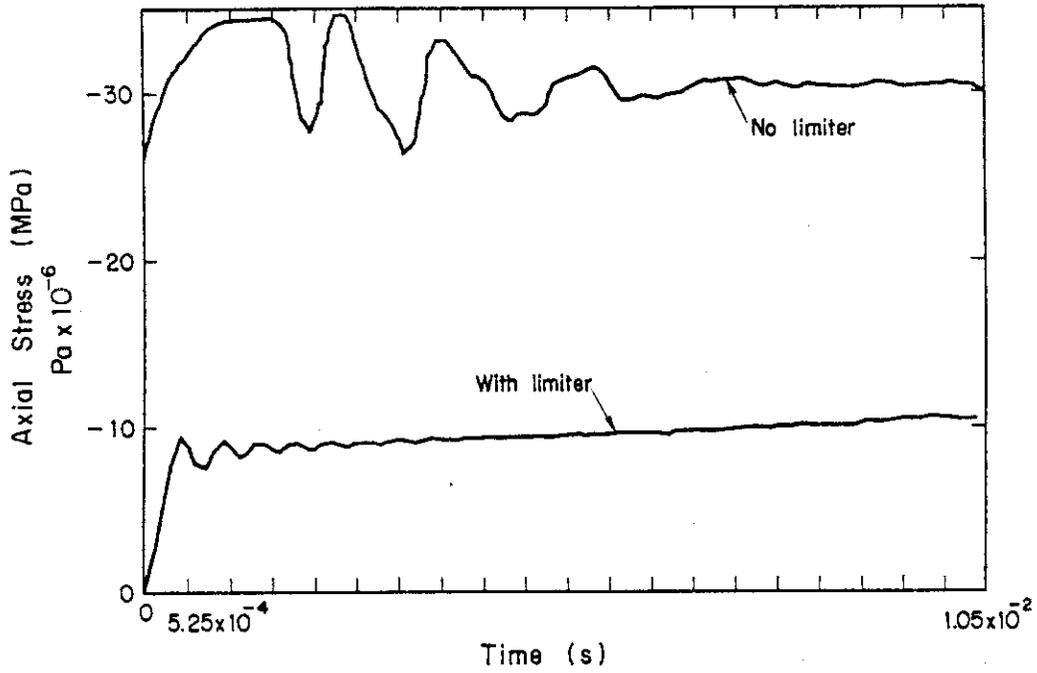


Fig. 8 Stress-time history in the container element nearest the impact target for the sample problems

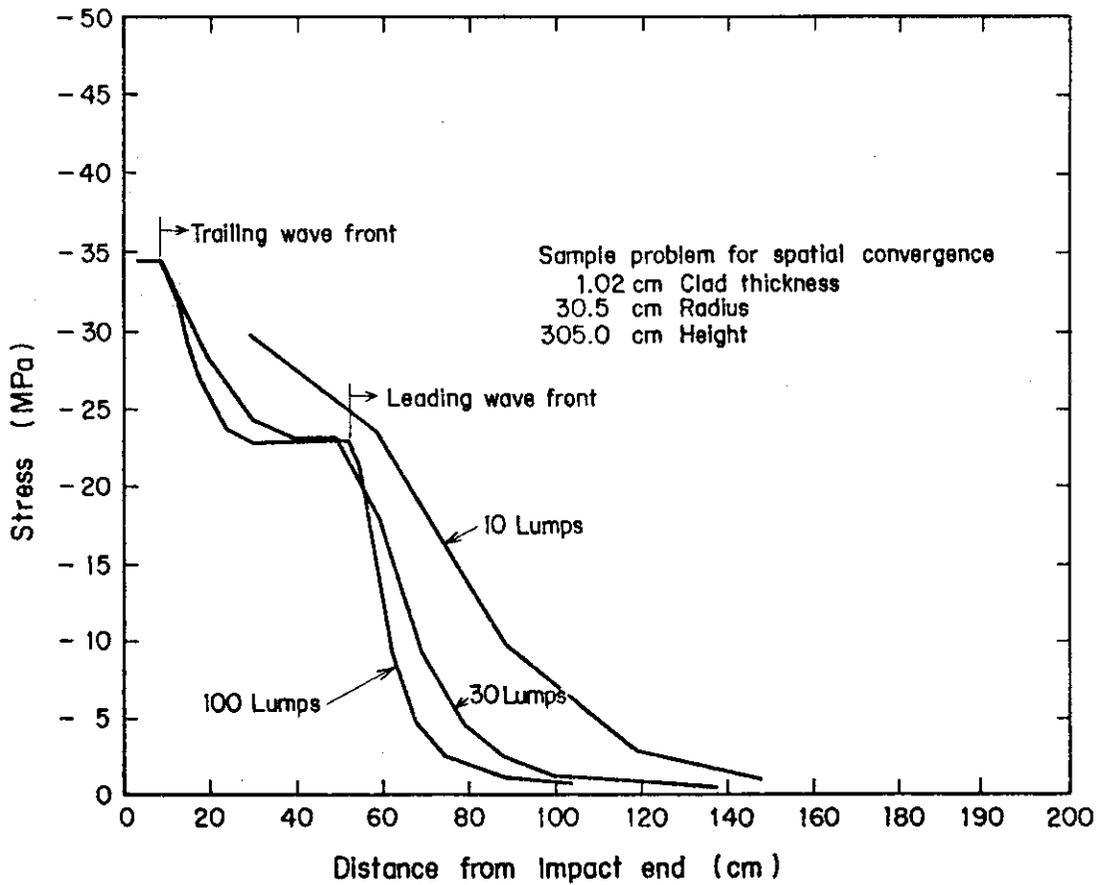


Fig. 9 Spatial stress distribution at  $t=1.01 \times 10^{-3}$  s.

## 付 録

## A. 計算例 1

プリンタによる図形出力の場合について問題No.3を例にとり計算したものを Table A. 1 および Fig. A. 1 ~ A. 19 に示す。Table A. 1 はこの計算の入力データを示す。Fig. A. 1 ~ A. 6 は時刻 0.0 0 5 秒における荷重, 加速度, 速度, 永久変形量, 応力, 衝突エネルギーの輸送容器の軸方向の分布を示し, Fig. A. 7 ~ A. 12 は同じように時刻 0.0 1 秒におけるものである。Fig. A. 13 ~ A. 19 は, 輸送容器の衝突点 (下部) から 3 番目における応力, 荷重, 加速度, 速度, 永久変形量, 全変形量, 衝突エネルギーの時刻歴応答曲線である。

## B. 計算例 2

グラフによる出力の場合について問題No.3を例にとり計算したものを Table B. 1 および Fig. B. 1 ~ B. 21 に示す。Table B. 1 はこの計算の入力データを示す。Fig. B. 1 ~ B. 7 は時刻 0.0 0 5 秒における荷重, 加速度, 速度, 永久変形量, 応力, 衝突エネルギー, 直径の変形の輸送容器の軸方向分布を示し, Fig. B. 8 ~ B. 14 は同じように時刻 0.0 1 秒におけるものである。Fig. B. 15 ~ B. 21 は, 輸送容器の衝突点 (下部) から 3 番目における応力, 荷重, 加速度, 速度, 永久変形量, 全変形量, 衝突エネルギーの時刻歴応答曲線である。

Table A.1 Sample Output No.1

PAGE-0001

```

*****
* INPUT DATA LIST *
*****
.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8
1 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.
2 &DATA NFLS=40,CYL RAD(4)=0.136525,CYL RAD(5)=0.390525,
3 HEIGHT(4)=3.81,HEIGHT(5)=4.54525,ITP=3,
4 MATNO(1,5)=6,MATNO(2,5)=38*2,MATNO(40,5)=6,
5 STCLT(2)=38*0.0127,YSTCL=5.16E8,STRS12(6)=8.61E7,
6 THICK(1)=0.5681563,NELEM2=39,
7 IPRPLT=1,IPRPLA=1,IPRPLB=1,IPRPLC=1,IPRPLD=1,
8 IPRPLE=1,IPRPLH=1,IPRPLI=1,IPRPLK=1,
9 TPRT=0.005,TEND=1.05E-2,&END
.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

```

\*\*\* INPUT DATA END \*\*\*

Table A.1 (Continued)

SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER. ---CASE 1---

\* \* \* I M P A C 2 - J A E R I \* \* \*

DIMENSION	LENGTH	MASS	WEIGHT	FORCE	STRESS	PRESSURE	TIME	VELOCITY	ACCELERATION	M/S**2	CALC. ACC. G
	METER	KG	NEWTON	NEWTON	PASCAL	PASCAL	SECOND	M/S	M/S**2		

DATA WHICH WAS ENTERED FOLLOWS

AUTOMATIC SLICING BEING USED TO DEFINE GEOMETRY, BASED ON FOLLOWING DATA  
CYLRAD= 0.0 0.0 0.0 0.0 0.136525 0.390525  
HEIGHT= 0.0 0.0 0.0 0.0 3.810000 4.545250  
ANGLE = 90.000000 NFLS = 40

INITIAL TIME INCREMENT = 0.100000D-04  
STOP TIME = 0.010500  
PRINTING INCREMENT = 0.100000  
IMPACT VELOCITY = 13.28  
NUMBER OF MASSES = 39  
CLAD YIELD STRESS = 5.1600D+08

Table A.1 (Continued)

SLICE	HEIGHT	VOLUME	AREA	RADIUS	WEIGHT	MASS	RING 1	RING 2	RING 3	RING 4	CLADDING
1	0.568	0.272	0.479	0.391	3.415D+02	3.484D+01	0	0	0	6	0.0
2	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270
3	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270
4	0.114	0.049	0.434	0.372	5.484D+03	5.596D+02	0	0	0	2	0.01270
5	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
6	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
7	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
8	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
9	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
10	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
11	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
12	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
13	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
14	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
15	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
16	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
17	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
18	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
19	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
20	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
21	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
22	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
23	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
24	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
25	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
26	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
27	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
28	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
29	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
30	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
31	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
32	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
33	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
34	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
35	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
36	0.114	0.048	0.421	0.366	5.310D+03	5.418D+02	0	0	0	2	0.01270
37	0.114	0.049	0.434	0.372	5.484D+03	5.596D+02	0	0	0	2	0.01270
38	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270
39	0.114	0.054	0.479	0.391	6.049D+03	6.173D+02	0	0	0	2	0.01270

TOTAL HEIGHT = 4.88614  
 TOTAL VOLUME = 2.11797  
 TOTAL WEIGHT = 2.0542719D+05

- 1 = STEEL
- 2 = CLAD LEAD
- 3 = URANIUM
- 4 = PONDEROSA PINE
- 5 = LEAD
- 6 = Balsa
- 7 = MARINE PLYWOOD

Table A.1 (Continued)

THE FOLLOWING TIME STEPS DID NOT CONVERGE AFTER 10 ITERATIONS  
(ONLY THE WORST NON-CONVERGENT SLICE IS SHOWN)

\*\*\*\*\*IN MOST PROBLEMS, THIS TYPE OF FAILURE IS TRIVIAL\*\*\*\*\*

TIME	ITERATION	SLICE	EST. ACC.	CALC. ACC.	SPRG. FORCE	STRESS(5)
0.00079000	335	37	-35.	-5.	-1.938D+04	-4.462D+04
0.00084000	360	37	31.	-28.	-1.586D+04	-3.652D+04
0.00086000	375	30.	30.	0.	0.0	-2.964D+04
0.00088000	389	34	27.	0.	0.0	-2.251D+04
0.00089000	399	34	28.	0.	0.0	-2.727D+04
0.00092000	415	33	0.	27.	0.0	-3.338D+04
0.00094000	428	38	28.	0.	0.0	-1.202D+04
0.00097000	445	33	-32.	-4.	-1.718D+04	-4.084D+04
0.00099000	458	34	-28.	29.	0.0	-3.305D+04
0.00100000	468	34	4.	31.	0.0	-3.273D+04
0.00101000	478	34	0.	29.	0.0	-3.393D+04
0.00102000	488	37	30.	-27.	-1.534D+04	-3.531D+04
0.00103000	498	37	2.	-29.	-1.632D+04	-3.756D+04
0.00105000	513	30	39.	11.	-1.488D+04	-3.539D+04
0.00106000	523	38	28.	0.	0.0	-3.244D+04
0.00110000	549	34	31.	3.	-1.488D+04	-3.539D+04
0.00112000	559	35	-35.	-8.	-1.896D+04	-4.509D+04
0.00113000	569	37	0.	30.	0.0	-2.394D+04
0.00116000	587	32	-40.	-12.	-2.167D+04	-5.152D+04
0.00118000	600	37	-28.	3.	-1.538D+04	-3.541D+04
0.00122000	622	38	28.	-28.	-1.704D+04	-3.556D+04
0.00125000	639	36	0.	29.	0.0	-2.426D+04
0.00128000	656	37	-29.	30.	0.0	-3.404D+04
0.00129000	666	34	36.	7.	-1.523D+04	-3.621D+04
0.00136000	702	38	0.	27.	0.0	-3.313D+04
0.00145000	740	38	-32.	-3.	-1.917D+04	-4.000D+04
0.00151000	769	38	28.	0.	0.0	2.595D+04
0.00154000	786	38	-42.	-15.	-2.574D+04	-5.373D+04
0.00161000	817	37	1.	-30.	-1.652D+04	-3.803D+04
0.00164000	833	36	-17.	-46.	-2.505D+04	-5.957D+04
0.00166000	847	36	40.	12.	-1.485D+04	-3.531D+04
0.00190000	940	37	-47.	-16.	-2.604D+04	-5.996D+04
0.00193000	956	37	-39.	-8.	-2.150D+04	-4.950D+04
0.00194000	966	37	-33.	-2.	-1.789D+04	-4.119D+04
0.00195000	976	37	0.	30.	0.0	-3.256D+04
0.00196000	986	36	-30.	-58.	-3.143D+04	-7.474D+04
0.00212000	1045	38	-3.	-32.	-1.953D+04	-4.077D+04
0.00214000	1058	37	-15.	-45.	-2.536D+04	-5.838D+04
0.00226000	1104	37	-45.	-15.	-2.504D+04	-5.766D+04
0.00267000	1236	39	-28.	0.	0.0	-3.406D+04
0.00280000	1282	38	-44.	-16.	-2.673D+04	-5.580D+04
0.00316000	1387	38	-69.	-42.	-4.265D+04	-8.902D+04

Table A.1 (Continued)

SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
 TIME = 0.0105100  
 INPUT ENERGY = 1848408.60

Slice	THICK	O.R.	MASS	FORCE	STRAIN RATE	ACCELERATION	VELOCITY	PERM SET	ENERGY	STRAIN	STRESS
1	0.4659	0.4313	3.684D+01	-5.031D+06	22.1	11.	10.29	0.102389	1.845D+03	0.183192197	-8.610D+06
2	0.0931	0.4314	6.173D+02	-5.035D+06	13.7	-18.	11.57	0.020541	4.130D+04	0.181813516	-8.610D+06
3	0.1135	0.3907	6.173D+02	-4.925D+06	0.0	-18.	11.57	0.000098	4.131D+04	0.002107822	-1.027D+07
4	0.1135	0.3720	5.596D+02	-4.819D+06	0.1	-18.	11.56	0.000112	3.740D+04	0.002325938	-1.108D+07
5	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.721D+06	0.1	-18.	11.55	0.000116	3.616D+04	0.002373596	-1.121D+07
6	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.627D+06	0.1	-22.	11.54	0.000114	3.607D+04	0.002329998	-1.099D+07
7	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.512D+06	0.2	-23.	11.52	0.000112	3.597D+04	0.002279904	-1.072D+07
8	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.387D+06	0.2	-28.	11.50	0.000110	3.583D+04	0.002227148	-1.042D+07
9	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.239D+06	0.2	-33.	11.47	0.000108	3.567D+04	0.002169344	-1.007D+07
10	0.1135	0.3661	5.418D+02	-4.061D+06	0.3	-40.	11.44	0.000107	3.545D+04	0.002105552	-9.647D+06
11	0.1135	0.3661	5.418D+02	-3.849D+06	0.4	-48.	11.40	0.000106	3.518D+04	0.002034232	-9.144D+06
12	0.1135	0.3661	5.418D+02	-3.596D+06	0.5	-59.	11.34	0.000104	3.484D+04	0.001951701	-8.541D+06
13	0.1135	0.3661	5.418D+02	-3.281D+06	0.6	-70.	11.27	0.000103	3.441D+04	0.001853237	-7.795D+06
14	0.1135	0.3660	5.418D+02	-2.912D+06	0.8	-82.	11.18	0.000103	3.389D+04	0.001739855	-6.918D+06
15	0.1135	0.3660	5.418D+02	-2.474D+06	0.9	-92.	11.08	0.000102	3.329D+04	0.001606708	-5.878D+06
16	0.1135	0.3660	5.418D+02	-1.988D+06	1.0	-93.	10.98	0.000101	3.264D+04	0.001459199	-4.722D+06
17	0.1135	0.3660	5.418D+02	-1.493D+06	0.9	-86.	10.87	0.000100	3.201D+04	0.001308868	-3.547D+06
18	0.1135	0.3660	5.418D+02	-1.038D+06	0.7	-62.	10.79	0.000099	3.152D+04	0.001169385	-2.467D+06
19	0.1135	0.3660	5.418D+02	-7.094D+05	0.4	-29.	10.74	0.000098	3.123D+04	0.001065709	-1.685D+06
20	0.1135	0.3660	5.418D+02	-5.538D+05	0.0	-3.	10.73	0.000097	3.121D+04	0.001010667	-1.316D+06
21	0.1135	0.3660	5.418D+02	-5.677D+05	0.2	11.	10.76	0.000096	3.136D+04	0.001004485	-1.349D+06
22	0.1135	0.3660	5.418D+02	-6.249D+05	0.2	-3.	10.78	0.000095	3.146D+04	0.001012497	-1.485D+06
23	0.1135	0.3660	5.418D+02	-6.086D+05	0.1	-23.	10.77	0.000094	3.141D+04	0.001003005	-1.446D+06
24	0.1135	0.3660	5.418D+02	-4.868D+05	0.1	-3.	10.75	0.000094	3.132D+04	0.000963969	-1.157D+06
25	0.1135	0.3660	5.418D+02	-4.701D+05	0.2	10.	10.78	0.000093	3.146D+04	0.000952664	-1.117D+06
26	0.1135	0.3660	5.418D+02	-5.234D+05	0.1	-15.	10.78	0.000092	3.150D+04	0.000932162	-1.244D+06
27	0.1135	0.3660	5.418D+02	-4.662D+05	0.3	-29.	10.75	0.000091	3.133D+04	0.000932162	-1.060D+06
28	0.1135	0.3660	5.418D+02	-2.938D+05	0.1	-33.	10.76	0.000090	3.138D+04	0.000879658	-6.981D+05
29	0.1135	0.3660	5.418D+02	-4.716D+05	0.3	-37.	10.79	0.000089	3.155D+04	0.000919614	-1.121D+06
30	0.1135	0.3660	5.418D+02	-2.745D+05	0.6	-4.	10.73	0.000088	3.118D+04	0.000850750	-6.522D+05
31	0.1135	0.3660	5.418D+02	-2.515D+05	0.6	26.	10.79	0.000086	3.156D+04	0.000827777	-5.975D+05
32	0.1135	0.3660	5.418D+02	-3.889D+05	0.5	-89.	10.74	0.000083	3.123D+04	0.000845265	-9.239D+05
33	0.1135	0.3660	5.418D+02	-8.400D+04	0.2	120.	10.76	0.000082	3.139D+04	0.000700622	1.996D+05
34	0.1136	0.3660	5.418D+02	-5.530D+05	0.0	-151.	10.77	0.000071	3.140D+04	0.000785665	-1.314D+06
35	0.1136	0.3660	5.418D+02	-2.680D+05	0.3	147.	10.73	0.000067	3.122D+04	0.000515550	5.892D+05
36	0.1136	0.3660	5.418D+02	-5.344D+05	0.4	-147.	10.78	0.000051	3.149D+04	0.000602373	-1.270D+06
37	0.1136	0.3719	5.596D+02	-2.468D+05	0.8	112.	10.69	0.000036	3.199D+04	0.000246295	5.681D+05
38	0.1136	0.3905	6.173D+02	-3.700D+05	0.6	-90.	10.77	0.000008	3.578D+04	0.000162798	-7.721D+05
39	0.1136	0.3905	6.173D+02	1.729D+05	0.5	29.	10.71	-0.000006	3.543D+04	-0.000095773	3.608D+05

0.126219063

ENERGY REMAINING/ENERGY INPUT = 0.68852  
 TOTAL PERMANENT SET = 0.126219  
 TOTAL NO. OF ITERATIONS = 3075  
 TIME SLICE MAXIMUM STRAIN  
 0.0105100 1 0.18319220

Table A.1 (Continued)

SLICE	TIME	2	3	4	5	PRESSURE
1	0.00015	0.0	0.0	0.0	-8.610D+06	0.0
2	0.00015	0.0	0.0	0.0	-8.610D+06	-1.678D+07
3	0.01007	0.0	0.0	0.0	-1.032D+07	-7.117D+06
4	0.00993	0.0	0.0	0.0	-1.126D+07	-7.900D+06
5	0.00976	0.0	0.0	0.0	-1.150D+07	-8.107D+06
6	0.00957	0.0	0.0	0.0	-1.138D+07	-7.999D+06
7	0.00936	0.0	0.0	0.0	-1.124D+07	-7.888D+06
8	0.00915	0.0	0.0	0.0	-1.111D+07	-7.778D+06
9	0.00897	0.0	0.0	0.0	-1.099D+07	-7.678D+06
10	0.00878	0.0	0.0	0.0	-1.090D+07	-7.595D+06
11	0.00852	0.0	0.0	0.0	-1.081D+07	-7.526D+06
12	0.00826	0.0	0.0	0.0	-1.074D+07	-7.463D+06
13	0.00809	0.0	0.0	0.0	-1.067D+07	-7.410D+06
14	0.00790	0.0	0.0	0.0	-1.062D+07	-7.362D+06
15	0.00772	0.0	0.0	0.0	-1.056D+07	-7.313D+06
16	0.00767	0.0	0.0	0.0	-1.050D+07	-7.263D+06
17	0.00751	0.0	0.0	0.0	-1.043D+07	-7.209D+06
18	0.00746	0.0	0.0	0.0	-1.036D+07	-7.150D+06
19	0.00729	0.0	0.0	0.0	-1.029D+07	-7.090D+06
20	0.00717	0.0	0.0	0.0	-1.021D+07	-7.022D+06
21	0.00694	0.0	0.0	0.0	-1.013D+07	-6.955D+06
22	0.00628	0.0	0.0	0.0	-1.006D+07	-6.900D+06
23	0.00602	0.0	0.0	0.0	-1.003D+07	-6.868D+06
24	0.00620	0.0	0.0	0.0	-9.987D+06	-6.835D+06
25	0.00597	0.0	0.0	0.0	-9.944D+06	-6.799D+06
26	0.00615	0.0	0.0	0.0	-9.892D+06	-6.756D+06
27	0.00593	0.0	0.0	0.0	-9.836D+06	-6.709D+06
28	0.00611	0.0	0.0	0.0	-9.766D+06	-6.651D+06
29	0.00589	0.0	0.0	0.0	-9.678D+06	-6.578D+06
30	0.00608	0.0	0.0	0.0	-9.580D+06	-6.497D+06
31	0.00627	0.0	0.0	0.0	-9.449D+06	-6.389D+06
32	0.00645	0.0	0.0	0.0	-9.273D+06	-6.243D+06
33	0.00663	0.0	0.0	0.0	-9.029D+06	-6.043D+06
34	0.00680	0.0	0.0	0.0	-8.686D+06	-5.762D+06
35	0.00696	0.0	0.0	0.0	-8.193D+06	-5.359D+06
36	0.00710	0.0	0.0	0.0	-7.462D+06	-4.770D+06
37	0.00722	0.0	0.0	0.0	-6.159D+06	-3.741D+06
38	0.00730	0.0	0.0	0.0	-4.161D+06	-2.234D+06
39	0.00736	0.0	0.0	0.0	-2.190D+06	-8.989D+05

Table A.1 (Continued)

TIME HISTORY AT SLICE 3

TIME	STRESS	TIME	STRESS	TIME	STRESS	TIME	STRESS	TIME	STRESS
0.0001100	-6.492D+05	0.0056100	-9.493D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0002200	-2.875D+06	0.0057200	-9.506D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0003300	-5.860D+06	0.0058300	-9.520D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0004400	-8.195D+06	0.0059400	-9.534D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0005500	-9.146D+06	0.0060500	-9.548D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0006600	-8.649D+06	0.0061600	-9.561D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0007700	-7.673D+06	0.0062700	-9.574D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0008800	-7.963D+06	0.0063800	-9.588D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0009900	-8.979D+06	0.0064900	-9.604D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0011000	-9.037D+06	0.0066000	-9.620D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0012100	-8.340D+06	0.0067100	-9.636D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0013200	-8.267D+06	0.0068200	-9.652D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0014300	-8.879D+06	0.0069300	-9.668D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0015400	-9.078D+06	0.0070400	-9.685D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0016500	-8.658D+06	0.0071500	-9.704D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0017600	-8.516D+06	0.0072600	-9.725D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0018700	-8.876D+06	0.0073700	-9.746D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0019800	-9.034D+06	0.0074800	-9.768D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0020900	-8.777D+06	0.0075900	-9.790D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0022000	-8.687D+06	0.0077000	-9.813D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0023100	-8.940D+06	0.0078100	-9.837D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0024200	-9.043D+06	0.0079200	-9.862D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0025300	-8.863D+06	0.0080300	-9.887D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0026400	-8.826D+06	0.0081400	-9.913D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0027500	-9.023D+06	0.0082500	-9.940D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0028600	-9.078D+06	0.0083600	-9.969D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0029700	-8.943D+06	0.0084700	-9.998D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0030800	-8.952D+06	0.0085800	-1.003D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0031900	-9.117D+06	0.0086900	-1.005D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0033000	-9.138D+06	0.0088000	-1.008D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0034100	-9.030D+06	0.0089100	-1.011D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0035200	-9.062D+06	0.0090200	-1.014D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0036300	-9.186D+06	0.0091300	-1.016D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0037400	-9.195D+06	0.0092400	-1.019D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0038500	-9.154D+06	0.0093500	-1.021D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0039600	-9.197D+06	0.0094600	-1.023D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0040700	-9.243D+06	0.0095700	-1.026D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0041800	-9.260D+06	0.0096800	-1.028D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0042900	-9.268D+06	0.0097900	-1.030D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0044000	-9.294D+06	0.0099000	-1.031D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0045100	-9.324D+06	0.0100100	-1.032D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0046200	-9.343D+06	0.0101200	-1.032D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0047300	-9.358D+06	0.0102300	-1.031D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0048400	-9.377D+06	0.0103400	-1.028D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0049500	-9.398D+06	0.0104500	-1.027D+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0050600	-9.415D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0051700	-9.431D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0052800	-9.448D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0053900	-9.464D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0055000	-9.479D+06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

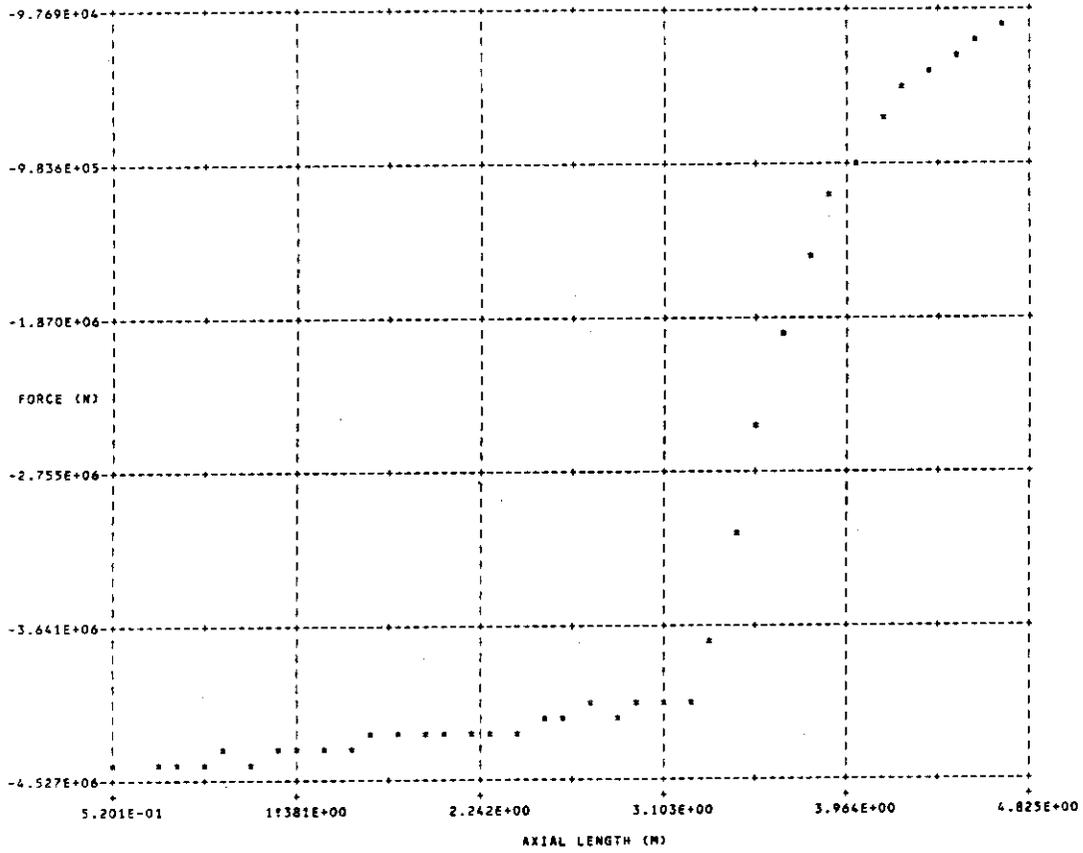


Fig.A.1 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
FORCE DISTRIBUTION TIME = 0.50100E-02 (SEC)

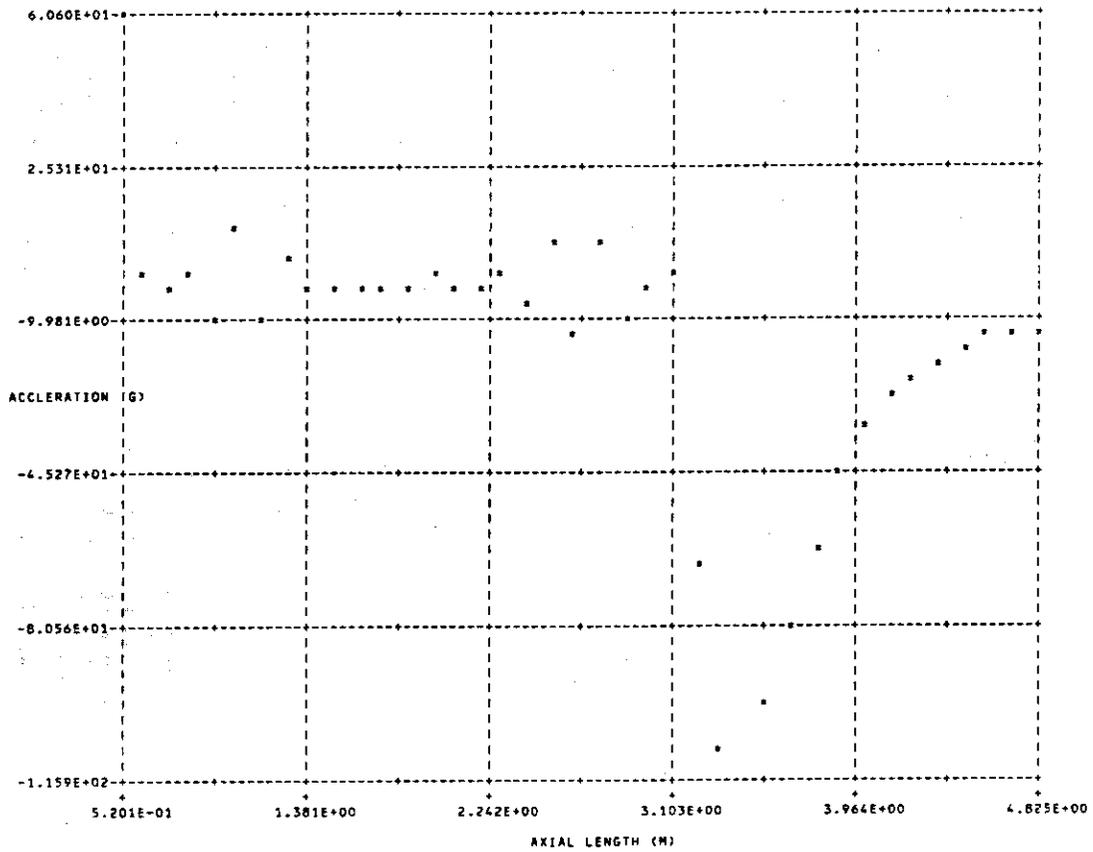


Fig.A.2 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
ACCELERATION DISTRIBUTION TIME = 0.50100E-02 (SEC)

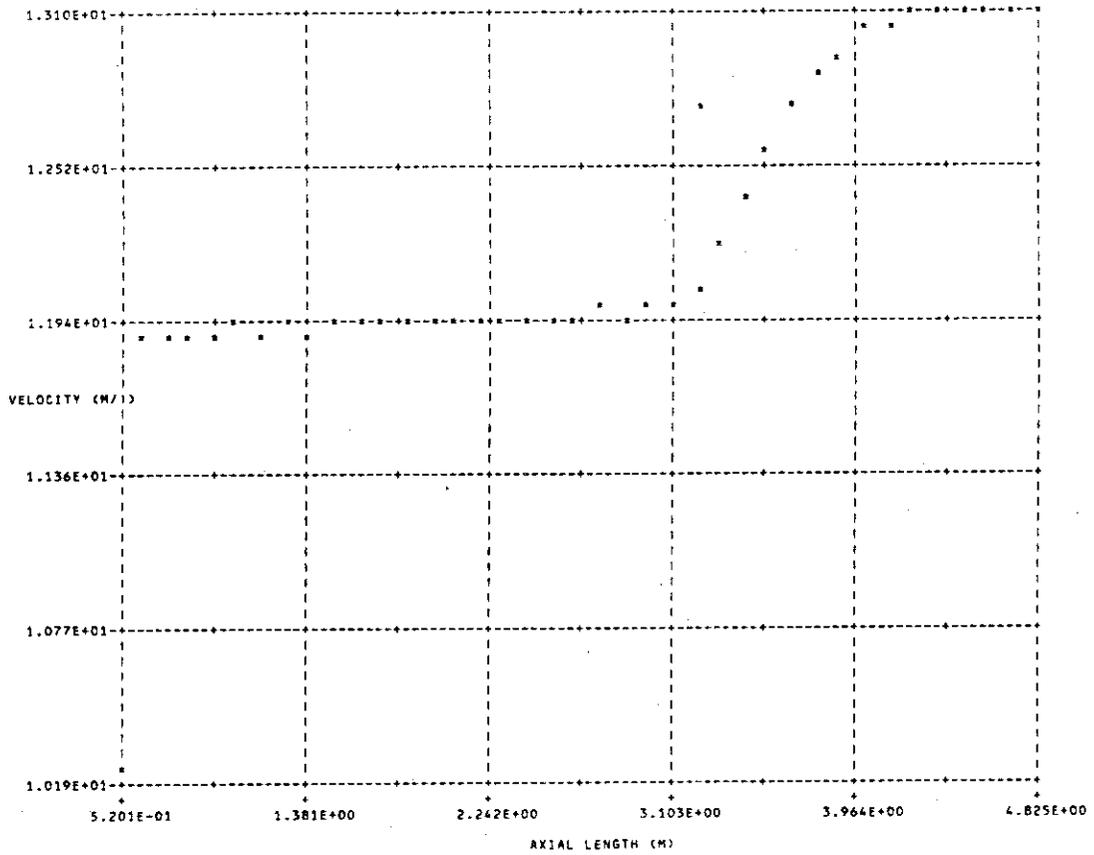


Fig.A.3 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
VELOCITY DISTRIBUTION TIME = 0.50100E-02 (SEC)

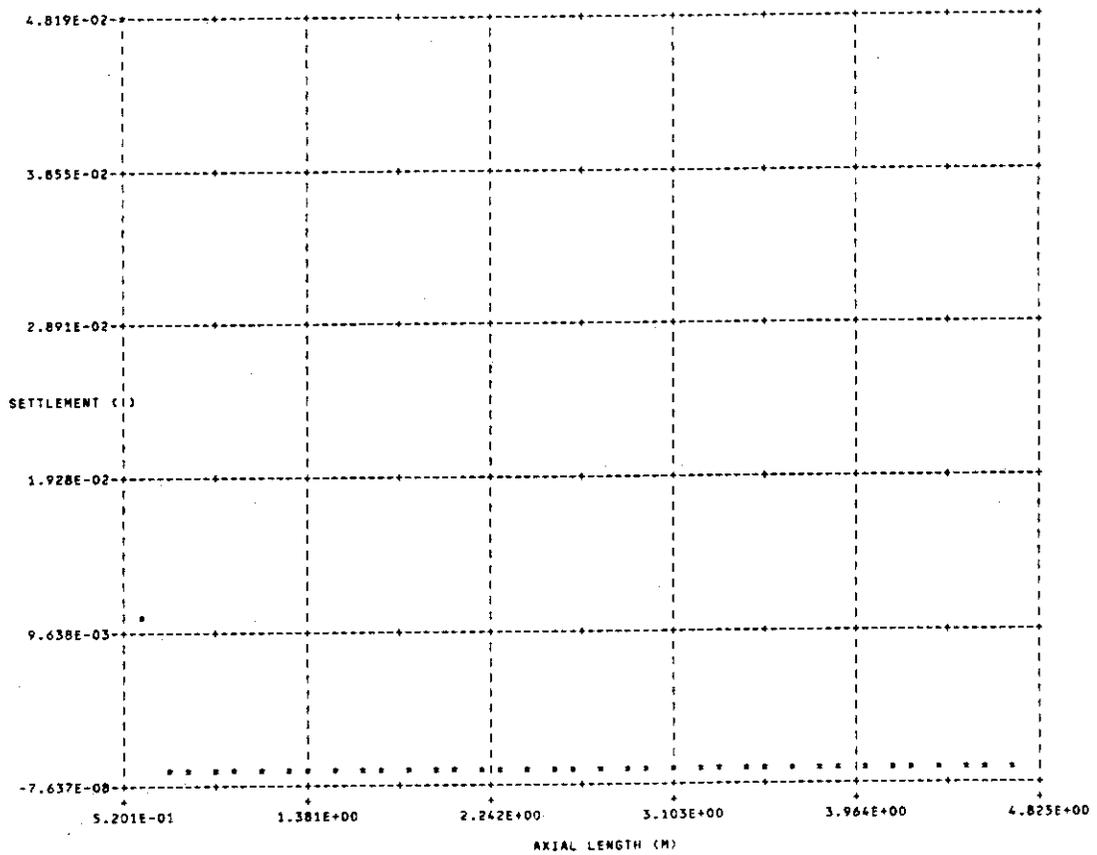


Fig.A.4 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
SETTLEMENT DISTRIBUTION TIME = 0.50100E-02 (SEC)

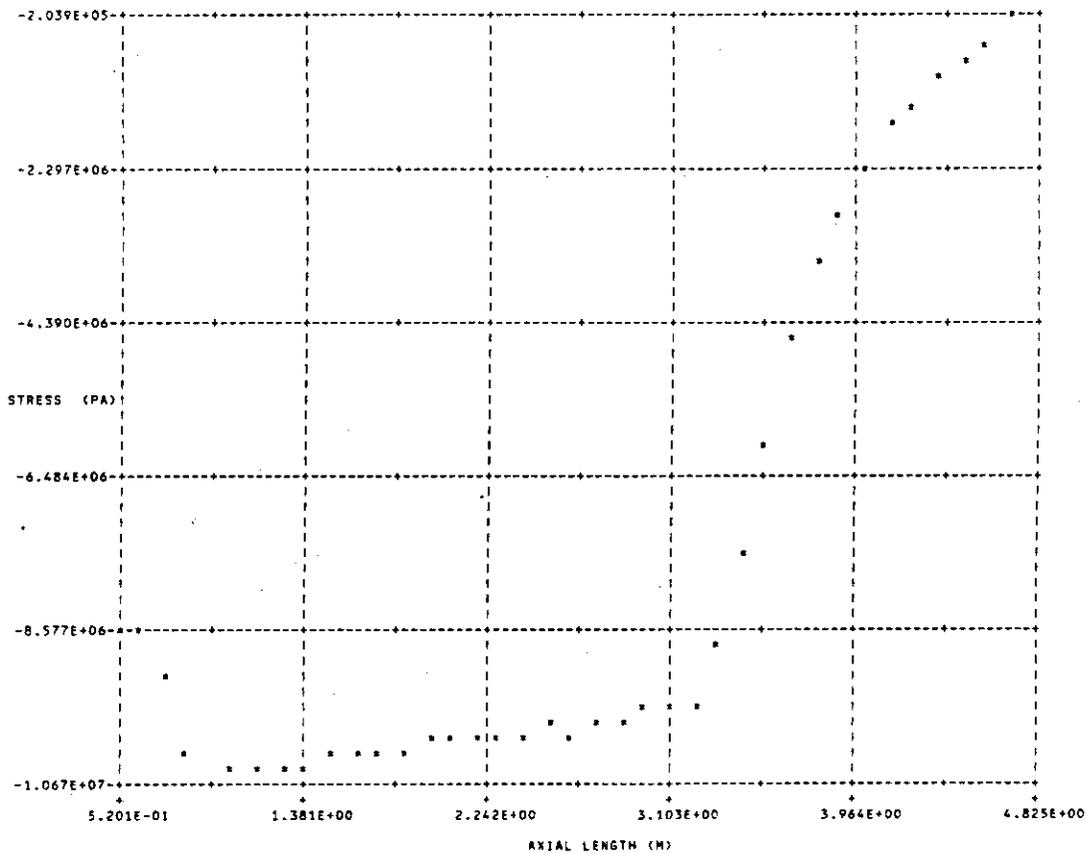


Fig.A.5 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
STRESS DISTRIBUTION TIME = 0.50100E-02 (SEC)

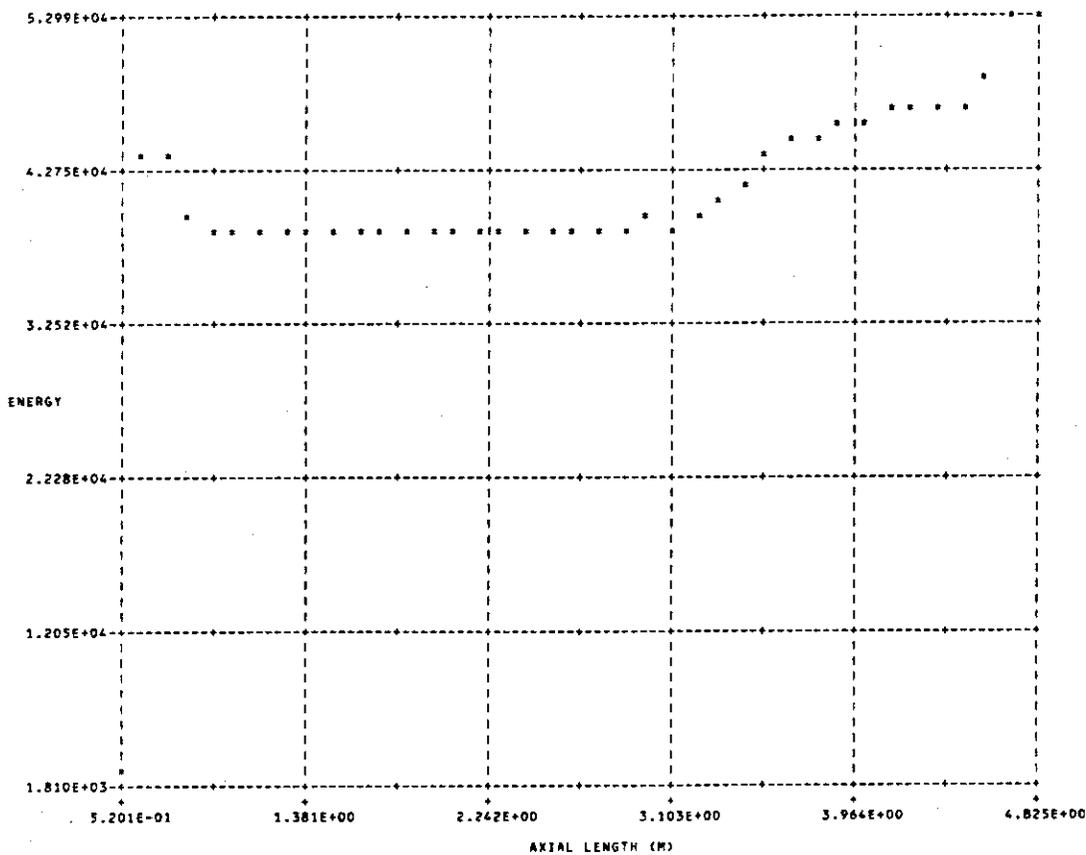


Fig.A.6 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
IMPACT ENERGY DISTRIBUT. TIME = 0.50100E-02 (SEC)

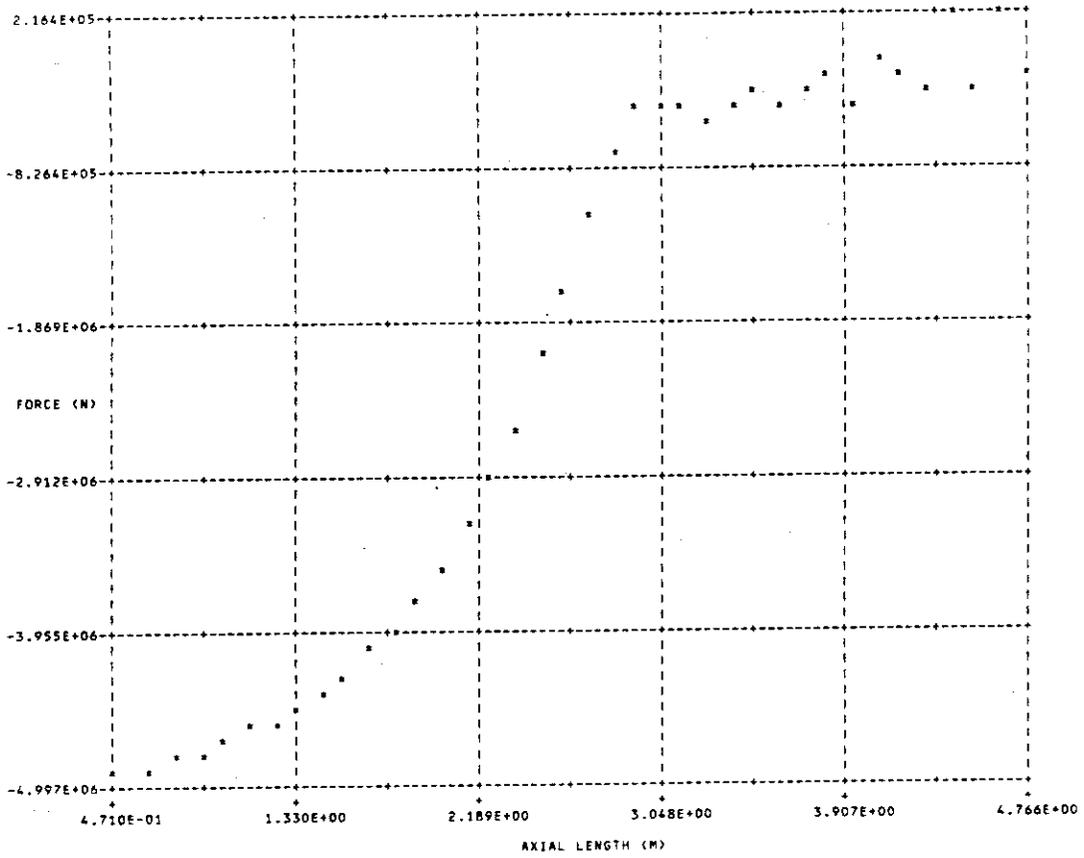


Fig.A.7 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
FORCE DISTRIBUTION TIME = 0.10010E-01 (SEC)

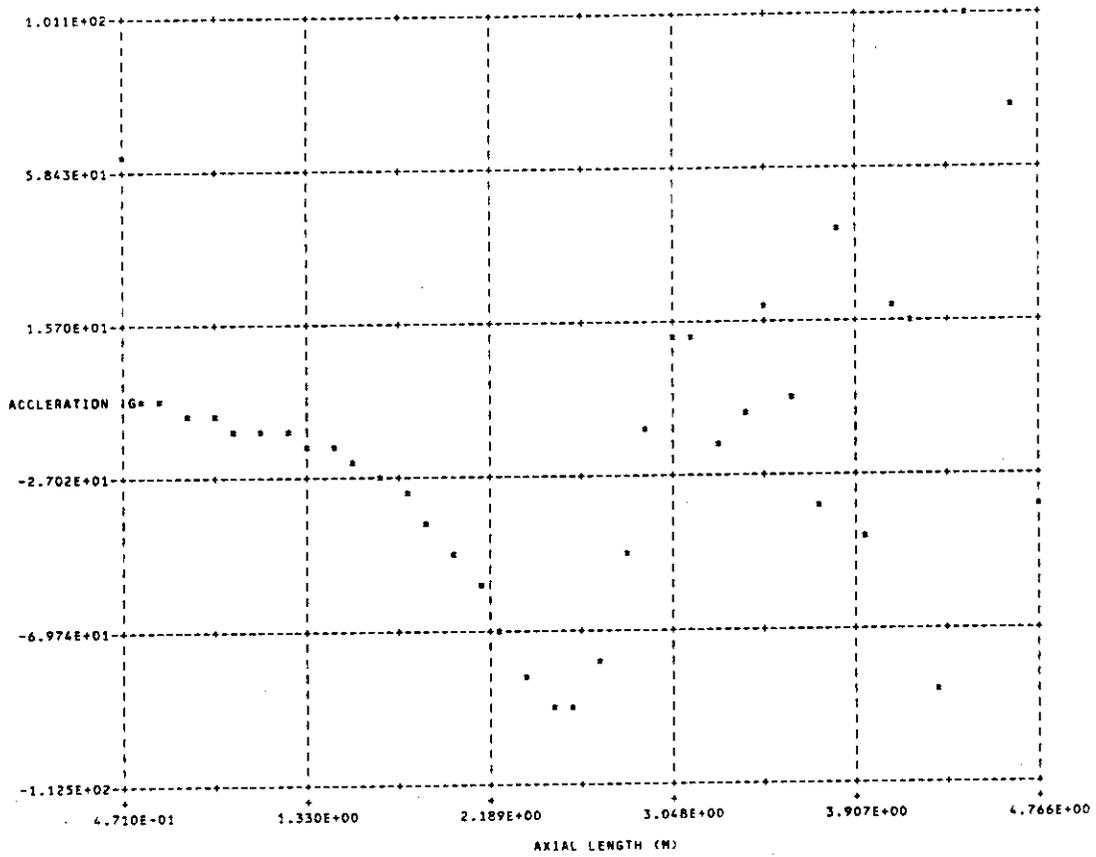


Fig.A.8 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
ACCELERATION DISTRIBUTION TIME = 0.10010E-01 (SEC)

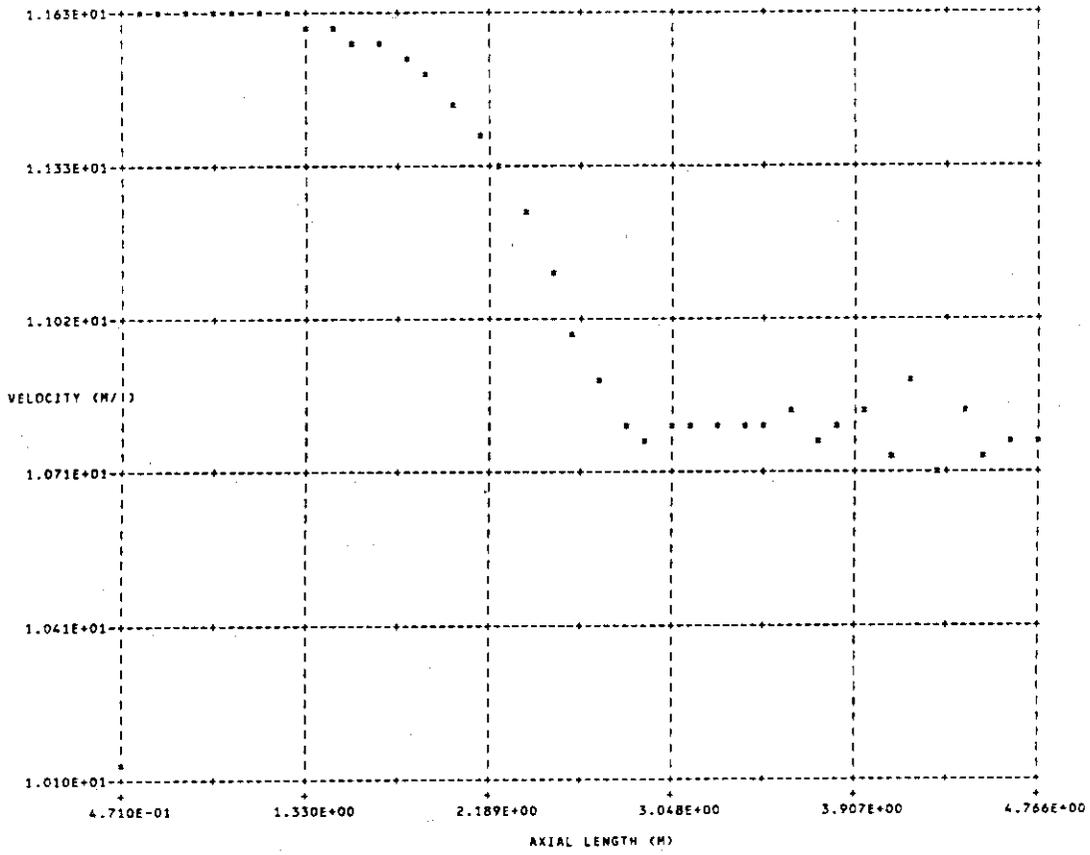


Fig.A.9 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
 VELOCITY DISTRIBUTION TIME = 0.10010E-01 (SEC)

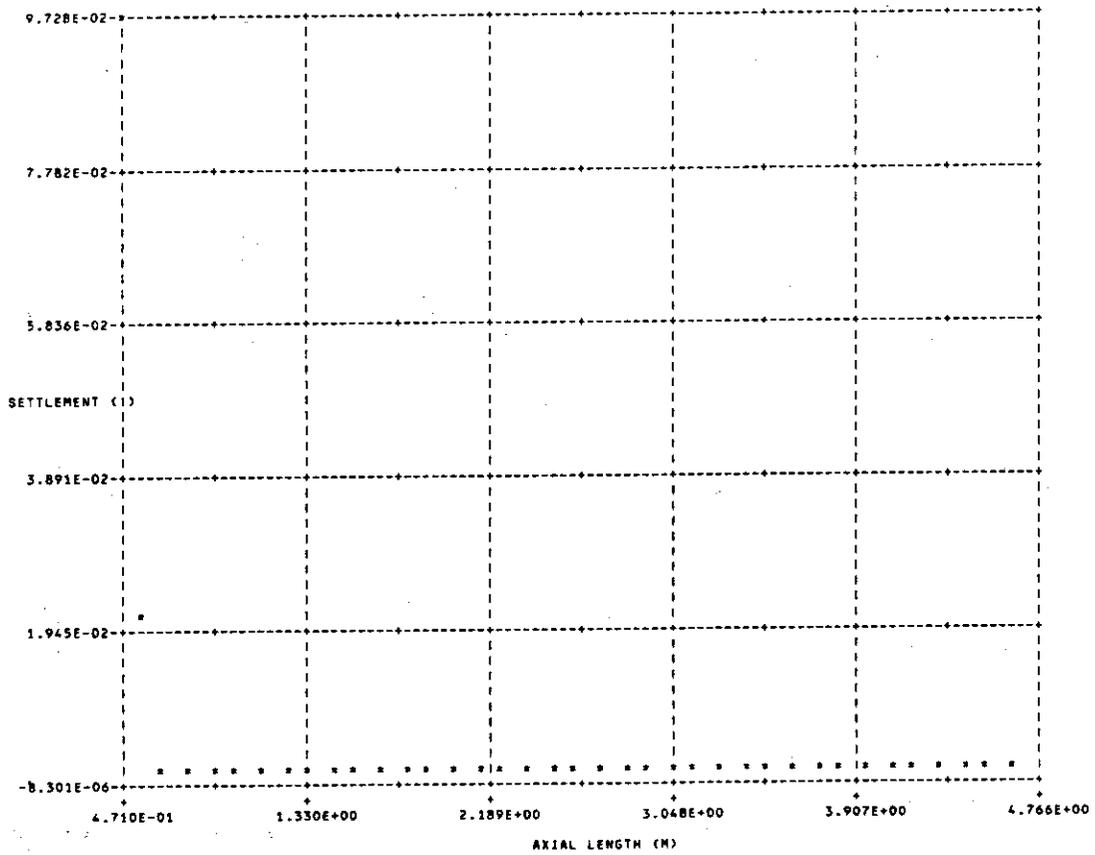


Fig.A.10 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
 SETTLEMENT DISTRIBUTION TIME = 0.10010E-01 (SEC)

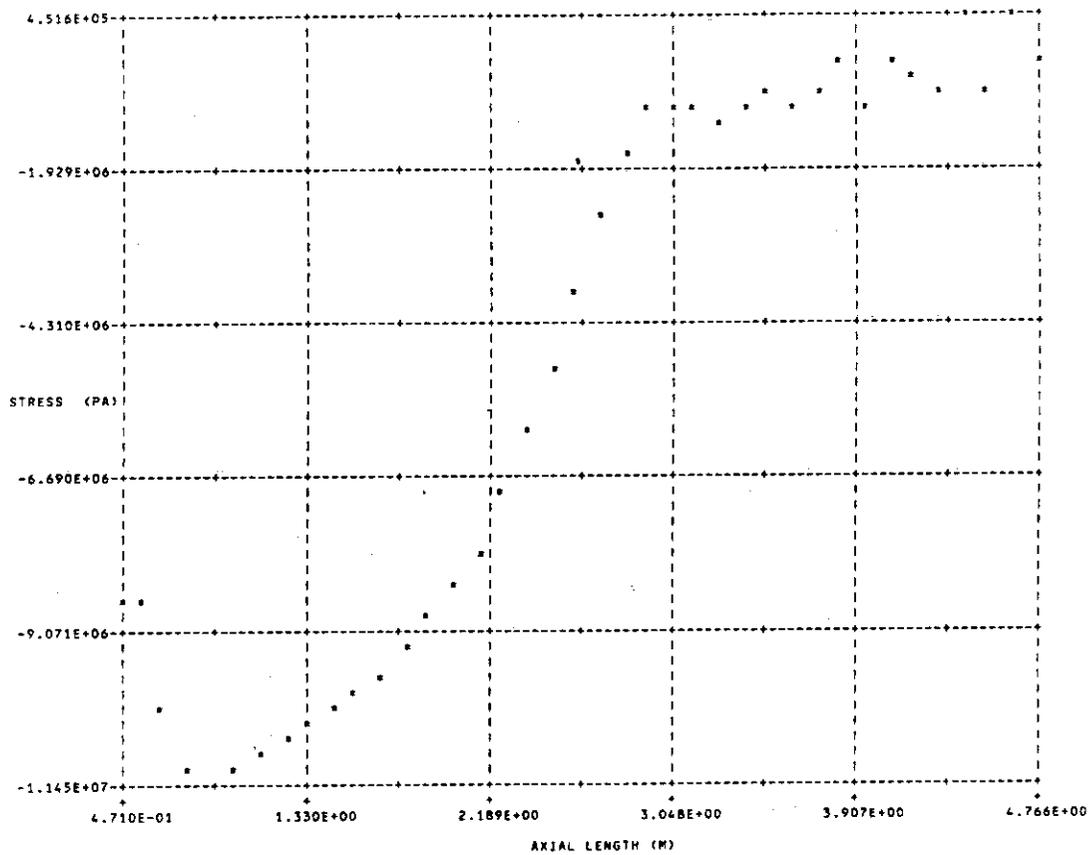


Fig.A.11 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
STRESS DISTRIBUTION TIME = 0.10010E-01 (SEC)

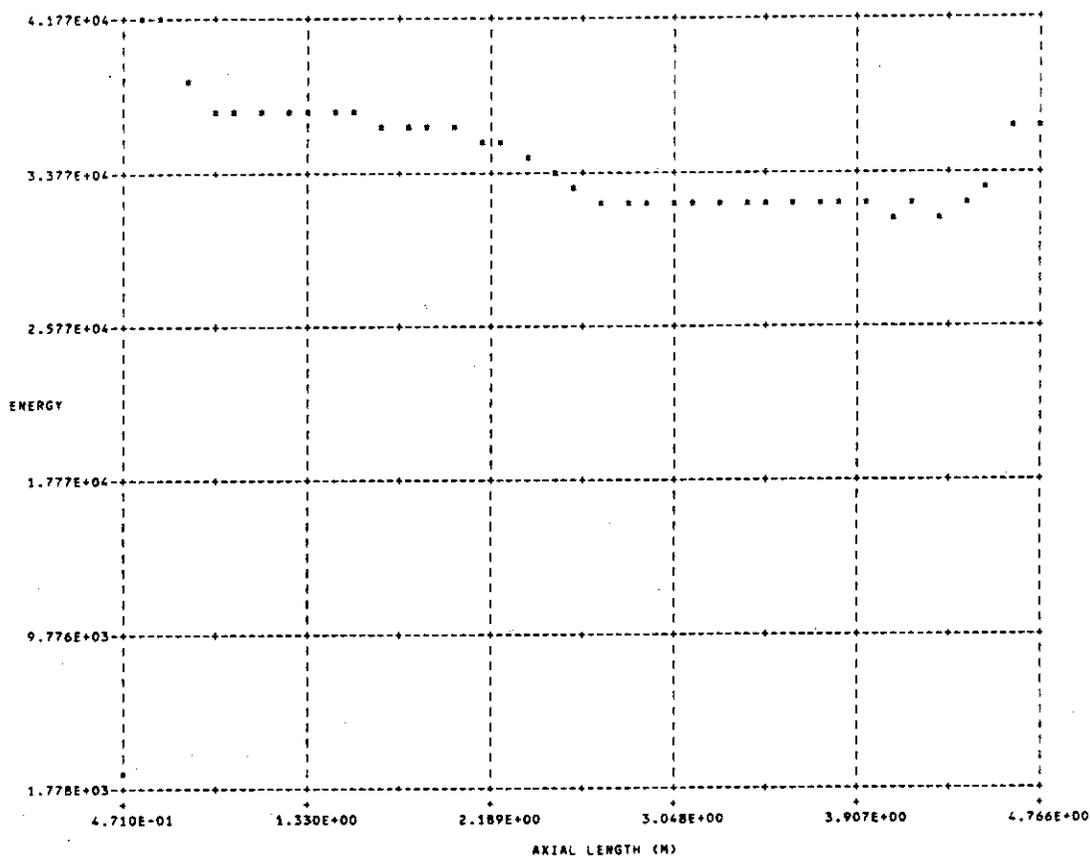


Fig.A.12 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
IMPACT ENERGY DISTRIBUT. TIME = 0.10010E-01 (SEC)

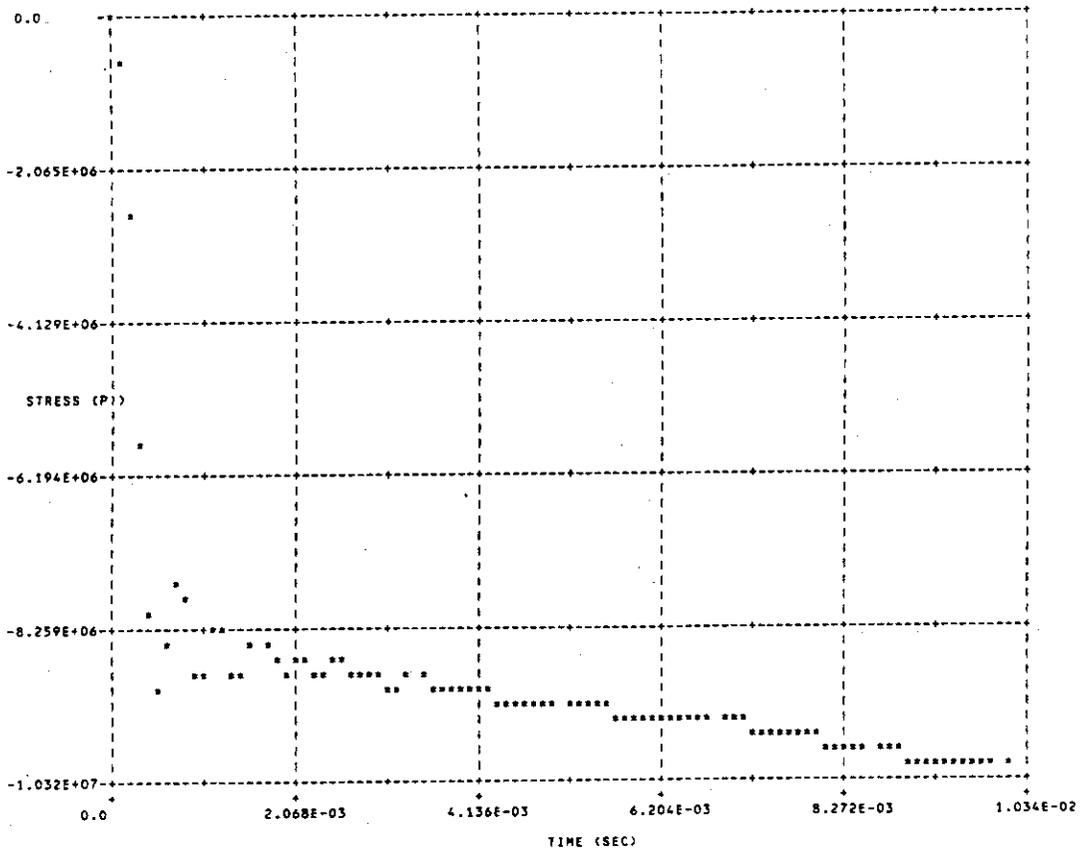


Fig.A.13 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
STRESS TIME HISTORY SLICE NO. 3

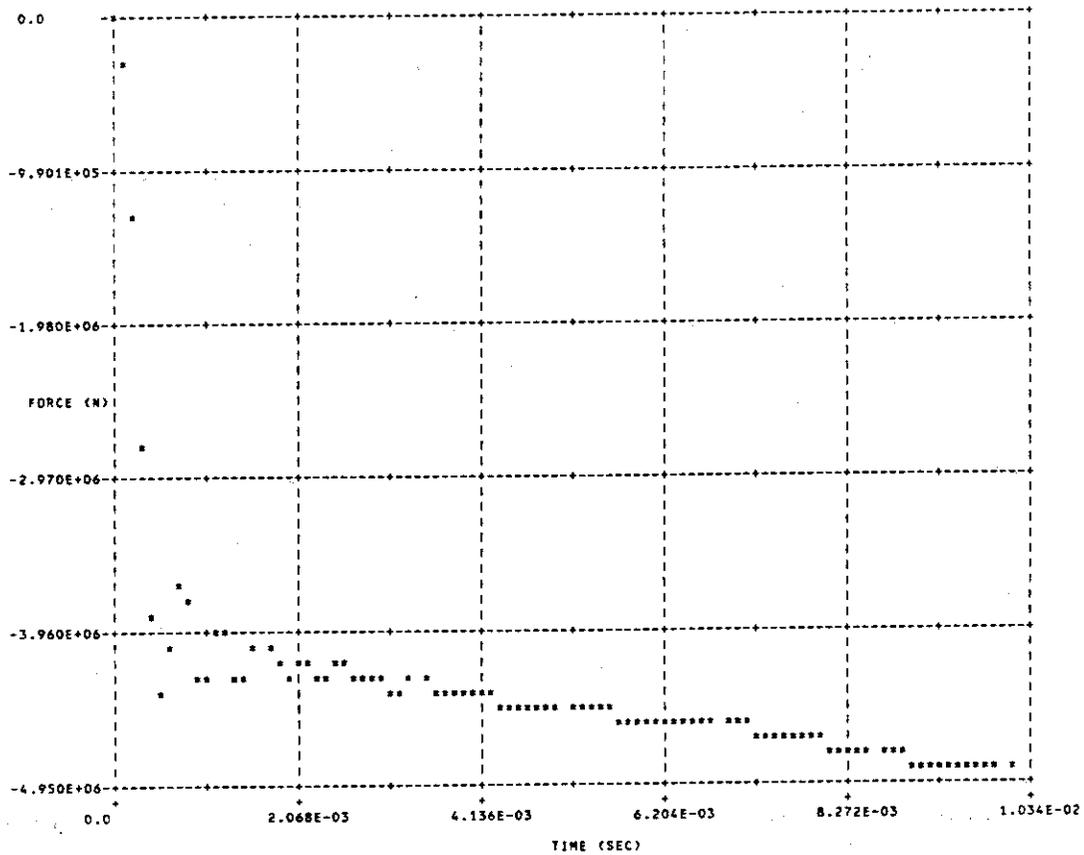


Fig.A.14 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
FORCE TIME HISTORY SLICE NO. 3

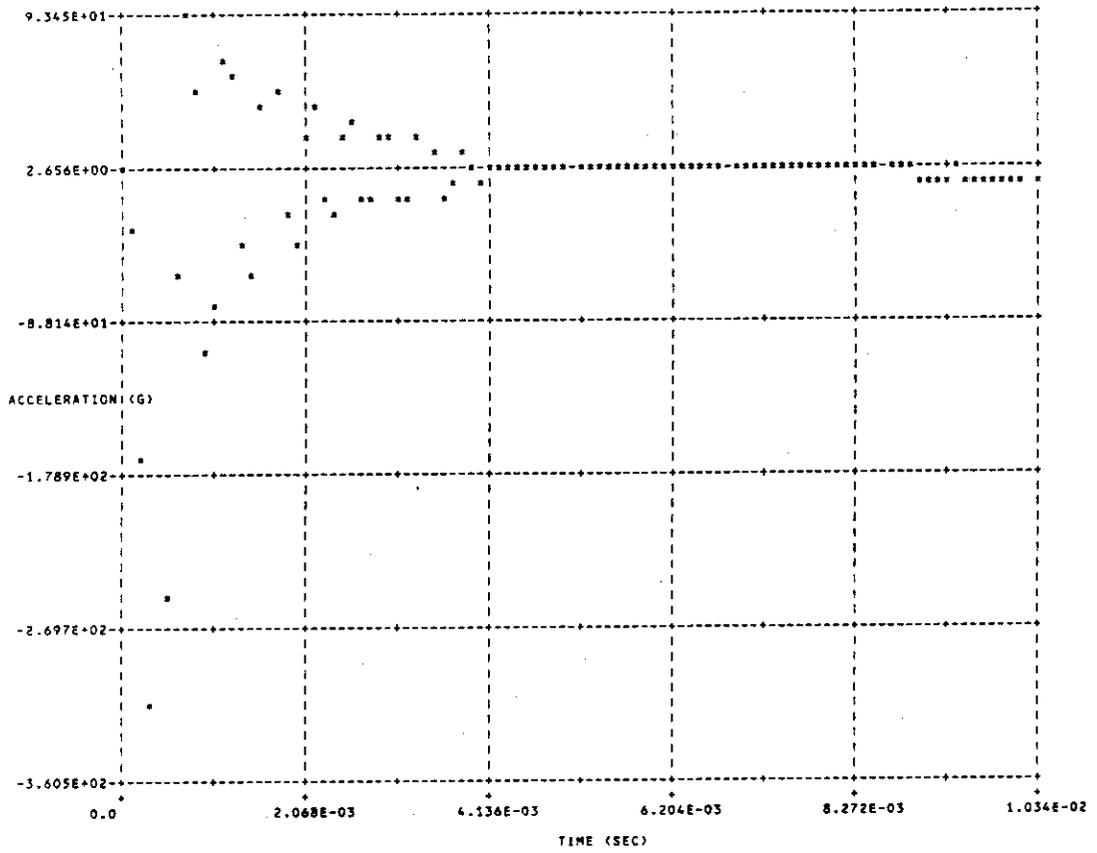


Fig.A.15 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.

ACCELERATION TIMEHISTORY SLICE NO. 3

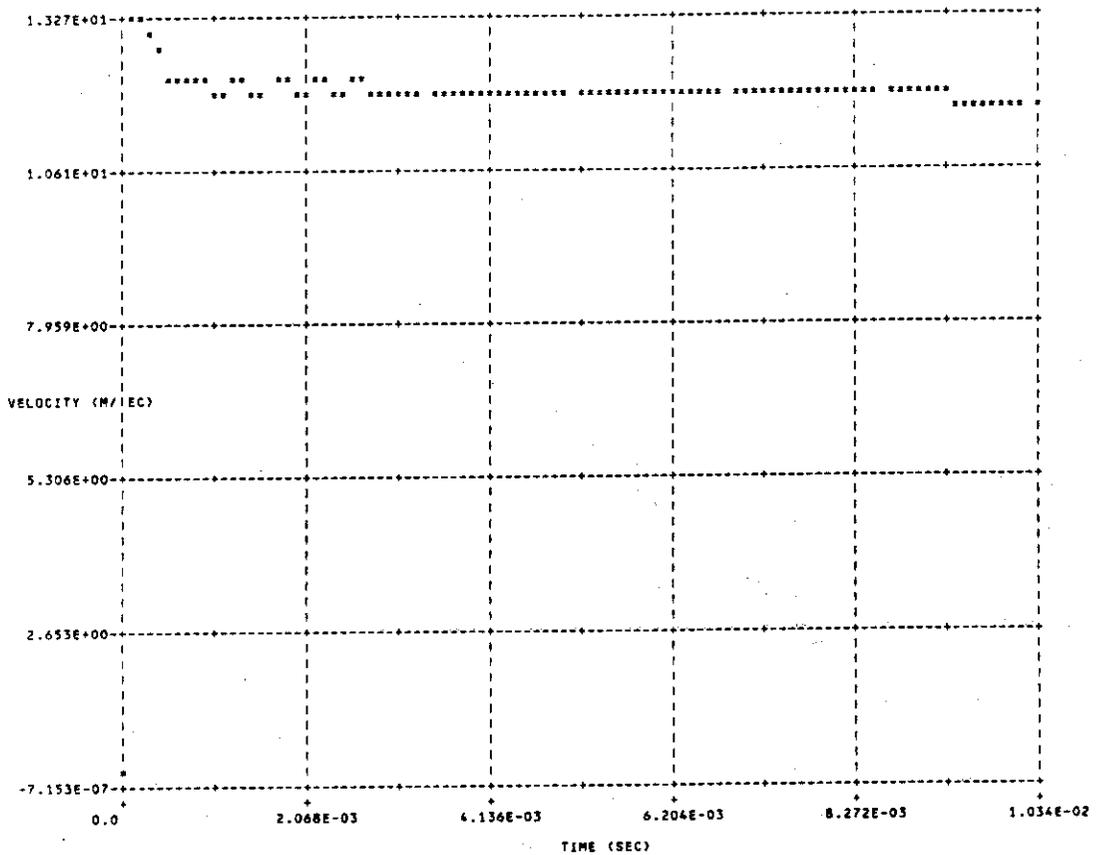
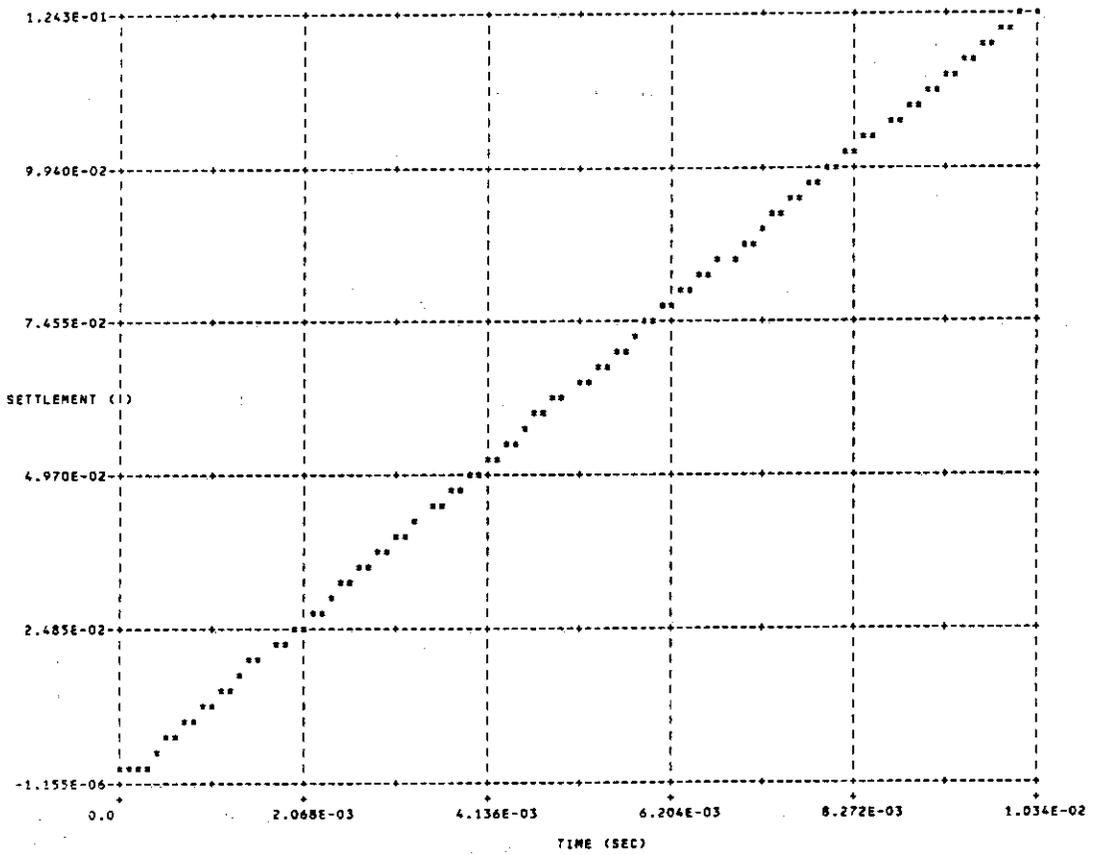
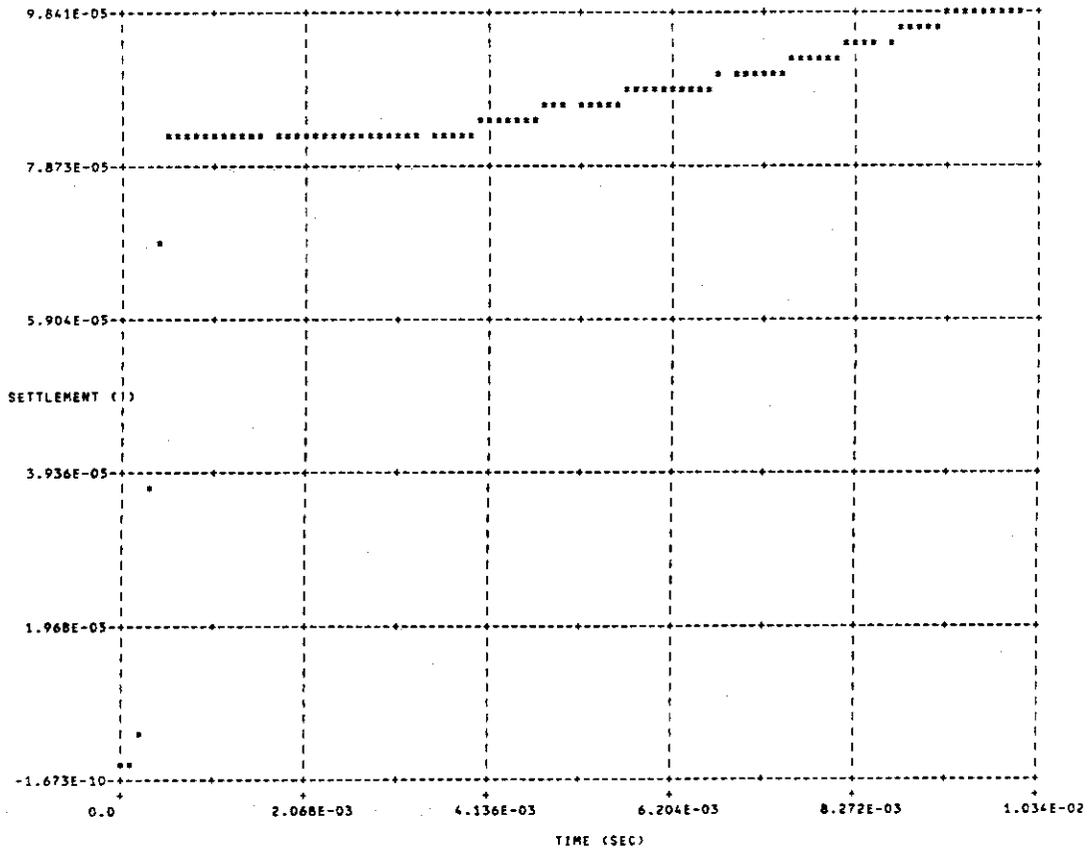


Fig.A.16 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.

VELOCITY TIME HISTORY SLICE NO. 3



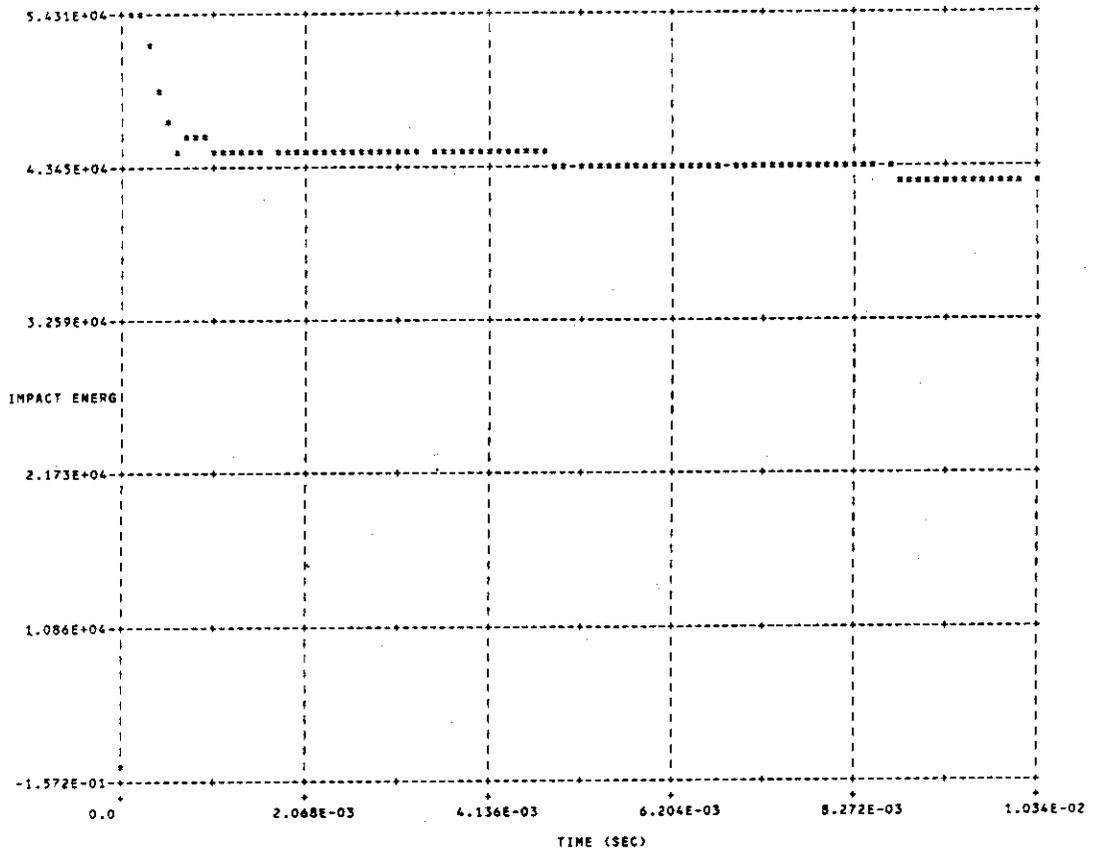


Fig. A.19 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.

IMPACT ENERGY HISTORY SLICE NO. 3

Table B.1 Sample Output No.2

```
*****
* INPUT DATA LIST *
*****
```

```
.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8
1 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER. 1
2 &DATA NFLS=40,CYLRAD(4)=0.136525,CYLRAD(5)=0.390525, 2
3 HEIGHT(4)=3.81,HEIGHT(5)=4.54525,ITP=3, 3
4 MATNO(1,5)=6,MATNO(2,5)=38*2,MATNO(40,5)=6, 4
5 STLCLT(2)=38*0.0127,YSTCL=5.16E8,STRS12(6)=8.61E7, 5
6 THICK(1)=0.5681563,NELEM2=39, 6
7 IPLPLT=1,IPLPLA=1,IPLPLB=1,IPLPLC=1,IPLPLD=1, 7
8 IPLPLE=1,IPLPLH=1,IPLPLI=1,IPLPLK=1, 8
9 TPRT=0.005,TEND=1.05E-2,&END 9
.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8
```

\*\*\* INPUT DATA END \*\*\*

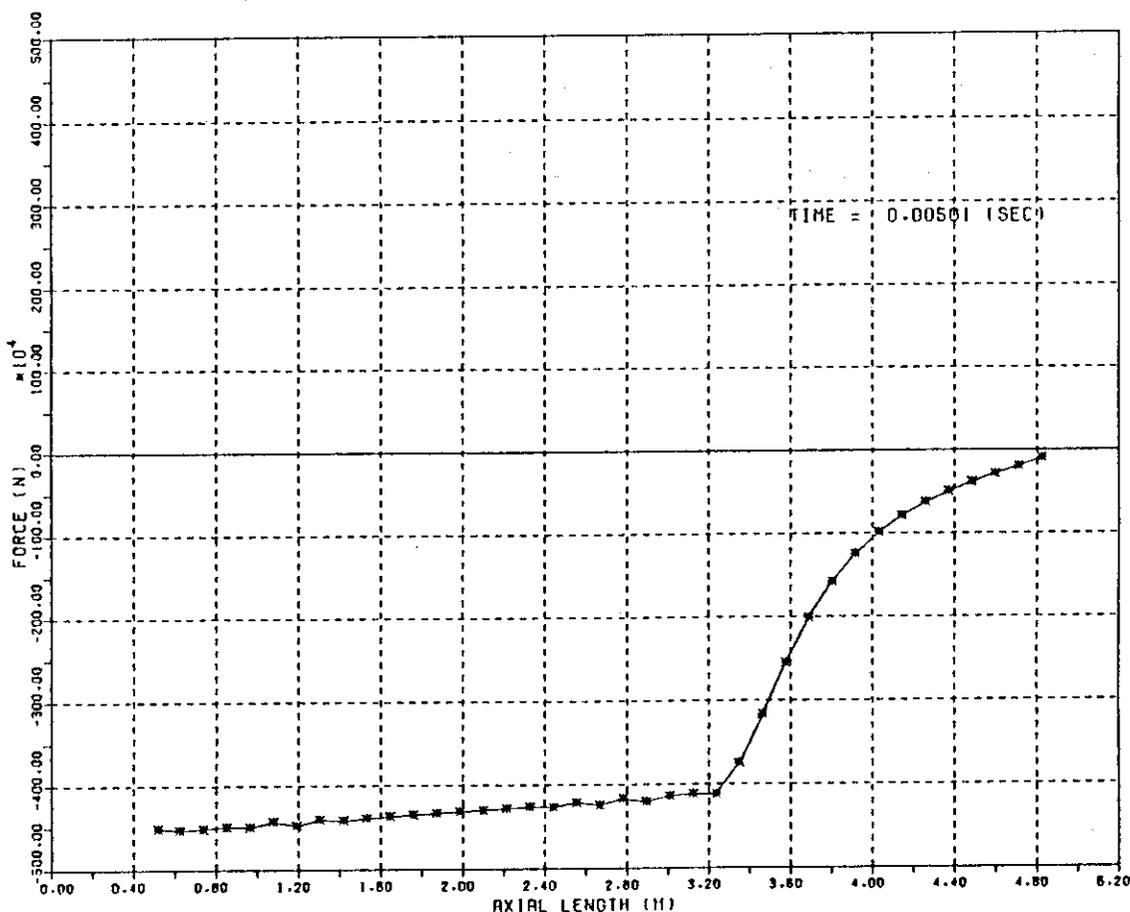


Fig.B.1 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
FORCE DISTRIBUTION

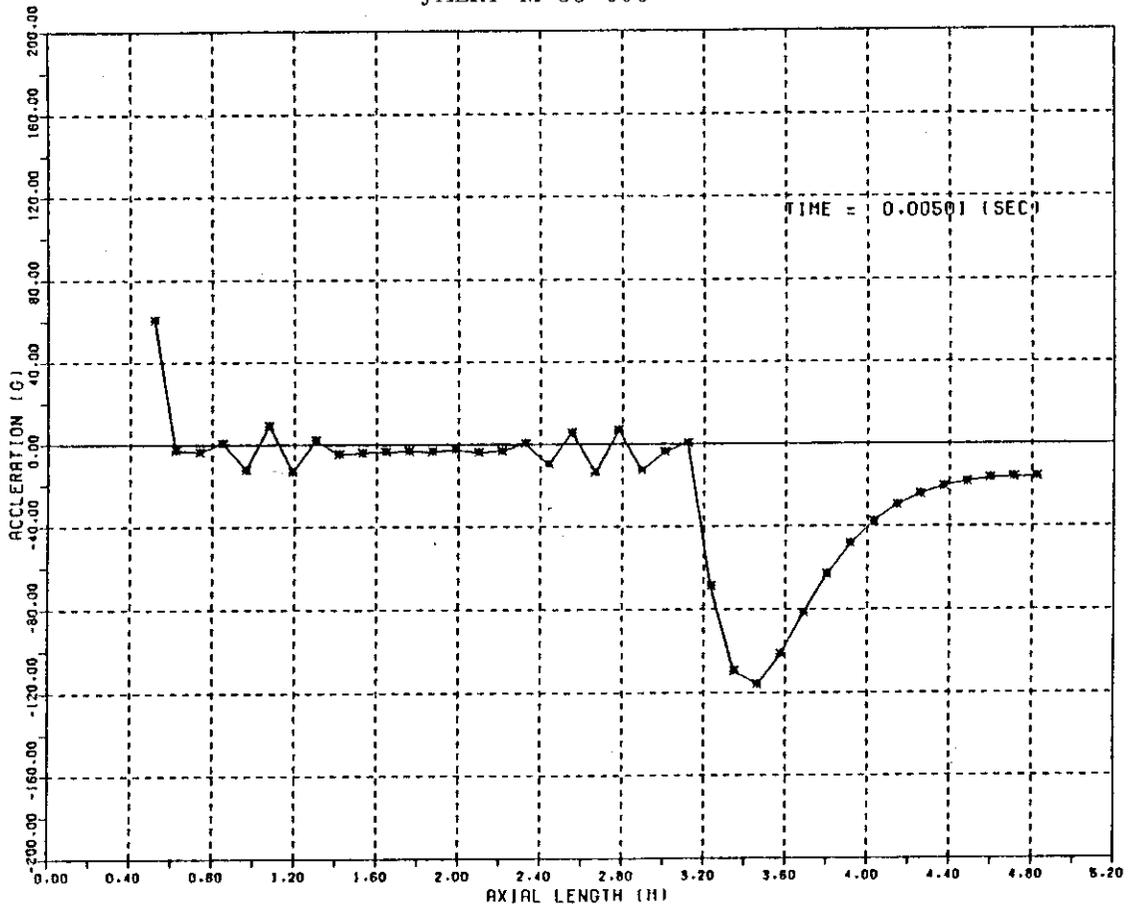


Fig.B.2 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
ACCELERATION DISTRIBUTION

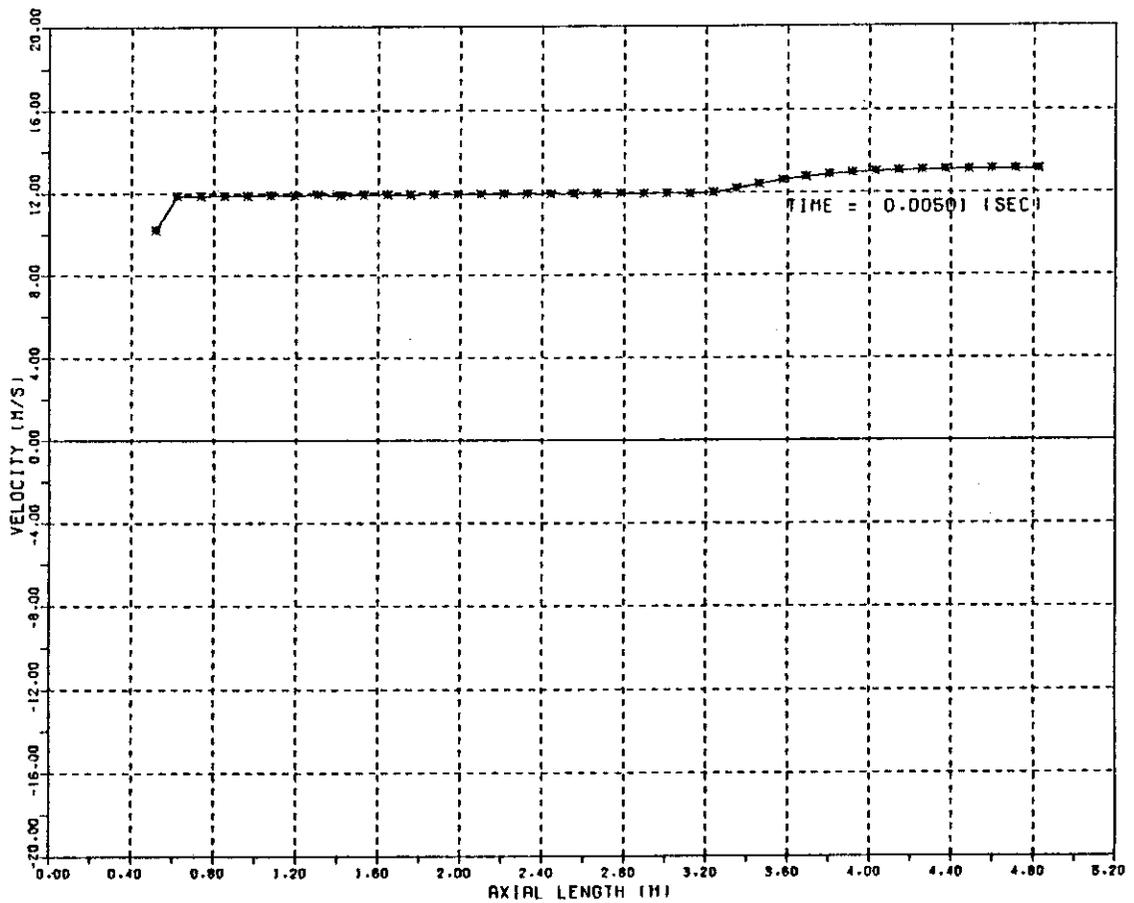


Fig.B.3 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
VELOCITY DISTRIBUTION

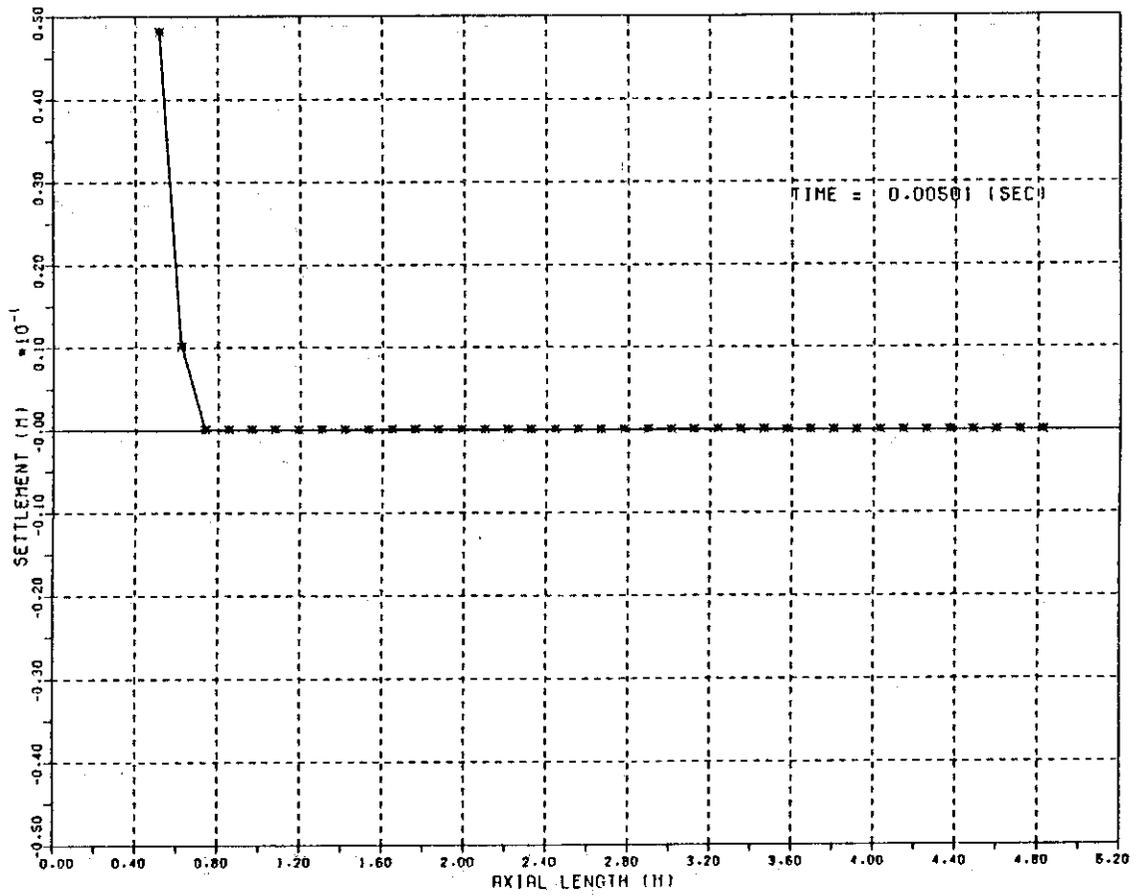


Fig.B.4 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
SETTLEMENT DISTRIBUTION

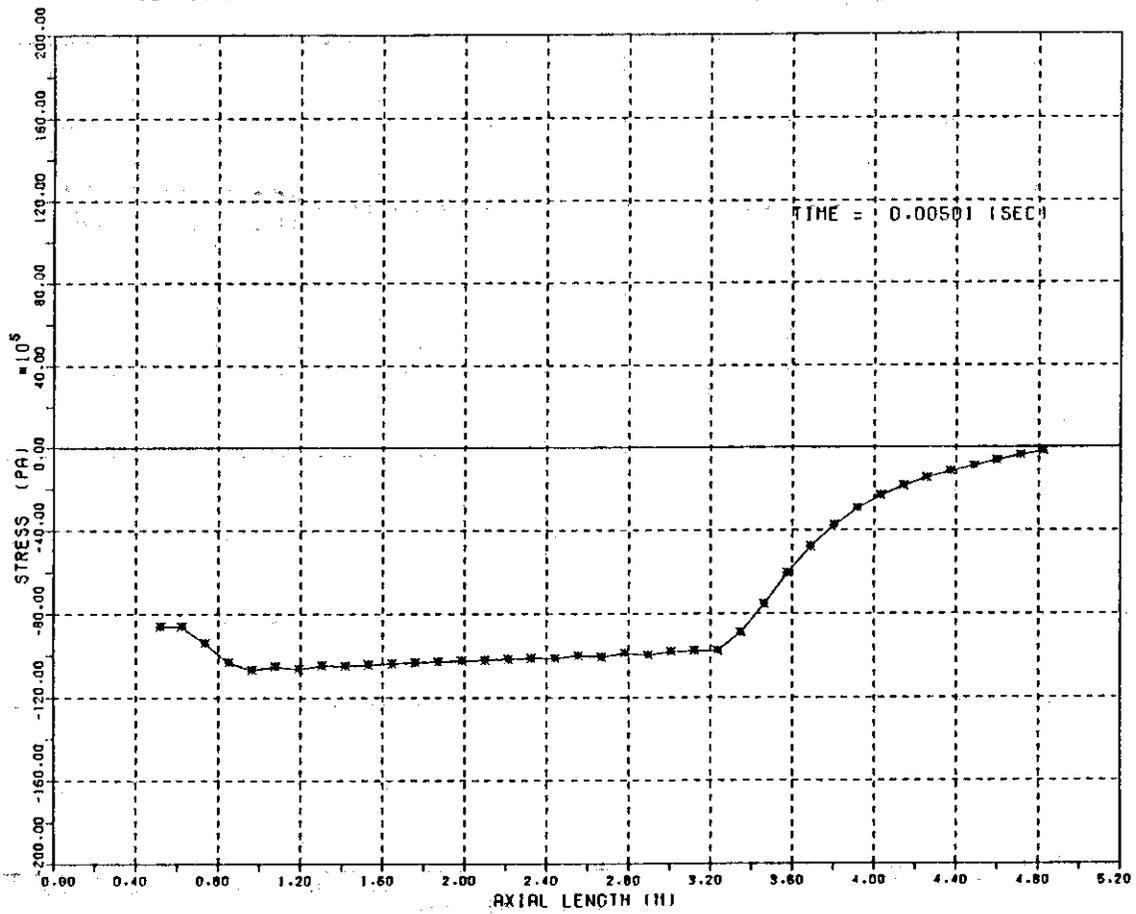


Fig.B.5 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
STRESS DISTRIBUTION

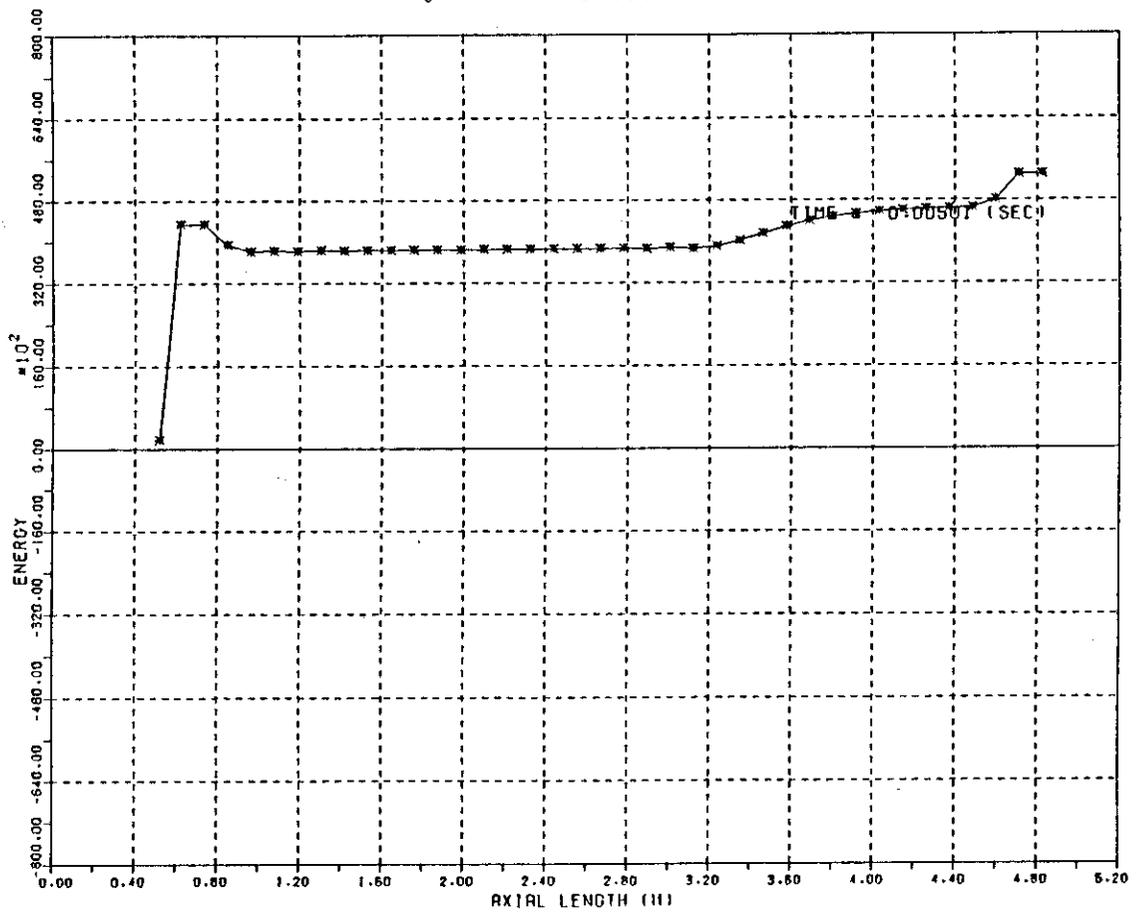


Fig.B.6 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
IMPACT ENERGY DISTRIBUT.

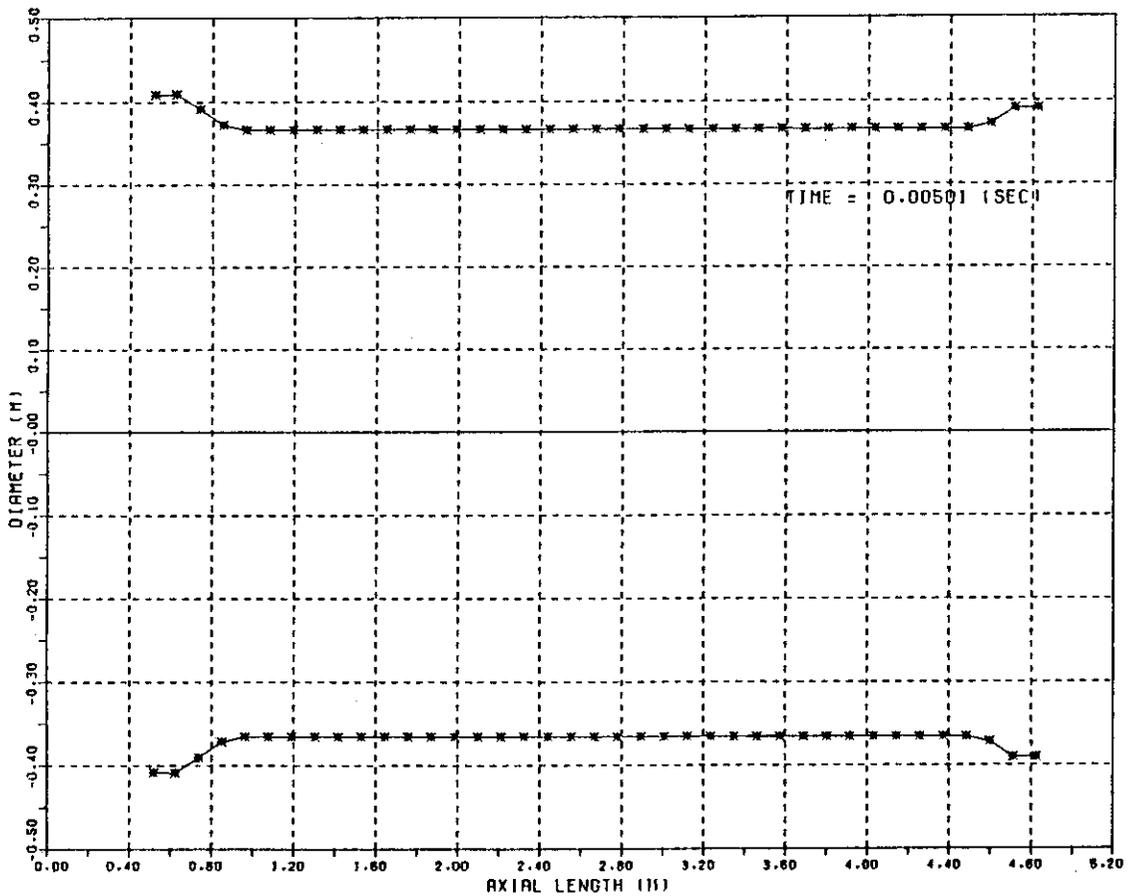


Fig.B.7 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
DIAMETER CHANGE DISTRIBUT.

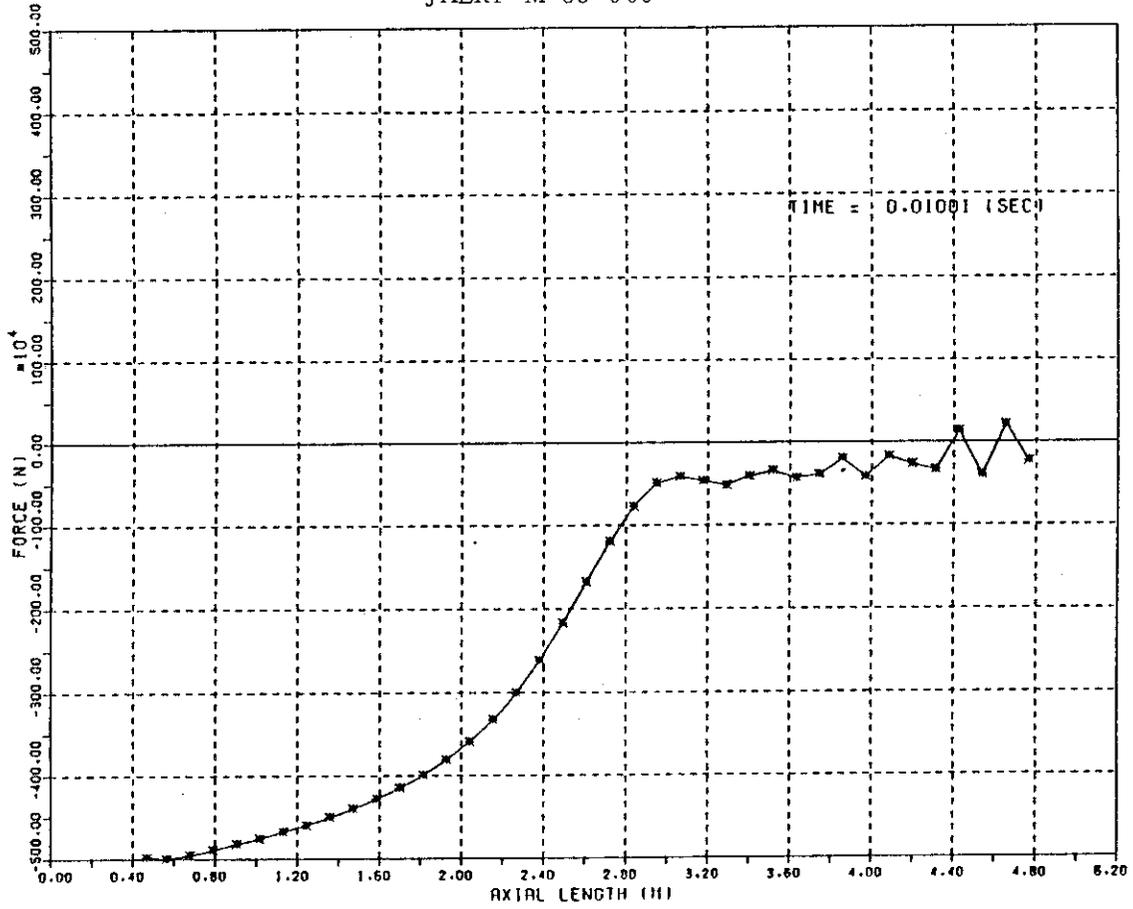


Fig. B.8 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
FORCE DISTRIBUTION

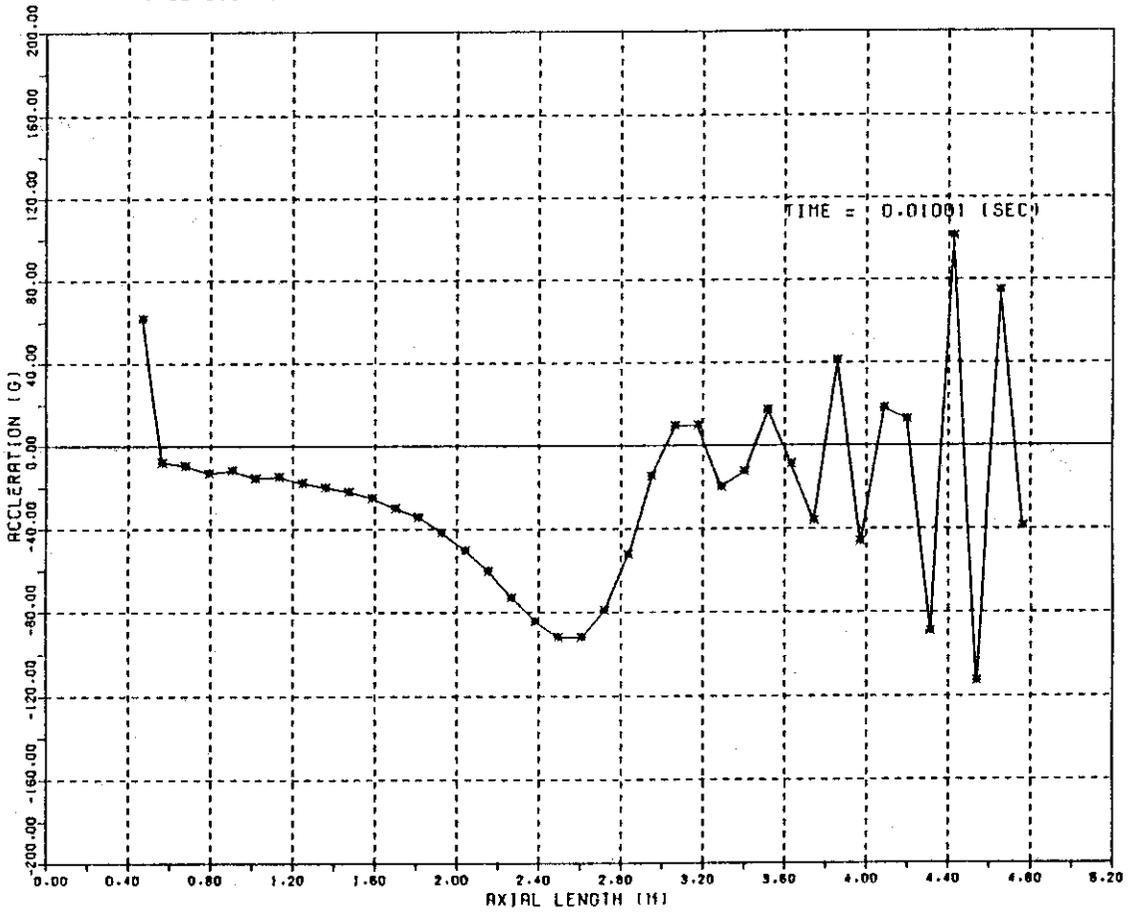


Fig. B.9 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
ACCELERATION DISTRIBUTION

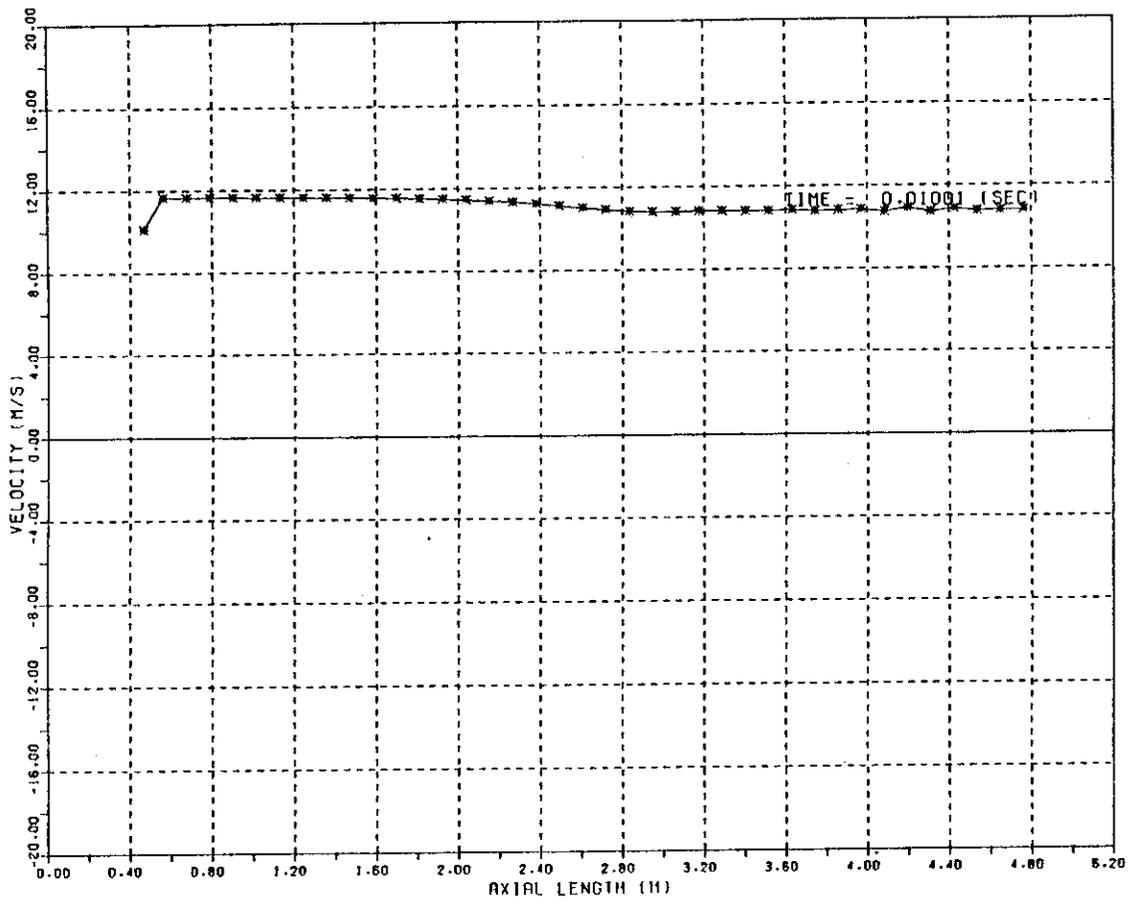


Fig.B.10 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
VELOCITY DISTRIBUTION

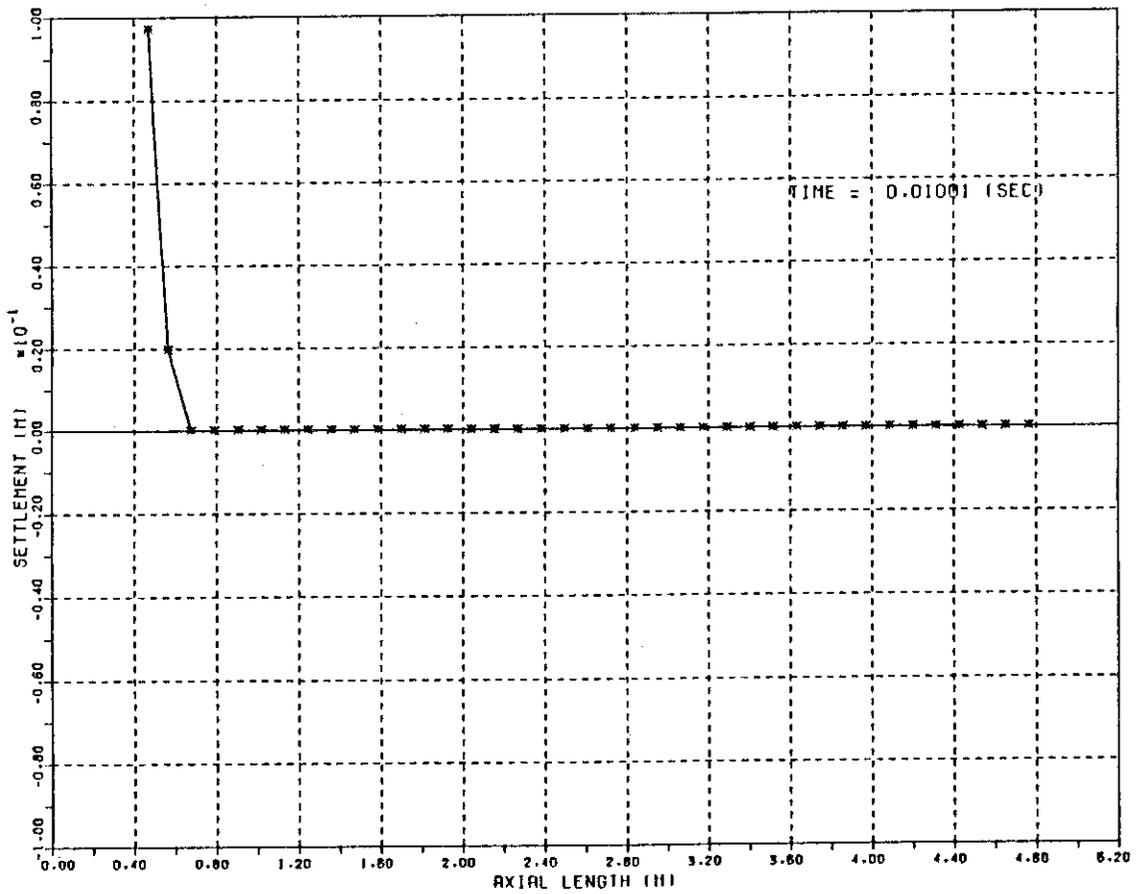


Fig.B.11 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
SETTLEMENT DISTRIBUTION

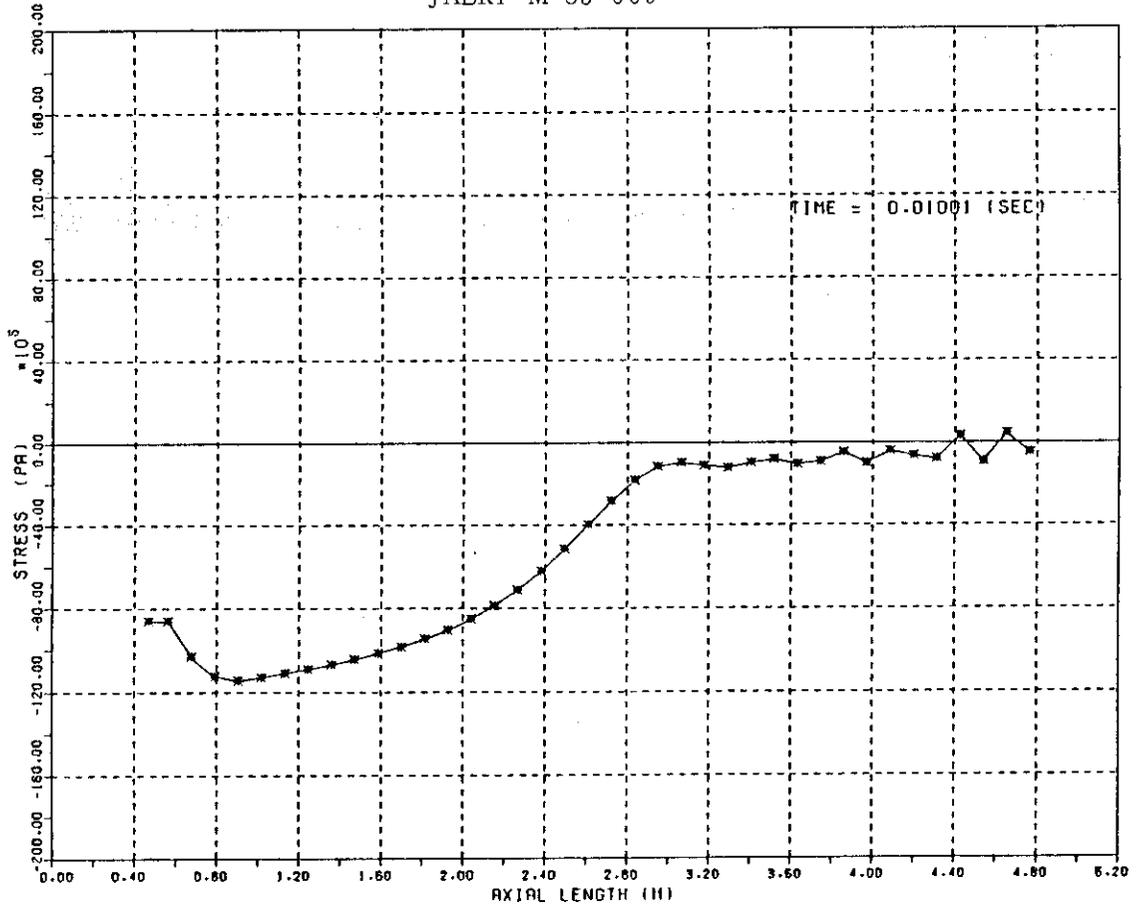


Fig.B.12 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
STRESS DISTRIBUTION

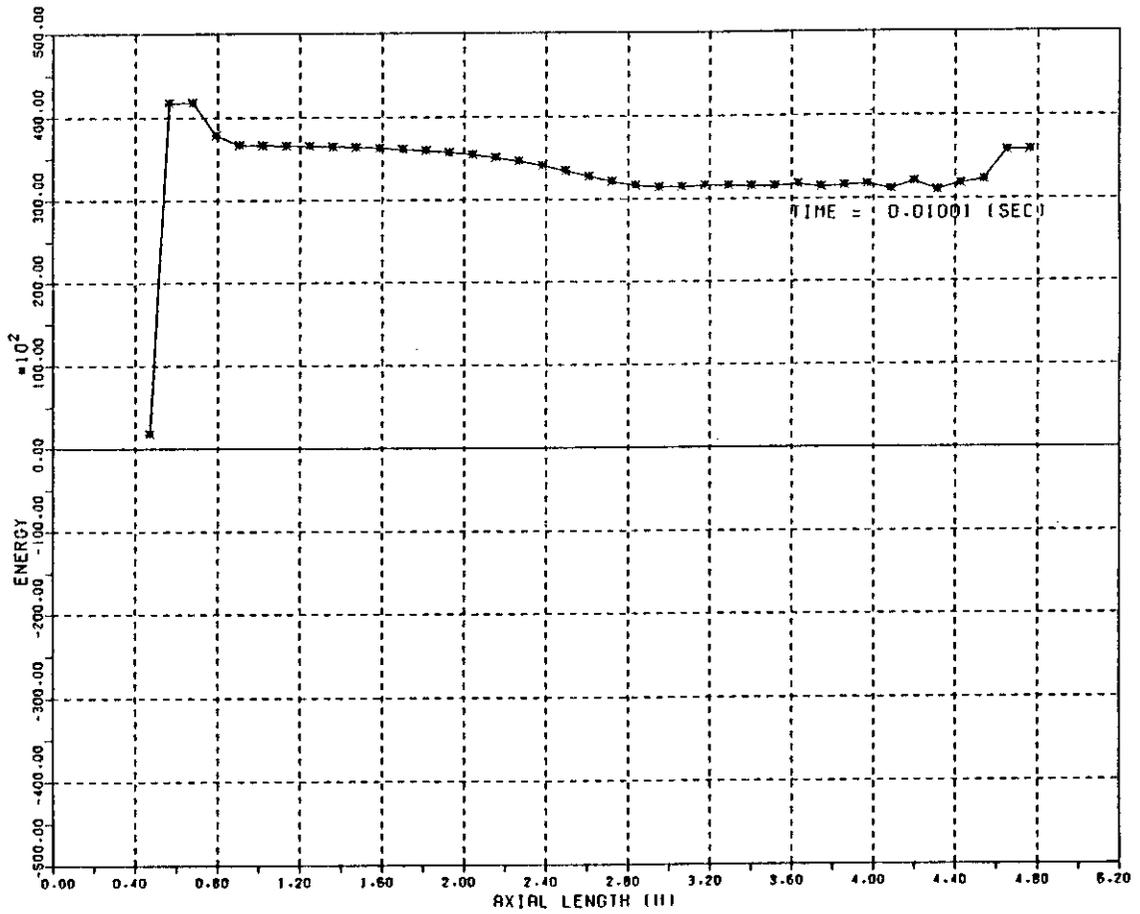


Fig.B.13 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
IMPACT ENERGY DISTRIBUT.

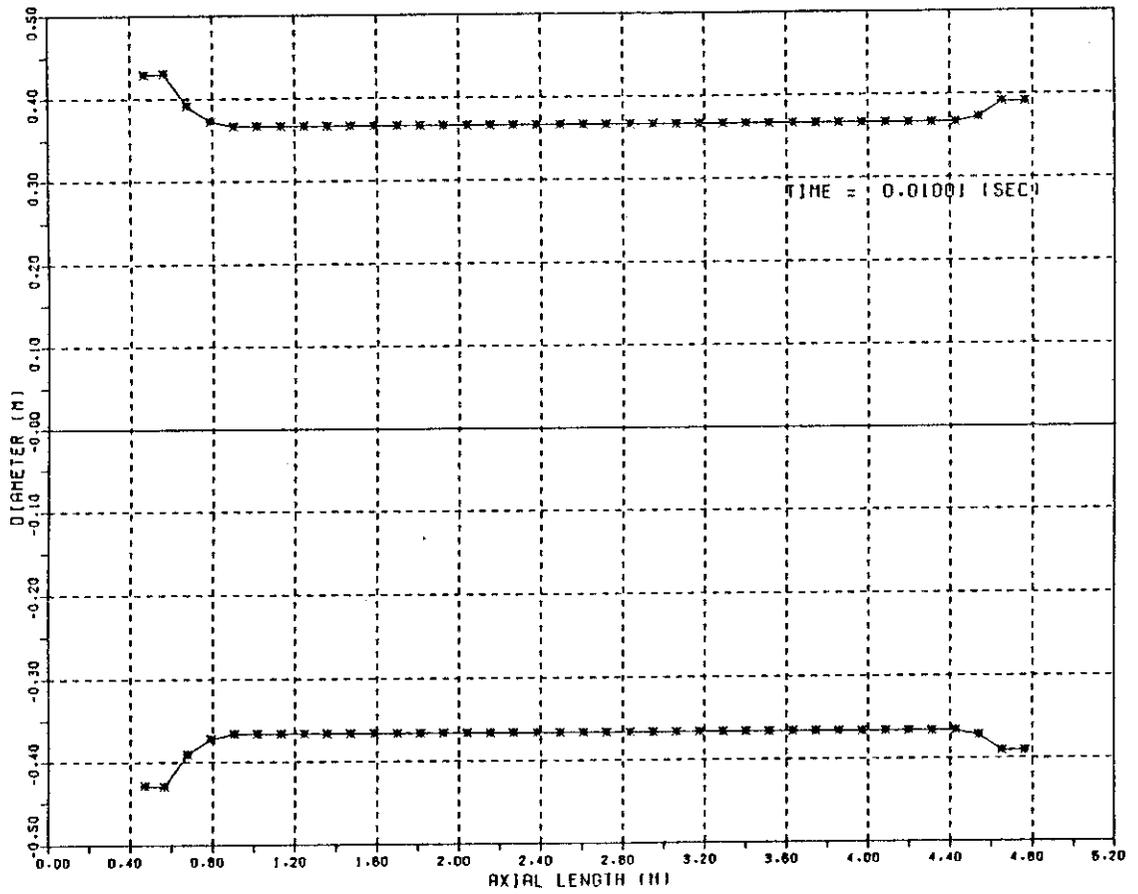


Fig.B.14 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
DIAMETER CHANGE DISTRIB.

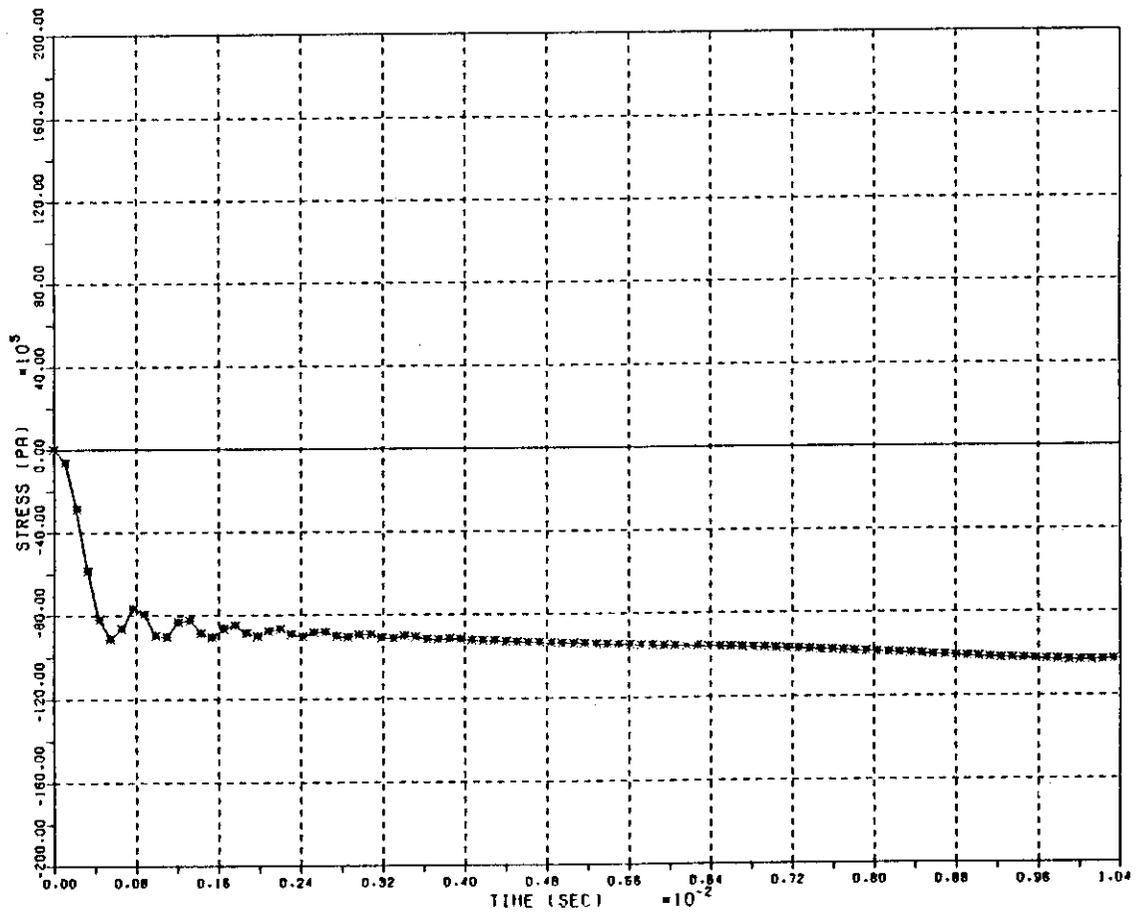


Fig.B.15 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
STRESS TIME HISTORY SLICE NO.3

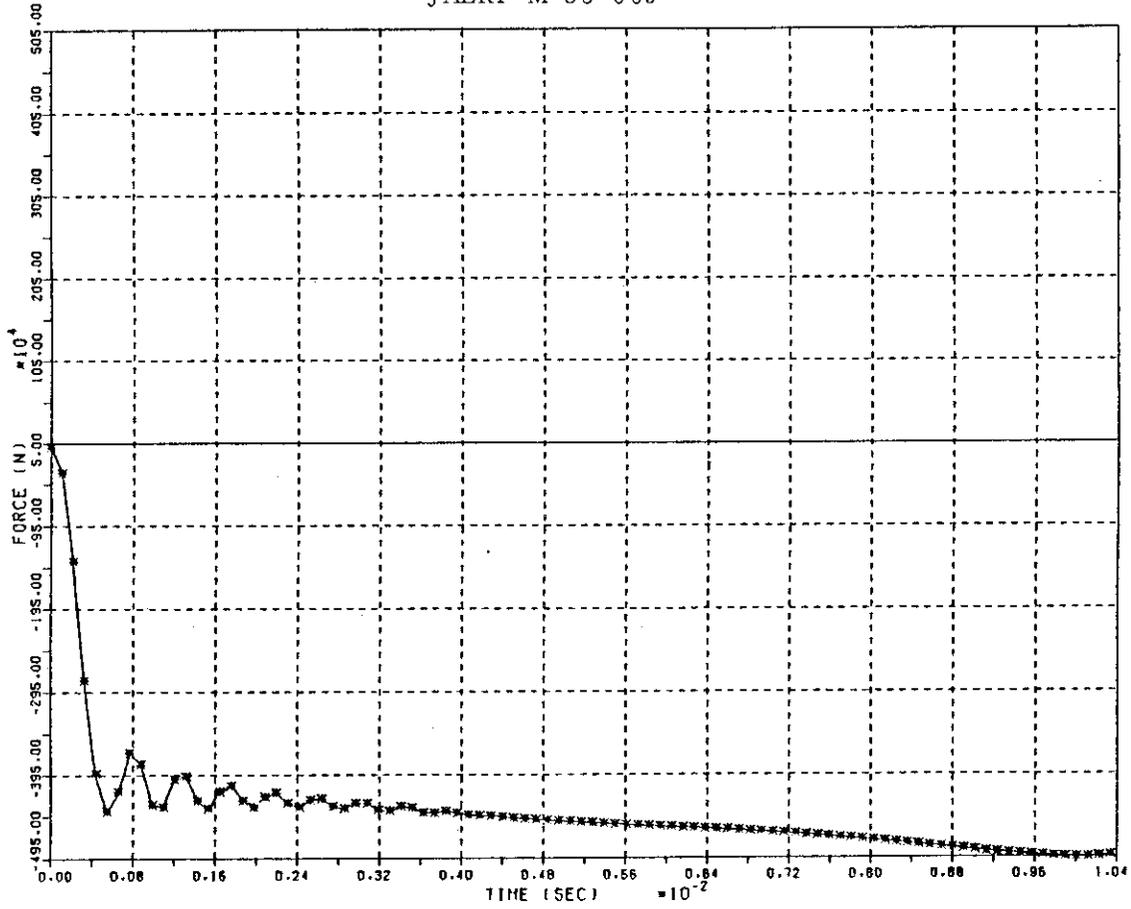


Fig.B.16 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
FORCE TIME HISTORY SLICE NO.3

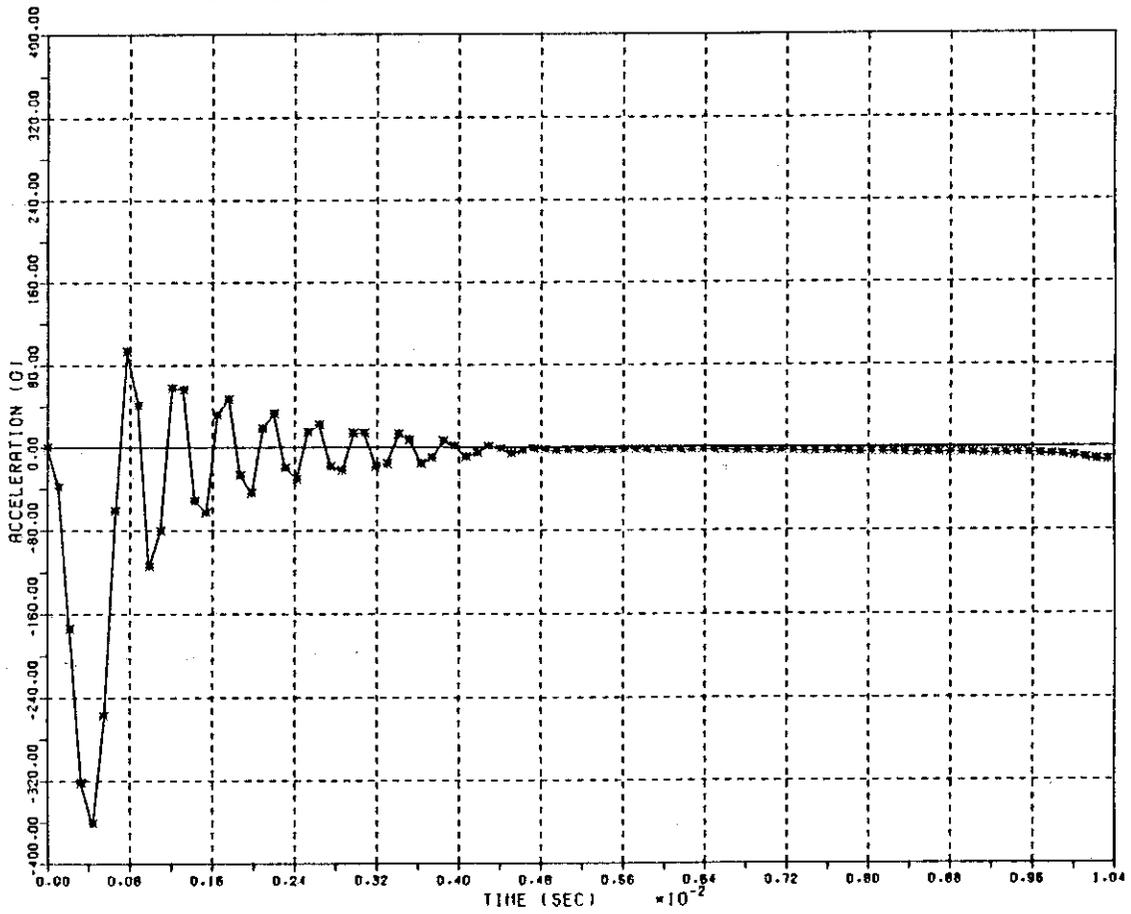


Fig.B.17 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
ACCELERATION TIMEHISTORY SLICE NO.3

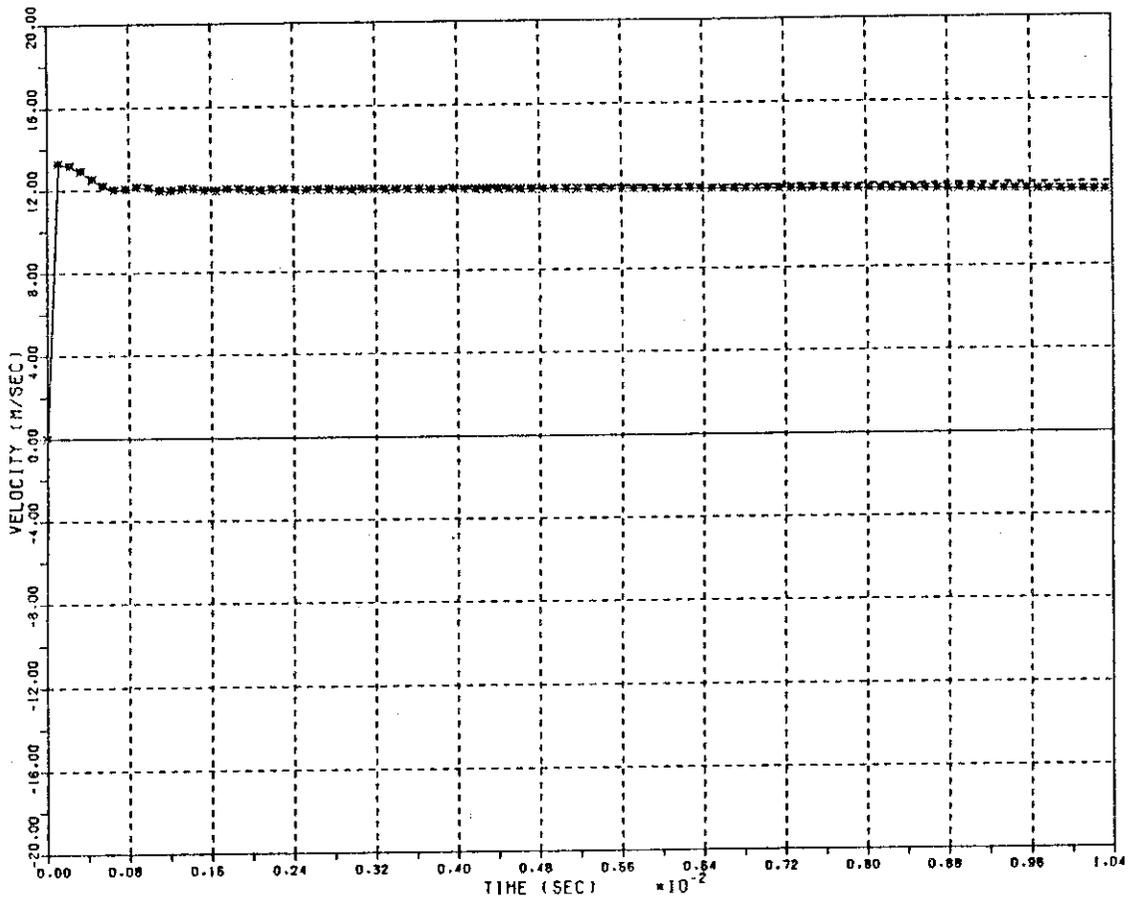


Fig.B.18 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
VELOCITY TIME HISTORY SLICE NO.3

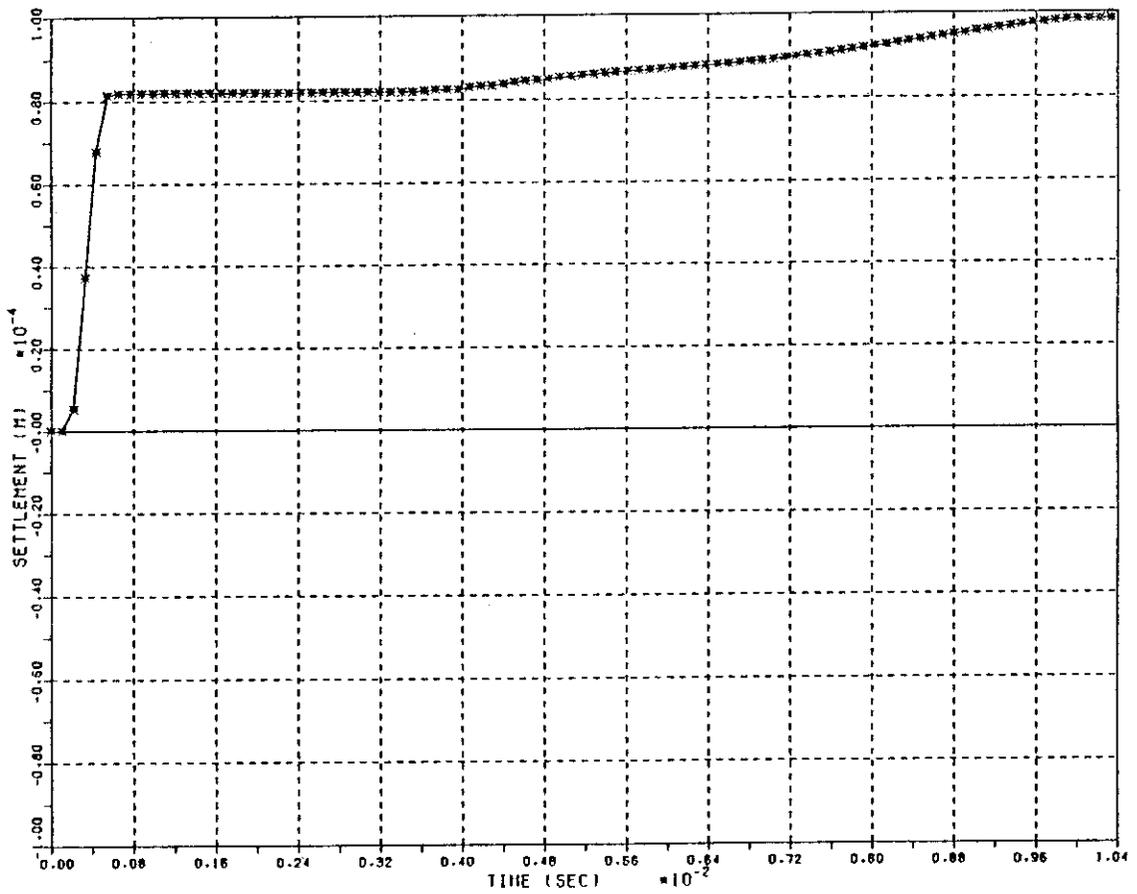


Fig.B.19 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
SETTLEMENT TIME HISTORY SLICE NO.3

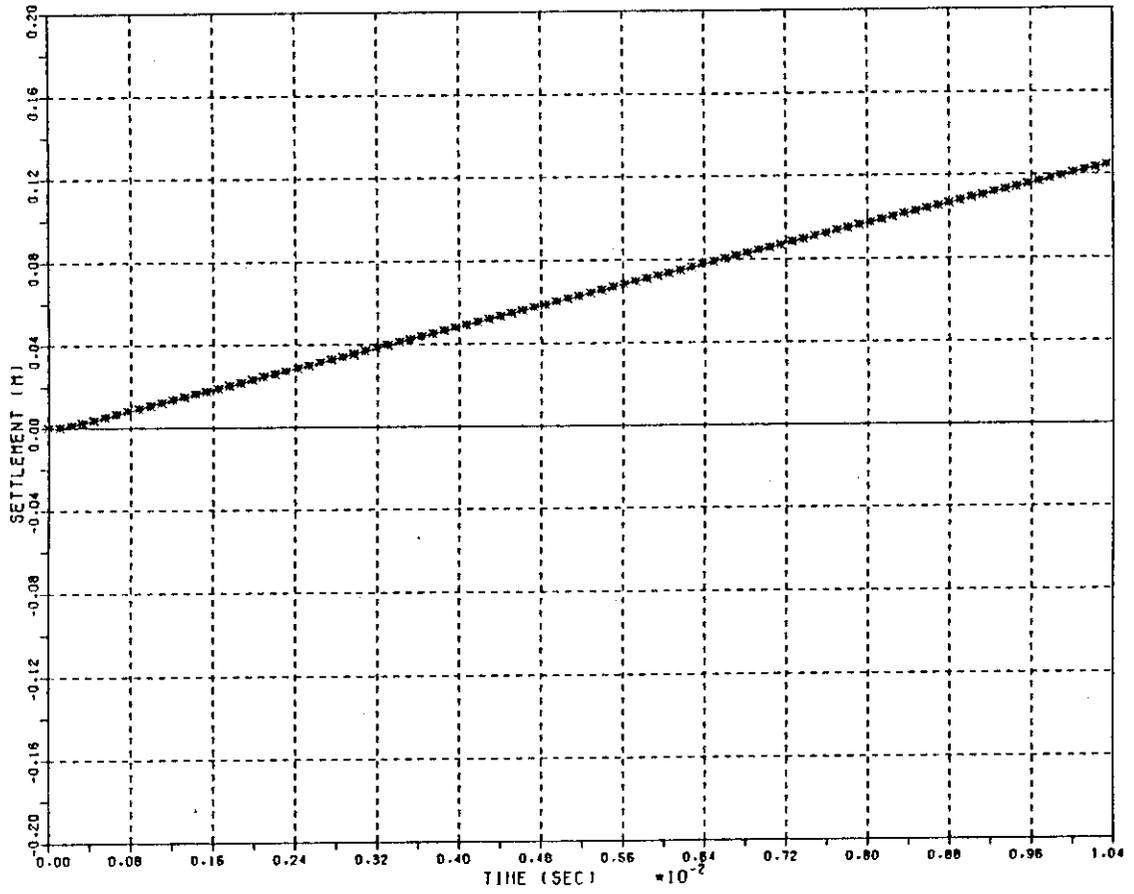


Fig.B.20 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
TOTAL SETTLEMENT HISTORY

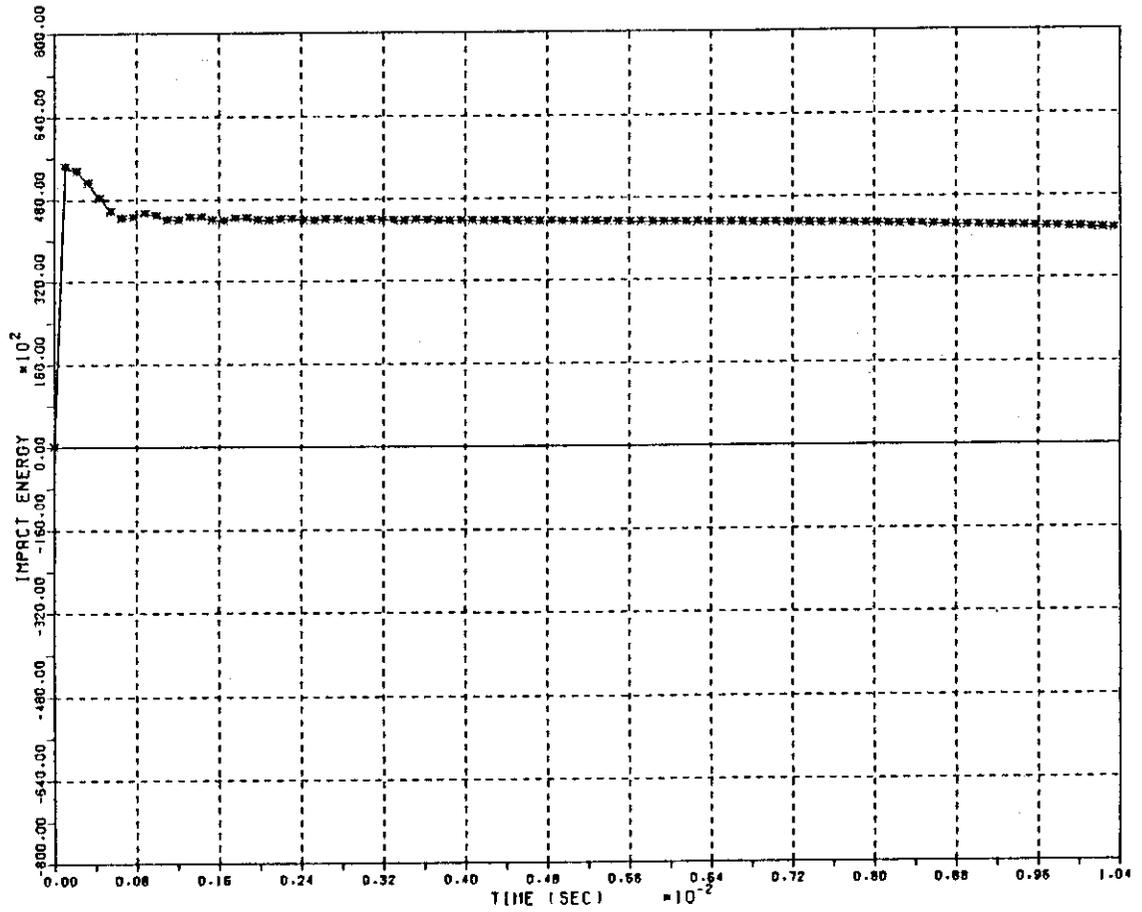


Fig.B.21 SAMPLE PROBLEM 3. END ON DROP WITH IMPACT LIMITER.  
IMPACT ENERGY HISTORY SLICE NO.3