

FINAS の機能拡張  
—非線形バネ要素の組込み—  
(研究報告書)

1999年7月

核燃料サイクル開発機構  
大洗工学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせ  
してください。

〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1194,  
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
1999

## FINAS の機能拡張

### — 非線形バネ要素の組み込み —

(研究報告)

月森和之\*

### 要 旨

高速炉を構成する主要な機器を繋ぐ配管系などの挙動を有限要素法で解析する場合、エルボや支持構造、あるいはベローズ継手などの特殊構造をそれぞれの特徴を代表するバネ要素で置き換えることで、効果的な解析が実現できる。さらに、地震動が大きくなった場合や高温に長時間晒される場合は、これらの接続、支持構造が非線形挙動を呈するため、その影響を考慮した詳細な応答解析が必要となる。このような場合、バネ要素で置き換えるエルボ等の構造について、あらかじめ詳細な非線形解析を実施し、その振る舞いにあわせて非線形バネ特性を設定する。

現在、FINAS で使用できるバネ要素(LCOMB2)は線形バネ要素であり、配管系の応答等における非線形特性を考慮するためには、非線形挙動を表現しうるバネ要素の組み込みが必要である。そこで、構造解析手法の高度化の一環として、配管系の地震応答解析において塑性などによる履歴減衰をともなう非線形領域まで効率的な計算を可能にするために、FINAS に非線形バネ要素を組み込み、解析機能の拡張を図る。

バネ要素の種類としては、非線形弾性バネ、弾塑性(履歴)バネ、弾クリープバネ(静的解析)の3種とした。前2者については、動的解析の場合には従来と同様、減衰が考慮できる。弾塑性バネについては、変位・荷重関係については複合硬化まで考慮できる。さらに、特殊な場合として、負荷方向によって加工硬化係数が異なる場合も扱える。ただし、等方硬化モデルについては変位・荷重関係を関数および多直線近似で与えることができるが、それ以外については2直線近似でのみ与えられる。クリープ挙動については、既存のクリープひずみと同様な形式(変位速度を荷重等の関数)で与える。なお、塑性とクリープについては、変位・荷重関係の各成分を独立に扱えるほか、一部については相当応力と同様の概念により、成分間の連成を考慮できる。

組み込まれた非線形バネ要素の機能については、配管の応答解析等によって、その有効性が検証された。

---

\*大洗工学センター システム技術開発部 構造・材料技術開発 Gr.

Extension of Finite Element Nonlinear Structural Analysis System 'FINAS'  
- Installation of "Nonlinear Spring Element" -

Kazuyuki TSUKIMORI\*

Abstract

Efficient analyses can be attained by replacing specific components such as elbows, supporting structures, bellows expansion joints etc. by specially characterized spring elements, when we analyze the behavior of piping systems of FBR plants which involve specific components by FEM. Further, inelastic behaviors of these components should be considered especially in case their integrity is evaluated under excessive seismic loading or in high temperature range. Therefore, calibration of nonlinear characteristics of the spring element is needed before adopting this element by experiments or detailed analyses of the component.

Existing 'FINAS' has only linear spring element (LCOMB2). In order to realize nonlinear response analyses of piping systems, nonlinear spring elements have to be installed. In this study nonlinear spring elements were installed in 'FINAS' by using 'USER'S SUBROUTINE'. The kinds of nonlinear spring elements are categorized in nonlinear elastic springs, elastic plastic springs and elastic creep springs. As to former two categories damping effect can be considered in dynamic analyses. As to elastic plastic spring elements isotropic hardening, kinematic hardening and combined hardening can be considered. Further, a special spring which has different hardening rates corresponding to the loading direction can be dealt with. Multi-linear approximation is allowed to be used for isotropic hardening models, however only bilinear approximation is allowed for other hardening models. As to creep behaviors the element characteristics are set by the creep displacement rate which is the function of force displacement and so on. And partially elastic plastic spring elements and elastic creep spring elements can deal with the interaction among components by defining equivalent force as similar to equivalent stress.

The function of nonlinear spring elements installed in 'FINAS' was verified through example analyses such as nonlinear responses of piping systems.

---

\* Structure and Material Research Group,  
System Engineering Technology Division, Oarai Engineering Center

## 目次

1. 緒言	1
2. 非線形バネ要素の仕様	2
2.1 概要	2
2.2 非線形弾性バネ	2
2.3 弾塑性バネ(多直線, 等方硬化)	3
2.4 弾塑性バネ(2直線, 複合硬化)	5
2.5 弾塑性バネ(非対称2直線)	8
2.6 クリープバネ	10
2.7 減衰(動的解析)	11
2.8 荷重補正	12
3. 検証解析	13
3.1 基本問題	13
3.1.1 非線形弾性バネ	13
3.1.2 線形弾性・クリープバネ	15
3.1.3 弾塑性バネ(等方硬化)	16
3.1.4 弾塑性バネ(移動硬化)	17
3.1.5 弾塑性バネ(複合硬化)	20
3.1.6 弾塑性バネ(非対称硬化)	21
3.2 応用問題	24
3.2.1 皿バネ(非線形弾性)	24
3.2.2 コイルバネのクリープ挙動	26
3.2.3 ねじりと引張り荷重を受ける弾塑性バネ(荷重成分の連成)	29
3.2.4 ベローズ継手付き配管の弾性追従(クリープ、曲げのみ)	35
3.2.5 非線形バネ・マスモデルによる動的解析への適用性検討	40
3.2.6 L字配管の動的応答解析への適用	47
4. 結言	55
謝辞	56
参考文献	57
付録	
A. 非線形バネ要素マニュアル	59
B. 非線形バネ要素ユーザーサブルーチンソースリスト	83
C. 検証問題入力データリスト	113

## 図表リスト

Fig. 3.1-1 単軸引張り力を受ける片持ち梁モデル	13
Fig. 3.1-2 片持ち梁自由端における「変位－荷重」関係(非線形弾性バネ)	14
Fig. 3.3-1 弾塑性バネ(等方硬化)の「変位－荷重」履歴	17
Fig. 3.4-1 弾塑性バネ(移動硬化)の「変位－荷重」履歴	19
Fig. 3.5-1 弾塑性バネ(複合硬化)の「変位－荷重」履歴	21
Fig. 3.6-1 弾塑性バネ(非対称硬化)の「変位－荷重」履歴	23
Fig. 3.7-1 皿バネの「軸方向たわみ－荷重」関係	25
Fig. 3.8-1 コイルバネのクリープ挙動	28
Fig. 3.9-1 ねじりと引張りを受ける片持ち梁モデル	29
Fig. 3.9-2 引張りにおける荷重－変位図(CASE 1)	31
Fig. 3.9-3 ねじりにおける荷重－変位図(CASE 1)	31
Fig. 3.9-4 引張りにおける荷重－変位図(CASE 2)	32
Fig. 3.9-5 ねじりにおける荷重－変位図(CASE 2)	32
Fig. 3.9-6 引張りにおける荷重－変位図(CASE 3)	33
Fig. 3.9-7 ねじりにおける荷重－変位図(CASE 3)	33
Fig. 3.9-8 荷重平面上での引張りとなじりの履歴	34
Fig. 3.10-1 ベローズ継ぎ手付き配管モデル	35
Fig. 3.10-2 有限要素モデル図	35
Fig. 3.10-3 時間 vs 無次元モーメント(CASE 1)	38
Fig. 3.10-4 時間 vs 無次元変位角(CASE 1)	38
Fig. 3.10-5 時間 vs 無次元モーメント(CASE 2)	39
Fig. 3.10-6 時間 vs 無次元変位角(CASE 2)	39
Fig. 3.11-1 解析モデル	40
Fig. 3.11-2 入力地震波	40
Fig. 3.11-3a 時間－変位図(CASE 1; 線形 FINAS)	42
Fig. 3.11-3b 時間－変位図(CASE 1; 線形 DYNA2E)	42
Fig. 3.11-4a 時間－加速度図(CASE 1; 線形 FINAS)	43
Fig. 3.11-4b 時間－加速度図(CASE 1; 線形 DYNA2E)	43
Fig. 3.11-5a 時間－変位図(CASE 2; 直線近似 FINAS)	44
Fig. 3.11-5b 時間－変位図(CASE 2; 直線近似 DYNA2E)	44
Fig. 3.11-6a 時間－加速度図(CASE 2; 直線近似 FINAS)	45
Fig. 3.11-6b 時間－加速度図(CASE 2; 直線近似 DYNA2E)	45
Fig. 3.11-7 変位－荷重図(CASE 2; 直線近似 FINAS)	46
Fig. 3.12-1 ホットレグ配管の解析モデル	47
Fig. 3.12-2 入力地震波	47
Fig. 3.12-3a 回転変位の時間履歴(バネ K2 FINAS)	50
Fig. 3.12-3b 回転変位の時間履歴(バネ K2 DYNA2E)	50
Fig. 3.12-4a 回転変位－モーメント図(バネ K2 FINAS)	51
Fig. 3.12-4b 回転変位－モーメント図(バネ K2 DYNA2E)	51
Fig. 3.12-5a 回転変位の時間履歴(バネ K3 FINAS)	52

Fig. 3.12-5b 回転変位の時間履歴(バネ K3 DYNA2E) .....	52
Fig. 3.12-6a 回転変位ーモーメント図(バネ K3 FINAS) .....	53
Fig. 3.12-6b 回転変位ーモーメント図(バネ K3 DYNA2E) .....	53
Fig. 3.12-7a 変位の時間履歴(節点 18 FINAS) .....	54
Fig. 3.12-7b 変位の時間履歴(節点 18 DYNA2E) .....	54
TABLE 3.1-1 変位に依存した非線形弾性バネの剛性 .....	13
TABLE 3.1-2 軸方向力の载荷ステップ .....	14
TABLE 3.2-1 弾クリープを考慮した非線形弾性バネに関する荷重および変位 .....	15
TABLE 3.3-1 弾塑性バネ(等方硬化)に設定した物性値 .....	16
TABLE 3.3-2 弾塑性バネ(等方硬化)における「変位ー荷重」関係 .....	16
TABLE 3.4-1 弾塑性バネ(移動硬化)に設定した物性値 .....	17
TABLE 3.4-2 弾塑性バネ(移動硬化)における「変位ー荷重」関係 .....	18
TABLE 3.5-1 弾塑性バネ(複合硬化)に設定した物性値 .....	20
TABLE 3.5-2 弾塑性バネ(複合硬化)における「変位ー荷重」関係 .....	20
TABLE 3.6-1 弾塑性バネ(非対称硬化)に設定した物性値 .....	21
TABLE 3.6-2 弾塑性バネ(非対称硬化)における「変位ー荷重」関係 .....	22
TABLE 3.7-1 皿バネを用いた片持ち梁モデルの諸データ .....	24
TABLE 3.8-1 コイルバネを用いた片持ち梁モデルの諸データ .....	27
TABLE 3.8-2 弾クリープを考慮したコイルバネに関する荷重および変位 .....	28
TABLE 3.9-1 検証に用いた弾塑性バネの物性値 .....	30
TABLE 3.10-1 各定数 .....	36

## 1. 緒言

高速炉を構成する主要な機器を繋ぐ配管系などの挙動を有限要素法で解析する場合、エルボや支持構造、あるいはベローズ継手などの特殊構造をそれぞれの特徴を代表するバネ要素で置き換えることで、効果的な解析が実現できる。さらに、地震動が大きくなった場合や高温に長時間晒される場合は、これらの接続、支持構造が非線形挙動を呈するため、その影響を考慮した詳細な応答解析が必要となる。このような場合、バネ要素で置き換えるエルボ等の構造について、あらかじめ詳細な非線形解析を実施し、その振る舞いにあわせて非線形バネ特性を設定する。

現在、FINAS で使用できるバネ要素(LCOMB2)は線形バネ要素であり、配管系の応答等における非線形特性を考慮するためには、非線形挙動を表現しうるバネ要素の組み込みが必要である。そこで、構造解析手法の高度化の一環として、配管系の地震応答解析において塑性などによる履歴減衰をともなう非線形領域まで効率的な計算を可能にするために、FINAS[1]に非線形バネ要素を組み込み、解析機能の拡張を図る。

バネ要素の種類としては、汎用性に配慮し、非線形弾性バネ、弾塑性(履歴)バネ、弾クリープバネ(静的解析)の3種とした。前2者については、動的解析の場合には従来と同様、減衰が考慮できる。弾塑性バネについては、変位・荷重関係については複合硬化まで考慮できる。さらに、特殊な場合として、負荷方向によって加工硬化係数が異なる場合も扱える。ただし、等方硬化モデルについては変位・荷重関係を関数および多直線近似で与えることができるが、それ以外について2直線近似でのみ与えられる。クリープ挙動については、既存のクリープひずみと同様な形式(変位速度と荷重との関係式)で与える。なお、塑性とクリープについては、変位・荷重関係の各成分を独立に扱えるほか、一部については相当応力と同様の概念により、成分間の連成を考慮できる。

組み込まれた非線形バネ要素の機能については、配管の応答解析等によって、その有効性を検証する。

なお、非線形バネ要素に関する部分のマニュアル、サブルーチンソースリストおよび検証問題データリストを付録として添付する。



## 2. 非線形バネ要素の仕様

### 2. 1 概要

入力上のフォーマットは、極力現状の FINAS に類似した形とする。

特性としては、非線形弾性バネ、弾塑性(履歴)バネ、弾クリープバネ(静的解析)の3種とする。前2者については、動的解析の場合には従来と同様、減衰が考慮できるものとする。

非線形バネについては、変位・荷重関係を関数および多直線近似で与えられるものとする。

弾塑性バネについては、変位・荷重関係を関数(Ramberg-Osgoodタイプ等)および多直線近似で与えられるものについては等方硬化ができ、2直線近似で与えられるものについては複合硬化まで考慮できるものとする。さらに、2直線近似については、特殊な場合として、負荷方向によって加工硬化係数が異なる場合も扱えるものとする。

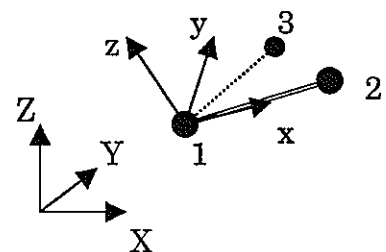
クリープについては、既存のクリープひずみと同様な形式(変位速度を荷重等の関数として表現)で与えるものとする。

なお、塑性とクリープについては、原則として変位・荷重関係の各成分を独立に扱えるほか、相当応力と同様の概念により、成分間の連成を考慮できるものとする。

非線形バネ特性	変位・荷重関係入力形式等	荷重成分の連成の考慮
非線形弾性バネ	関数/多直線(表)	—
弾塑性バネ	関数(Ramberg-Osgood型等) /多直線(表)—等方硬化	○
	2直線近似—複合硬化	○
	2直線近似—荷重方向によって加工硬化係数変更	×
弾クリープバネ	関数	○

### 2. 2 非線形弾性バネ

要素は、3つの節点からなり、節点荷重増分ベクトルおよび節点変位増分ベクトルを有するのは節点1および2で、節点3は要素座標系を定めるために付加する。節点1から節点2の方向にx軸、x軸と節点1から節点3へのベクトルの外積方向にz軸、z軸とx軸との外積方向にy軸をとる。節点1と節点2が重なる場合は、x軸を定義するベクトルを入力する。(図参照)



要素座標系の定義

非線型バネ特性としては、ある程度一般化して、各荷重成分を6つの変位成分の関数として定義できるものとする。例えば、x成分については、

$$f_x = g_1(u) = g_1(u_x, u_y, u_z, \theta_x, \theta_y, \theta_z) \tag{2.1}$$

増分をとると、

$$\begin{aligned} \Delta f_x &= g_{1,1}\Delta u_x + g_{1,2}\Delta u_y + g_{1,3}\Delta u_z + g_{1,4}\Delta \theta_x + g_{1,5}\Delta \theta_y + g_{1,6}\Delta \theta_z \\ \text{whrer } g_{1,1} &= \frac{\partial g_1}{\partial u_x}, \quad g_{1,2} = \frac{\partial g_1}{\partial u_y}, \quad g_{1,3} = \frac{\partial g_1}{\partial u_z}, \quad g_{1,4} = \frac{\partial g_1}{\partial \theta_x}, \quad g_{1,5} = \frac{\partial g_1}{\partial \theta_y}, \quad g_{1,6} = \frac{\partial g_1}{\partial \theta_z} \end{aligned} \tag{2.2}$$

この関係から、荷重増分と変位増分を関係付ける剛性マトリクスを作ると、

$$\begin{aligned} \{\Delta \bar{f}\} &= [k(u)]\{\Delta \bar{u}\} \\ \text{where } \{\Delta \bar{f}\}^T &= [\Delta f_x, \Delta f_y, \Delta f_z, \Delta m_x, \Delta m_y, \Delta m_z], \quad \{\Delta \bar{u}\}^T = [\Delta u_x, \Delta u_y, \Delta u_z, \Delta \theta_x, \Delta \theta_y, \Delta \theta_z] \\ [k(u)] &= \begin{bmatrix} g_{1,1} & g_{1,2} & g_{1,3} & g_{1,4} & g_{1,5} & g_{1,6} \\ g_{2,1} & g_{2,2} & g_{2,3} & g_{2,4} & g_{2,5} & g_{2,6} \\ g_{3,1} & g_{3,2} & g_{3,3} & g_{3,4} & g_{3,5} & g_{3,6} \\ g_{4,1} & g_{4,2} & g_{4,3} & g_{4,4} & g_{4,5} & g_{4,6} \\ g_{5,1} & g_{5,2} & g_{5,3} & g_{5,4} & g_{5,5} & g_{5,6} \\ g_{6,1} & g_{6,2} & g_{6,3} & g_{6,4} & g_{6,5} & g_{6,6} \end{bmatrix} \end{aligned} \tag{2.3}$$

ただし、剛性マトリクスとしては対称マトリクスのみを扱うこととし、上の関数については次の関係を満たすことを前提とする。

$$g_{i,j} = g_{j,i} \quad (i, j = 1, 6, \quad i \neq j) \tag{2.4}$$

以上から、要素の剛性マトリクスを次のように与える。

$$\begin{aligned} \{\Delta f\} &= [K(u)]\{\Delta u\} \\ \text{where } \{\Delta f\}^T &= [\Delta f_{x1}, \Delta f_{y1}, \Delta f_{z1}, \Delta m_{x1}, \Delta m_{y1}, \Delta m_{z1}; \Delta f_{x2}, \Delta f_{y2}, \Delta f_{z2}, \Delta m_{x2}, \Delta m_{y2}, \Delta m_{z2}] \\ \{\Delta u\}^T &= [\Delta u_{x1}, \Delta u_{y1}, \Delta u_{z1}, \Delta \theta_{x1}, \Delta \theta_{y1}, \Delta \theta_{z1}; \Delta u_{x2}, \Delta u_{y2}, \Delta u_{z2}, \Delta \theta_{x2}, \Delta \theta_{y2}, \Delta \theta_{z2}] \\ [K(u)] &= \begin{bmatrix} [k(u)] & -[k(u)] \\ -[k(u)] & [k(u)] \end{bmatrix} \end{aligned} \tag{2.5}$$

### 2. 3 弾塑性バネ(多直線、等方硬化)

弾塑性バネについては、弾塑性の構成式と相似な関係を使って、簡易的にマクロな弾塑性挙動を表現する。等方硬化バネについては、硬化特性を多直線で

与えることができる（入力形式としては、直接表形式で与える方法と関数で与えて内部で離散化する方法がある）。ただし、荷重成分間の連成を考慮する場合は、該当する荷重成分を含む降伏条件に相当する条件式を用意しなければならない。さらに、硬化を考慮する場合には、この条件式と整合するように硬化量を用意しなければならない。

荷重増分と変位増分を関係付ける剛性マトリクスは、

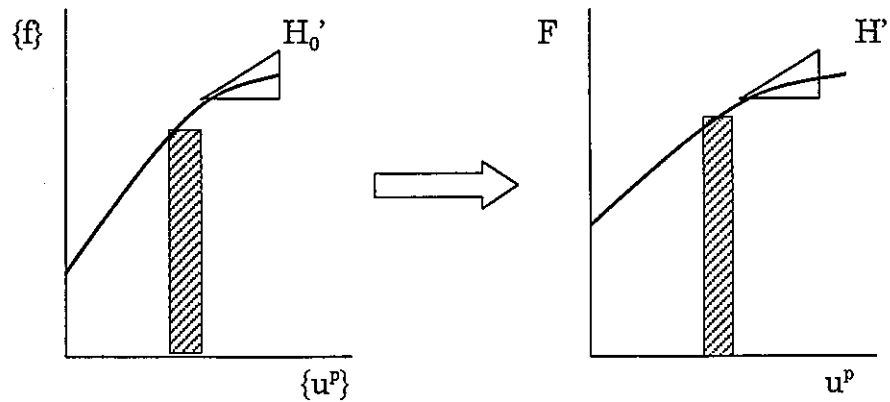
$$\begin{aligned} \{\Delta \bar{f}\} &= [k^{ep}] \{\Delta \bar{u}\} \\ \text{where } \{\Delta \bar{f}\}^T &= [\Delta f_x, \Delta f_y, \Delta f_z, \Delta m_x, \Delta m_y, \Delta m_z] \quad \{\Delta \bar{u}\}^T = [\Delta u_x, \Delta u_y, \Delta u_z, \Delta \theta_x, \Delta \theta_y, \Delta \theta_z] \\ [k^{ep}] &= [k^e] + [k^p] \\ [k^e] &= \begin{bmatrix} g_{1,1} & g_{1,2} & g_{1,3} & g_{1,4} & g_{1,5} & g_{1,6} \\ & g_{2,2} & g_{2,3} & g_{2,4} & g_{2,5} & g_{2,6} \\ & & g_{3,3} & g_{3,4} & g_{3,5} & g_{3,6} \\ & & & g_{4,4} & g_{4,5} & g_{4,6} \\ \text{sym.} & & & & g_{5,5} & g_{5,6} \\ & & & & & g_{6,6} \end{bmatrix} \quad (\text{const.}) \\ [k^p] &= -\frac{[k^e] \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\} \left[ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right] [k^e]}{\frac{hH'}{c} + \left[ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right] [k^e] \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\}} \quad (dF \geq 0), \quad [k^p] = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}_{6 \times 6} \quad (dF < 0) \\ c &= \frac{F}{\left[ \bar{f} \right] \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\}}, \quad F = F(\{\bar{f}\}) \\ h &= 1 \quad (h = 0 \quad \text{for elastic - perfectly plastic}) \end{aligned} \quad (2.6)$$

剛性マトリクスの右辺第1項は対称の弾性剛性マトリクスで各成分は定数としてユーザーが任意に設定できる。第2項は塑性を表す剛性マトリクスで、除荷の場合は消滅する。Fはユーザーが定義する降伏条件で荷重成分の関数であり、硬化による増分dF(>0)を足しこむことによって成長する。hは表記上のパラメータで、通常は1であるが、弾完全塑性体を表したい場合は0とおく。

硬化係数の設定に際してユーザーは次の関係に配慮する必要がある。

$$F \Delta \bar{u}^p = \left[ \bar{f} \right] \{\Delta \bar{u}^p\} \quad (2.7)$$

たとえば、成分ベースで見た硬化係数を相当塑性変位と降伏条件の関係で見た硬化係数に焼きなおす必要がある(図参照)。



硬化係数の関係

降伏条件Fについては、基本的にユーザーが設定するもので任意の式で与えられるが、与え方としては各成分独立に設定する場合、複数組で部分的に連成を考慮する場合、およびすべてについて連成を考慮する場合に分けた。

$$\begin{aligned}
 (1) & F_1 = F_1(f_x), \quad F_2 = F_2(f_y), \quad F_3 = F_3(f_z), \quad F_4 = F_4(m_x), \quad F_5 = F_5(m_y), \quad F_6 = F_6(m_z) \\
 (2) & F_1 = F_1(f_x, f_y), \quad F_2 = F_2(f_z), \quad F_3 = F_3(m_x, m_y), \quad F_4 = F_4(m_z) \\
 & F_1 = F_1(f_x, f_y, m_z), \quad F_2 = F_2(m_x, m_y, f_z) \\
 & F_1 = F_1(f_x, f_y), \quad F_2 = F_2(f_z), \quad F_3 = F_3(m_x, m_y, m_z) \\
 & F_1 = F_1(f_x, f_y), \quad F_2 = F_2(m_x, m_y), \quad F_3 = F_3(f_z, m_z) \\
 & F_1 = F_1(f_x, f_y), \quad F_2 = F_2(m_x, m_y, m_z, f_z) \\
 (3) & F = F(f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z)
 \end{aligned}
 \tag{2.8}$$

以上から、要素の剛性マトリクスを次のように与える。

$$\begin{aligned}
 \{\Delta f\} &= [K^{ep}] \{\Delta u\} \\
 \text{where } \{\Delta f\}^T &= [\Delta f_{x1}, \Delta f_{y1}, \Delta f_{z1}, \Delta m_{x1}, \Delta m_{y1}, \Delta m_{z1} : \Delta f_{x2}, \Delta f_{y2}, \Delta f_{z2}, \Delta m_{x2}, \Delta m_{y2}, \Delta m_{z2}] \\
 \{\Delta u\}^T &= [\Delta u_{x1}, \Delta u_{y1}, \Delta u_{z1}, \Delta \theta_{x1}, \Delta \theta_{y1}, \Delta \theta_{z1} : \Delta u_{x2}, \Delta u_{y2}, \Delta u_{z2}, \Delta \theta_{x2}, \Delta \theta_{y2}, \Delta \theta_{z2}] \\
 [K^{ep}] &= \begin{bmatrix} [k^{ep}] & -[k^{ep}] \\ -[k^{ep}] & [k^{ep}] \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \tag{2.9}$$

## 2. 4 弾塑性バネ(2直線、複合硬化)

弾塑性バネについて、弾塑性挙動が2直線で近似される場合については、等

方硬化、移動硬化およびこれらを組合せた複合硬化まで表現できる。ただし、荷重成分間の連成を考慮する場合は、該当する荷重成分を含む降伏条件に相当する条件式を用意しなければならない。さらに、硬化を考慮する場合には、この条件式と整合するように、等方硬化と移動硬化に対応する硬化量を用意しなければならない。

荷重増分と変位増分を関係付ける剛性マトリクスは、

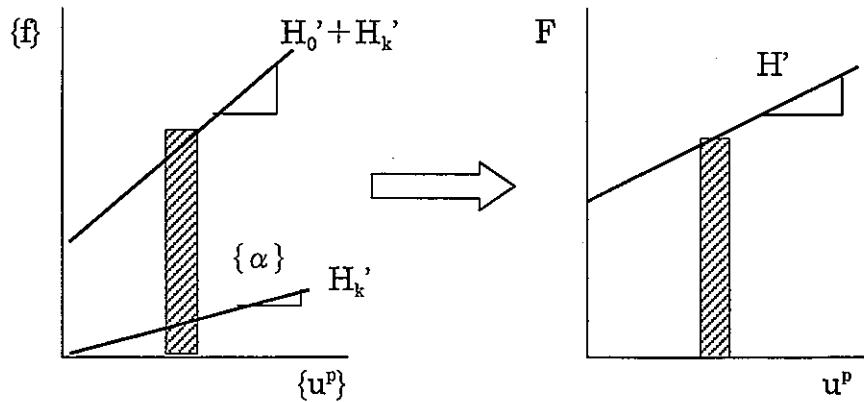
$$\begin{aligned} \{\Delta \bar{f}\} &= [k^{ep}] \{\Delta \bar{u}\} \\ \text{where } \{\Delta \bar{f}\}^T &= [\Delta f_x, \Delta f_y, \Delta f_z, \Delta m_x, \Delta m_y, \Delta m_z], \quad \{\Delta \bar{u}\}^T = [\Delta u_x, \Delta u_y, \Delta u_z, \Delta \theta_x, \Delta \theta_y, \Delta \theta_z] \\ [k^{ep}] &= [k^e] + [k^p] \\ [k^e] &= \begin{bmatrix} g_{1,1} & g_{1,2} & g_{1,3} & g_{1,4} & g_{1,5} & g_{1,6} \\ & g_{2,2} & g_{2,3} & g_{2,4} & g_{2,5} & g_{2,6} \\ & & g_{3,3} & g_{3,4} & g_{3,5} & g_{3,6} \\ & & & g_{4,4} & g_{4,5} & g_{4,6} \\ \text{sym.} & & & & g_{5,5} & g_{5,6} \\ & & & & & g_{6,6} \end{bmatrix} \quad (\text{const.}) \\ [k^p] &= -\frac{[k^e] \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\} \left[ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right] [k^e]}{\frac{(H' + H'_k)}{c} + \left[ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right] [k^e] \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\}} \quad (dF \geq 0), \quad [k^p] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{6 \times 6} \quad (dF < 0) \\ c &= \frac{F}{[\bar{f} - \alpha] \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\}}, \quad F = F(\{\bar{f} - \alpha\}) \\ \{\Delta \alpha\} &= \frac{\{\bar{f} - \alpha\}}{\left[ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right] \{\bar{f} - \alpha\}} H'_k \Delta \bar{u}^p \quad (\text{i.e. } \{\Delta \alpha\} = \{0\}) \\ \left. \begin{aligned} &\text{isotropic \cdot hardening : } H'_k = 0, \quad H' \neq 0 \\ &\text{kinematic \cdot hardening : } H'_k \neq 0, \quad H' = 0 \end{aligned} \right\} \end{aligned} \quad (2.10)$$

剛性マトリクスの右辺第 1 項は対称の弾性剛性マトリクスで各成分は定数としてユーザーが任意に設定できる。第 2 項は塑性を表す剛性マトリクスで、除荷の場合は消滅する。F はユーザーが定義する降伏条件で荷重成分および移動成分の関数であり、硬化による増分  $dF (> 0)$  を足しこむことによって成長する。

硬化係数の設定に際してユーザーは次の関係に配慮する必要がある。

$$F \Delta \bar{u}^p = [\bar{f} - \alpha] \{\Delta \bar{u}^p\} \quad (2.11)$$

たとえば、成分ベースで見た硬化係数を相当塑性変位と降伏条件の関係で見た硬化係数に焼きなおす必要がある(図参照)。



硬化係数の関係

降伏条件Fについては、基本的にユーザーが設定するもので任意の式で与えられるが、与え方としては各成分独立に設定する場合、複数組で部分的に連成を考慮する場合、およびすべてについて連成を考慮する場合に分けた。

$$(1) F_1 = F_1(f_x - \alpha_x), F_2 = F_2(f_y - \alpha_y), F_3 = F_3(f_z - \alpha_z), F_4 = F_4(m_x - \beta_x), F_5 = F_5(m_y - \beta_y), F_6 = F_6(m_z - \beta_z)$$

$$(2) F_1 = F_1(f_x - \alpha_x, f_y - \alpha_y), F_2 = F_2(f_z - \alpha_z), F_3 = F_3(m_x - \beta_x, m_y - \beta_y), F_4 = F_4(m_z - \beta_z)$$

$$F_1 = F_1(f_x - \alpha_x, f_y - \alpha_y, m_z - \beta_z), F_2 = F_2(m_x - \beta_x, m_y - \beta_y, f_z - \alpha_z)$$

$$F_1 = F_1(f_x - \alpha_x, f_y - \alpha_y), F_2 = F_2(f_z - \alpha_z), F_3 = F_3(m_x - \beta_x, m_y - \beta_y, m_z - \beta_z)$$

$$F_1 = F_1(f_x - \alpha_x, f_y - \alpha_y), F_2 = F_2(m_x - \beta_x, m_y - \beta_y), F_3 = F_3(f_z - \alpha_z, m_z - \beta_z)$$

$$F_1 = F_1(f_x - \alpha_x, f_y - \alpha_y), F_2 = F_2(m_x - \beta_x, m_y - \beta_y, m_z - \beta_z, f_z - \alpha_z)$$

$$(3) F = F(f_x - \alpha_x, f_y - \alpha_y, f_z - \alpha_z, m_x - \beta_x, m_y - \beta_y, m_z - \beta_z)$$

(2.12)

以上から、要素の剛性マトリクスを次のように与える。

$$\{ \Delta f \} = [ K^{ep} ] \{ \Delta u \}$$

where  $\{ \Delta f \}^T = [ \Delta f_{x1}, \Delta f_{y1}, \Delta f_{z1}, \Delta m_{x1}, \Delta m_{y1}, \Delta m_{z1} ; \Delta f_{x2}, \Delta f_{y2}, \Delta f_{z2}, \Delta m_{x2}, \Delta m_{y2}, \Delta m_{z2} ]$

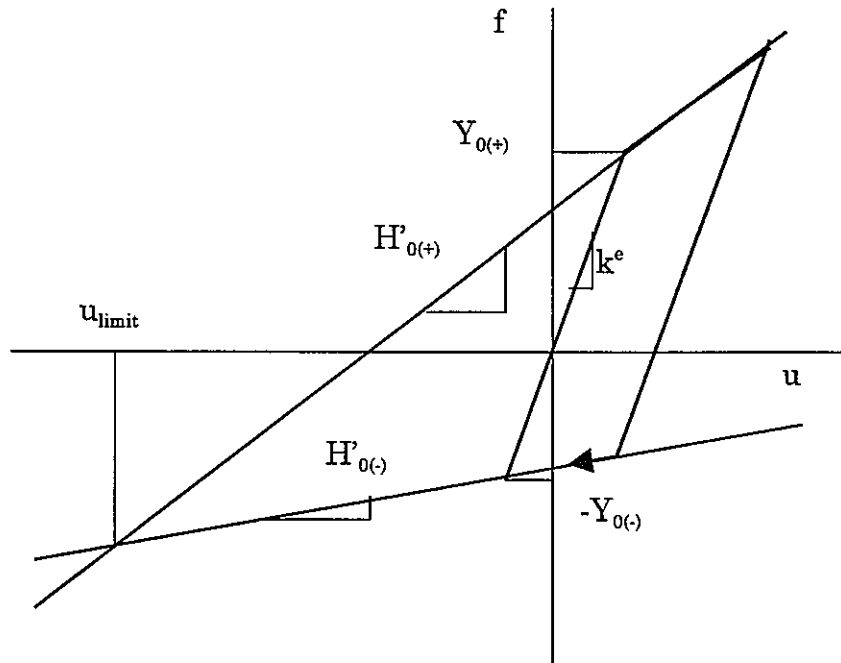
$$\{ \Delta u \}^T = [ \Delta u_{x1}, \Delta u_{y1}, \Delta u_{z1}, \Delta \theta_{x1}, \Delta \theta_{y1}, \Delta \theta_{z1} ; \Delta u_{x2}, \Delta u_{y2}, \Delta u_{z2}, \Delta \theta_{x2}, \Delta \theta_{y2}, \Delta \theta_{z2} ]$$

$$[ K^{ep} ] = \begin{bmatrix} [ k^{ep} ] & - [ k^{ep} ] \\ - [ k^{ep} ] & [ k^{ep} ] \end{bmatrix}$$

(2.13)

**2. 5 弾塑性バネ(非対称 2 直線)**

弾塑性バネの弾塑性挙動について非対称の 2 直線を仮定する。つまり正荷重で降伏した場合と負荷重で降伏した場合で硬化係数が異なる (図参照)。この機能については、荷重成分間の連成は考慮せず、それぞれ独立に与える。



変位と荷重の関係

$$H'_{(\pm)} = \frac{k^e H'_{0(\pm)}}{k^e - H'_{0(\pm)}} \tag{2.14}$$

$$\begin{cases} H'_{0(+)} > H'_{0(-)} : u < u_{lim u} & \rightarrow stop \\ H'_{0(+)} = H'_{0(-)} : u_{lim u} & not \cdot exist \\ H'_{0(+)} < H'_{0(-)} : u > u_{lim u} & \rightarrow stop \end{cases} \quad (2.15)$$

荷重増分と変位増分を関係付ける剛性マトリクスは、

$$\begin{aligned} \{\Delta \bar{f}\} &= [k^{ep}] \{\Delta \bar{u}\} \\ \text{where } \{\Delta \bar{f}\}^T &= [\Delta f_x, \Delta f_y, \Delta f_z, \Delta m_x, \Delta m_y, \Delta m_z] \quad \{\Delta \bar{u}\}^T = [\Delta u_x, \Delta u_y, \Delta u_z, \Delta \theta_x, \Delta \theta_y, \Delta \theta_z] \\ [k^{ep}] &= [k^e] + [k^p] \\ [k^e] &= \begin{bmatrix} g_{1,1} & g_{1,2} & g_{1,3} & g_{1,4} & g_{1,5} & g_{1,6} \\ & g_{2,2} & g_{2,3} & g_{2,4} & g_{2,5} & g_{2,6} \\ & & g_{3,3} & g_{3,4} & g_{3,5} & g_{3,6} \\ & & & g_{4,4} & g_{4,5} & g_{4,6} \\ \text{sym.} & & & & g_{5,5} & g_{5,6} \\ & & & & & g_{6,6} \end{bmatrix} \quad (const.) \\ [k^p] &= \sum_{i=1}^6 [k_{(i)}^p] \quad F_{(i)(\pm)} = F_{(i)(\pm)}(\bar{f}_{(i)}) \\ [k_{(i)}^p] &= -\frac{[k^e] \mathbb{1}_{(i)} [k^e]}{H'_{(i)(\pm)} + k_{(i)}^e} \quad (dF_{(i)(\pm)} \geq 0), \quad [k_{(i)}^p] = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}_{6 \times 6} \quad (dF_{(i)(\pm)} < 0) \\ \text{where } \mathbb{1}_{(i)} &= \begin{bmatrix} 0 & & & & & \\ & \ddots & \vdots & & & \\ & & \cdots & 1 & & \\ & & & & \ddots & \\ & & & & & \ddots \\ 0 & & & & & & 0 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2.16)$$

剛性マトリクスの右辺第 1 項は対称の弾性剛性マトリクスで各成分は定数としてユーザーが任意に設定できる。第 2 項は塑性を表す剛性マトリクスで、6 つの成分に対応するマトリクスの和として表され、それぞれ除荷の場合は消滅する。F(i)は各成分に対応する降伏条件で、弾性剛性 k<sup>e</sup>、初期降伏荷重 Y<sub>0</sub>(i)、接線剛性 H<sub>0</sub>'および変位の履歴によって決まる。

要素の剛性マトリクスを次のように与える。



$$\begin{aligned} \{\Delta f\} &= [K^{ep}] \{\Delta u\} \\ \text{where } \{\Delta f\}^T &= [\Delta f_{x1}, \Delta f_{y1}, \Delta f_{z1}, \Delta m_{x1}, \Delta m_{y1}, \Delta m_{z1} : \Delta f_{x2}, \Delta f_{y2}, \Delta f_{z2}, \Delta m_{x2}, \Delta m_{y2}, \Delta m_{z2}] \\ \{\Delta u\}^T &= [\Delta u_{x1}, \Delta u_{y1}, \Delta u_{z1}, \Delta \theta_{x1}, \Delta \theta_{y1}, \Delta \theta_{z1} : \Delta u_{x2}, \Delta u_{y2}, \Delta u_{z2}, \Delta \theta_{x2}, \Delta \theta_{y2}, \Delta \theta_{z2}] \\ [K^{ep}] &= \begin{bmatrix} [k^{ep}] & -[k^{ep}] \\ -[k^{ep}] & [k^{ep}] \end{bmatrix} \end{aligned} \tag{2.17}$$

### 2. 6 クリープバネ

クリープバネについては、クリープ変位増分による荷重増分を見かけの荷重増分として扱う。荷重成分間の連成を考慮する場合は、弾塑性バネの降伏条件と同様に該当する荷重成分を含む条件式を用意しなければならない。

荷重増分と変位増分を関係付ける剛性マトリクスは、

$$\begin{aligned} \{\Delta \bar{f}\} &= [k^e] \{\Delta \bar{u}\} - \{\Delta \bar{u}^p\} - \{\Delta \bar{u}^c\} \\ &= [k^{ep}] \{\Delta \bar{u}\} - \{\Delta \bar{f}_a\} \\ \text{where } \{\Delta \bar{f}\}^T &= [\Delta f_x, \Delta f_y, \Delta f_z, \Delta m_x, \Delta m_y, \Delta m_z] \quad \{\Delta \bar{u}\}^T = [\Delta u_x, \Delta u_y, \Delta u_z, \Delta \theta_x, \Delta \theta_y, \Delta \theta_z] \\ \{\Delta \bar{f}_a\} &= [k^e] \{\Delta \bar{u}^c\} \quad : \text{increment of pseudo force} \\ [k^{ep}] &= [k^e] + [k^p] \end{aligned} \tag{2.18}$$

見かけの荷重増分を作るためのクリープ変位増分は、荷重成分間の連成も含めて次のように求める。

$$\begin{aligned} \{\Delta \bar{u}^c\} &= \lambda \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\} \quad F = F(\{\bar{f}\}) \\ F \Delta \bar{u}^c &= [\bar{f}] \{\Delta \bar{u}^c\} = [\bar{f}] \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\} \lambda \\ \lambda &= \frac{F \Delta \bar{u}^c}{[\bar{f}] \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\}} \tag{2.19} \\ \{\Delta \bar{u}^c\} &= \frac{F}{[\bar{f}] \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\}} \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\} \Delta \bar{u}^c \approx \frac{F}{[\bar{f}] \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\}} \left\{ \frac{\partial F}{\partial \bar{f}} \right\} \dot{\bar{u}}^c \Delta t \end{aligned}$$

クリープ変位速度については、例えば次のように関数として与える。

$$\dot{\bar{u}}^c = g(F, t, \bar{u}^c, T) \quad (2.20)$$

条件式 F および相当クリープ変位増分の設定に際しては次の関係に配慮する必要がある。

$$F\Delta\bar{u}^c = [\bar{f}] \{\Delta\bar{u}^c\} \quad (2.21)$$

降伏条件 F については、基本的にユーザーが設定するもので任意の式で与えられるが、与え方としては各成分独立に設定する場合、複数組で部分的に連成を考慮する場合、およびすべてについて連成を考慮する場合に分けた。

$$\begin{aligned} (1) & F_1 = F_1(f_x), \quad F_2 = F_2(f_y), \quad F_3 = F_3(f_z), \quad F_4 = F_4(m_x), \quad F_5 = F_5(m_y), \quad F_6 = F_6(m_z) \\ (2) & F_1 = F_1(f_x, f_y), \quad F_2 = F_2(f_z), \quad F_3 = F_3(m_x, m_y), \quad F_4 = F_4(m_z) \\ & F_1 = F_1(f_x, f_y, m_z), \quad F_2 = F_2(m_x, m_y, f_z) \\ & F_1 = F_1(f_x, f_y), \quad F_2 = F_2(f_z), \quad F_3 = F_3(m_x, m_y, m_z) \\ & F_1 = F_1(f_x, f_y), \quad F_2 = F_2(m_x, m_y), \quad F_3 = F_3(f_z, m_z) \\ & F_1 = F_1(f_x, f_y), \quad F_2 = F_2(m_x, m_y, m_z, f_z) \\ (3) & F = F(f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z) \end{aligned} \quad (2.22)$$

以上から、要素の釣合い方程式における見かけの節点荷重増分を次のように与える。

$$\begin{aligned} \{\Delta f\} &= [K^{ep}] \{\Delta u\} - \{\Delta f_a\} \\ \text{where } \{\Delta f\}^T &= [\Delta f_{x1}, \Delta f_{y1}, \Delta f_{z1}, \Delta m_{x1}, \Delta m_{y1}, \Delta m_{z1} : \Delta f_{x2}, \Delta f_{y2}, \Delta f_{z2}, \Delta m_{x2}, \Delta m_{y2}, \Delta m_{z2}] \\ \{\Delta u\}^T &= [\Delta u_{x1}, \Delta u_{y1}, \Delta u_{z1}, \Delta \theta_{x1}, \Delta \theta_{y1}, \Delta \theta_{z1} : \Delta u_{x2}, \Delta u_{y2}, \Delta u_{z2}, \Delta \theta_{x2}, \Delta \theta_{y2}, \Delta \theta_{z2}] \\ \{\Delta f_a\} &= \begin{Bmatrix} \{\bar{f}_a\} \\ -\{\bar{f}_a\} \end{Bmatrix} \end{aligned} \quad (2.23)$$

## 2. 7 減衰(動的解析)

動的解析(時刻歴解析)については、速度増分ベクトルに比例する次の形の減衰マトリクスを設定できる。

$$[c] = \begin{bmatrix} [\bar{c}] & -[\bar{c}] \\ -[\bar{c}] & [\bar{c}] \end{bmatrix}$$

$$\text{where } [\bar{c}] = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} & c_{15} & c_{16} \\ & c_{22} & c_{23} & c_{24} & c_{25} & c_{26} \\ & & c_{33} & c_{34} & c_{35} & c_{36} \\ & & & c_{44} & c_{45} & c_{46} \\ & \text{sym.} & & & c_{55} & c_{56} \\ & & & & & c_{66} \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

## 2. 8 荷重補正

各ステップにおいて、荷重の不釣り合い量を補正する。ただし、各ステップ内で反復計算による補正は行わない。

### 3. 検証解析

#### 3. 1 基本問題

##### 3.1.1 非線形弾性バネ

##### (1) 問題の概要

##### (a) モデル

Fig. 3.1-1 に示すような固定端から長さ 1 cm の非線形弾性バネを介して長さ 9 cm、断面積  $1\text{cm}^2$  の剛な梁要素を繋げた片持ち梁を考える。

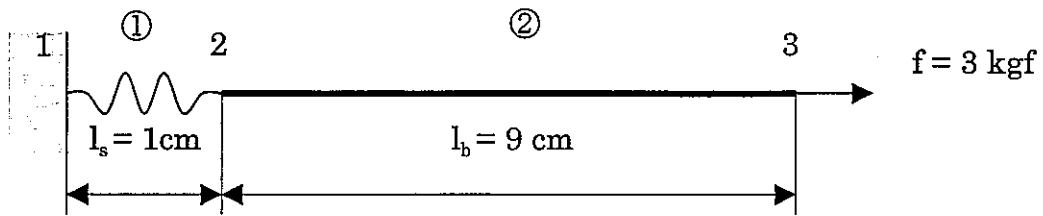


Fig. 3.1-1 単軸引張り力を受ける片持ち梁モデル

##### (b) 境界条件

固定端（節点 1）の全自由度を拘束するとともに、他 2 節点の軸方向以外の自由度を拘束する。

##### (c) 非線形弾性バネの剛性条件 及び 梁要素の物性

ここで非線形弾性バネの剛性  $k$  は、変位  $u$  に依存するものとし、TABLE 3.1-1 のように設定した。また、剛とした梁の物性値は、ヤング率： $1.0 \times 10^7 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比：0.3 としている。

TABLE 3.1-1 変位に依存した非線形弾性バネの剛性

変位 $u$ (cm)	非線形弾性バネの剛性 $k$ (kgf/cm)	定義サブルーチン
$0.0 \leq u < 0.5$	2.0	YNESP
$0.5 \leq u < 1.0$	1.0	
$1.0 \leq u < 2.0$	0.5	
$2.0 \leq u < 4.0$	0.25	
$4.0 \leq u$	0.167	

## (d) 荷重条件

片持ち梁自由端（節点 3）に 3kgf の軸方向荷重を、TABLE 3.1-2 のステップを設けて載荷した。

TABLE 3.1-2 軸方向力の載荷ステップ

ステップ	荷重増分 (kgf)	累積荷重 (kgf)
1	1.0	1.0
2	0.5	1.5
3	0.5	2.0
4	0.5	2.5
5	0.5	3.0

## (2) 計算結果

上記条件により解析を行った結果として、自由端における荷重と変位の関係を Fig. 3.1-2 に示す。入力した変位に依存する非線形弾性バネ剛性から決まる変位-荷重曲線に対し、FINAS の解析結果は一致している。これより、組込んだ非線形弾性バネの基本的な機能が妥当なものであることを確認した。

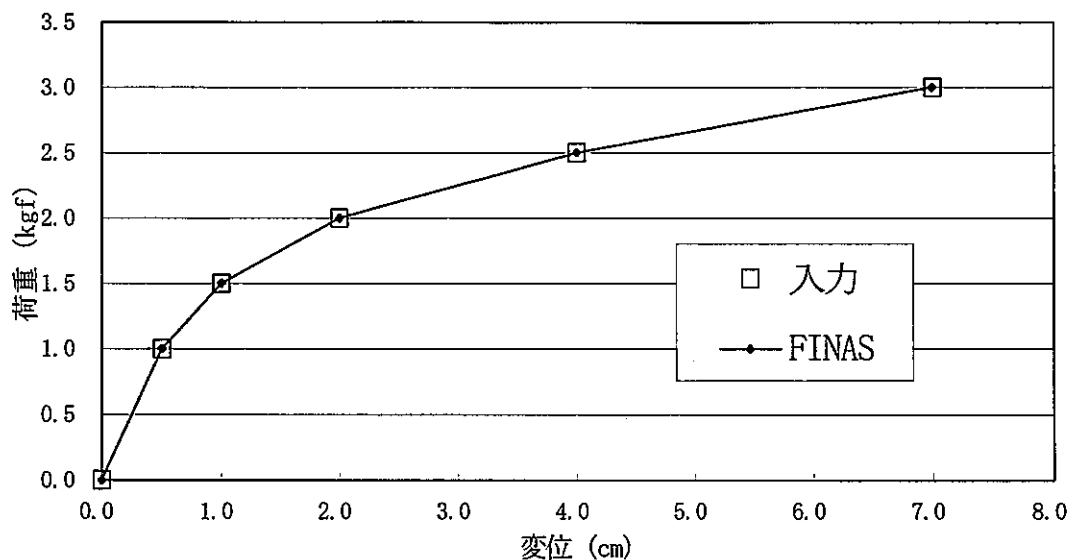


Fig. 3.1-2 片持ち梁自由端における「変位-荷重」関係  
(非線形弾性バネ)

## 3.1.2 線形弾性・クリープバネ

## (1) 問題の概要

線形弾性バネの検証に用いた片持ち梁モデルにおいて、1ステップ目で16 kgfの軸方向引張り荷重を加えたあと、1000時間保持のクリープ解析を1ステップで行う。ここでは非線形弾性バネの剛性は、変位によらず  $k = 16 \text{ kgf/cm}$  (線形バネ) としている。また、ここで用いたクリープ変位式を以下に示す。なお、下式における係数値は、 $\alpha = 8.0 \times 10^{-11}$ 、 $m = 3.61$ 、 $n = 1.06$  として解析を行った。

$$\bar{u}^c = \alpha (\bar{F})^m t^n \quad (3.1)$$

## (2) 計算結果

上記条件にて解析を行って得た FINAS の解と理論解とを比較して TABLE 3.2-1 に示す。FINAS による軸荷重載荷状態で1000時間後のクリープによる変位は理論解と一致しており、組込まれた基本的な弾クリープバネの機能が妥当なものであることを確認した。

TABLE 3.2-1 弾クリープを考慮した非線形弾性バネに関する荷重および変位

ステップ	荷重 (kgf) / 変位 (cm)	FINAS の解	理論解
1	F	16.000E+01	16.0
	u	1.0000E+00	1.0
	u <sup>e</sup>	1.0000E+00	1.0
	u <sup>c</sup>	0.0000E+00	0.0
2	F	16.000E+01	16.0
	u	1.0027E+00	1.0026913
	u <sup>e</sup>	1.0000E+00	1.0
	u <sup>c</sup>	2.6913E-03	$2.6913 \times 10^{-3}$

## 3.1.3 弾塑性バネ (等方硬化)

## (1) 問題の概要

弾塑性バネ (等方硬化) 要素の静的挙動を検証するため、非線形弾性バネの検証に用いた片持ち梁モデルにおいて、弾塑性バネ (等方硬化) に TABLE 3.3-1 に示した材料定数を設定し、TABLE 3.3-2 に示したサイクリックな単軸荷重を片持ち梁先端に負荷して、バネの変位—荷重関係を確認した。

TABLE 3.3-1 弾塑性バネ (等方硬化) に設定した物性値

設定材料項目	物性値	定義サブルーチン
弾性バネ定数	20000 kgf/cm	YEPSPO
降伏力	12 kgf	YKAPP
パラメータ h	1.0	YHDSH
加工硬化係数	235 kgf/cm	YHDSH

## (2) 計算結果

バネの変位と荷重の履歴に着目し、上記条件にて解析を行って得た FINAS の解とポイント点における理論解とを比較して TABLE 3.3-2 に示す。また、FINAS の解で描いた弾塑性バネ (等方硬化) の変位—荷重履歴のグラフを Fig. 3.3-1 に示す。解析ステップの設定においては、降伏点をおさえてはいないが、Fig. 3.3-1 を眺めると残差修正処理の働きにより設定した2直線近似のラインに符合する挙動を示していることが確認できる。組込んだ弾塑性バネ (等方硬化) は、理論解と一致しており、等方硬化特性をもつ弾塑性バネの基本的な機能が妥当なものであることを確認した。

TABLE 3.3-2 弾塑性バネ (等方硬化) における「変位—荷重」関係

ステップ	荷重増分	トータル荷重	FINAS		理論解	
	kgf	kgf	変位 cm	荷重 kgf	変位 cm	荷重 kgf
1	5.00	5.00	2.500E-04	5.000E+00	$2.5 \times 1.0^{-4}$	5.0
2	6.00	11.00	5.500E-04	1.100E+01	$5.5 \times 1.0^{-4}$	11.0
3	2.00	13.00	6.500E-04	1.201E+01		
4	0.00	13.00	4.905E-03	1.300E+01	$4.905 \times 1.0^{-3}$	13.0
5	-0.01	12.99	4.862E-03	1.214E+01		
6	-12.99	0.00	4.255E-03	5.346E-07		
7	-12.00	-12.00	3.655E-03	-1.200E+01	$3.655 \times 1.0^{-3}$	-12.0
8	-2.00	-14.00	3.555E-03	-1.301E+01		
9	-1.00	-15.00	-5.005E-03	-1.500E+01		
10	0.00	-15.00	-5.005E-03	-1.500E+01	$-5.005 \times 1.0^{-3}$	15.0
11	0.01	-14.99	-5.005E-03	-1.499E+01		
12	14.99	0.00	-4.255E-03	2.831E-07	$-4.255 \times 1.0^{-3}$	0.0
13	14.00	14.00	-3.555E-03	1.400E+01		
14	2.00	16.00	-3.455E-03	1.501E+01		
15	1.00	17.00	5.105E-03	1.700E+01	$5.1005 \times 1.0^{-3}$	17.0

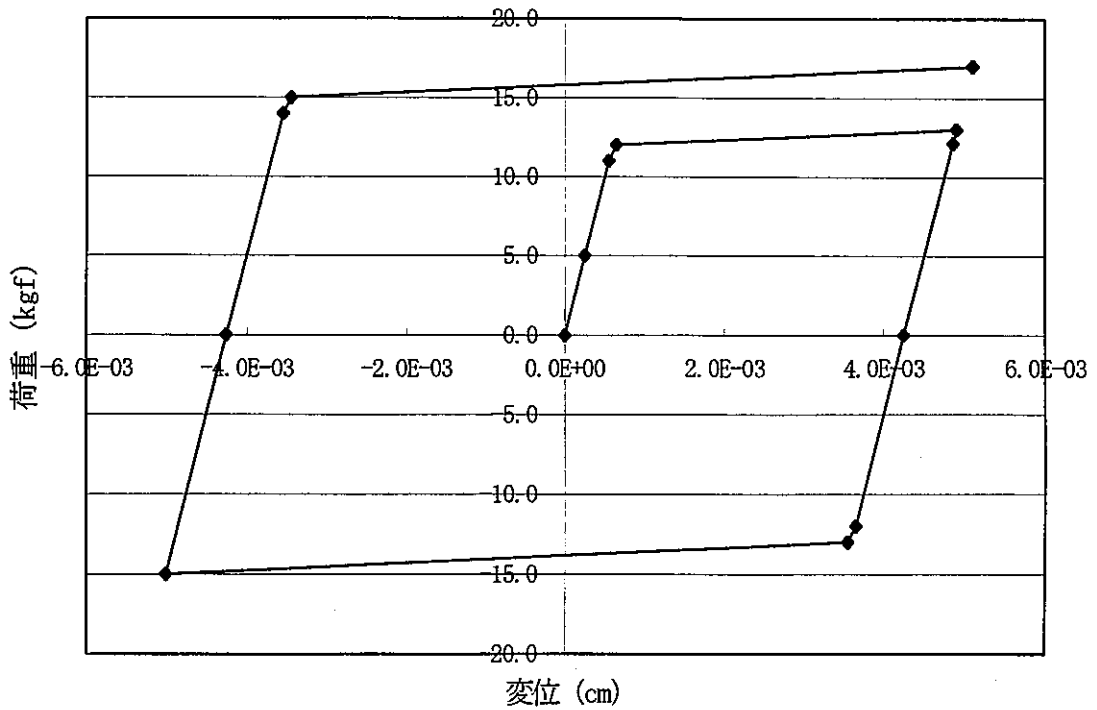


Fig. 3.3-1 弾塑性バネ (等方硬化) の「変位-荷重」履歴

### 3.1.4 弾塑性バネ (移動硬化)

#### (1) 問題の概要

弾塑性バネ (移動硬化) 要素の静的挙動を検証するため、非線形弾性バネの検証に用いた片持ち梁モデルにおいて、弾塑性バネ (移動硬化) に TABLE 3.4-1 に示した材料定数を設定し、TABLE 3.4-2 に示したサイクリックな単軸荷重を片持ち梁先端に負荷して、バネの変位-荷重関係を確認した。

TABLE 3.4-1 弾塑性バネ (移動硬化) に設定した物性値

設定材料項目	物性値	定義サブルーチン
弾性バネ定数	20000 kgf/cm	YEPSPO
降伏力	12 kgf	YKAPP
パラメータ h	1.0	YHDSH
加工硬化係数	0 kgf/cm	YHDSH
移動硬化係数	257kgf/cm	YHDSH



## (2) 計算結果

バネの変位と荷重の履歴に着目し、上記条件にて解析を行って得た FINAS の解とポイント点における理論解とを比較して TABLE 3.4-2 に示す。また、FINAS の解で描いた弾塑性バネ（移動硬化）の変位—荷重履歴のグラフを Fig. 3.4-1 に示す。組込んだ弾塑性バネ（移動硬化）は、理論解と一致しており、移動硬化特性をもつ弾塑性バネの基本的な機能が、妥当なものであることを確認した。

TABLE 3.4-2 弾塑性バネ（移動硬化）における「変位—荷重」関係

ステップ	荷重増分	トータル荷重	FINAS		理論解	
	kgf	kgf	変位 cm	荷重 kgf	変位 cm	荷重 kgf
1	5.00	5.00	2.5000E-04	5.0000E+00	$2.5 \times 1.0^{-4}$	5.0
2	6.00	11.00	5.5000E-04	1.1000E+01	$5.5 \times 1.0^{-4}$	11.0
3	2.00	13.00	6.5000E-04	1.2012E+01		
4	0.00	13.00	4.9053E-03	1.3000E+01	$4.9053 \times 1.0^{-3}$	13.0
5	-0.01	12.99	4.8623E-03	1.2139E+01		
6	-12.99	0.00	4.2553E-03	5.3458E-07	$4.2553 \times 1.0^{-3}$	0.0
7	-10.00	-10.00	3.7553E-03	-1.0000E+01		
8	-2.00	-12.00	3.6553E-03	-1.1012E+01		
9	0.00	-12.00	-6.0000E-04	-1.2000E+01	$-6.0 \times 1.0^{-4}$	-12.0
10	-3.00	-15.00	-1.3516E-02	-1.5000E+01		
11	0.01	-14.99	-1.3473E-02	-1.4139E+01		
12	14.99	0.00	-1.2766E-02	-4.3958E-07		
13	8.00	8.00	-1.2366E-02	8.0000E+00		
14	2.00	10.00	-1.2266E-02	9.0116E+00		
15	4.00	14.00	9.2106E-03	1.4000E+01	$9.2106 \times 1.0^{-3}$	14.0

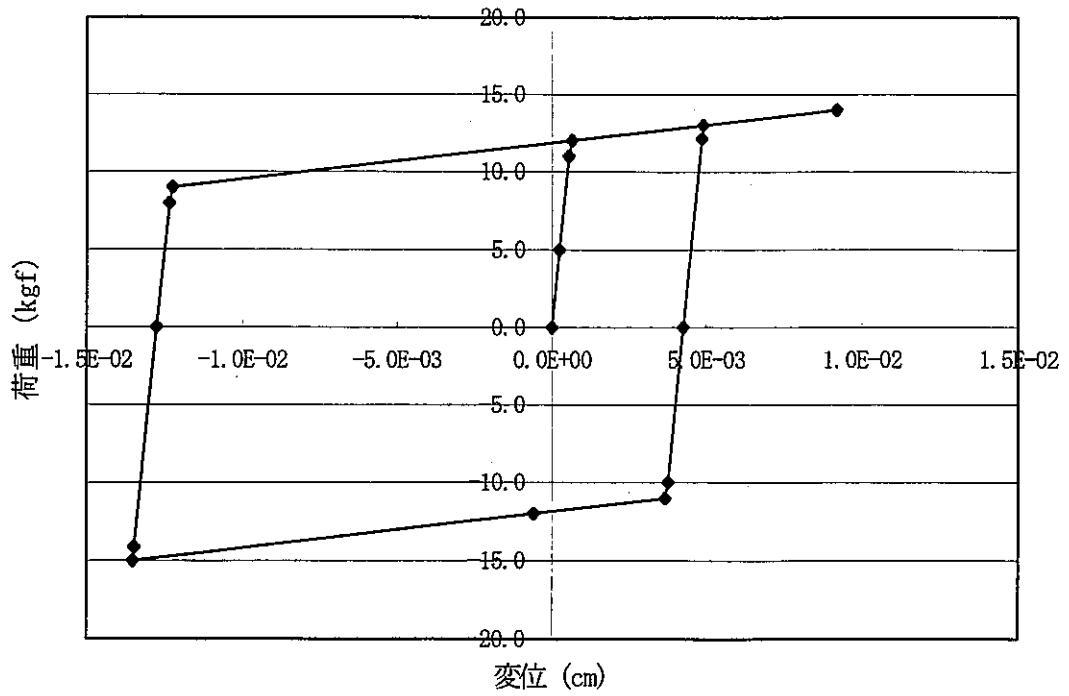


Fig. 3.4-1 弾塑性バネ (移動硬化) の「変位-荷重」履歴

## 3.1.5 弾塑性バネ(複合硬化)

## (1) 問題の概要

弾塑性バネ(複合硬化)要素の静的挙動を検証するため、非線形弾性バネの検証に用いた片持ち梁モデルにおいて、弾塑性バネ(複合硬化)に TABLE 3.5-1 に示した材料定数を設定し、TABLE 3.5-2 に示したサイクリックな単軸荷重を片持ち梁先端に負荷して、バネの変位—荷重関係を確認した。

TABLE 3.5-1 弾塑性バネ(複合硬化)に設定した物性値

設定材料項目	物性値	定義サブルーチン
弾性バネ定数	20000 kgf/cm	YEPSPO
降伏力	12 kgf	YKAPP
パラメータ h	1.0	YHDSH
加工硬化係数	235 kgf/cm	YHDSH
移動硬化係数	157 kgf/cm	YHDSH

## (2) 計算結果

バネの変位と荷重の履歴に着目し、上記条件にて解析を行って得た FINAS の解とポイント点における理論解とを比較して TABLE 3.5-2 に示す。また、FINAS の解で描いた弾塑性バネ(複合硬化)の変位—荷重履歴のグラフを Fig. 3.5-1 に示す。組込んだ弾塑性バネ(複合硬化)は、理論解と一致しており、複合硬化特性をもつ弾塑性バネの基本的な機能が、妥当なものであることを確認した。

TABLE 3.5-2 弾塑性バネ(複合硬化)における「変位—荷重」関係

ステップ	荷重増分	トータル荷重	FINAS		理論解	
	kgf		kgf	変位 cm	荷重 kgf	変位 cm
1	5.00	5.00	2.5000E-04	5.0000E+00	$2.5 \times 1.0^{-4}$	5.0
2	6.00	11.00	5.5000E-04	1.1000E+01	$5.5 \times 1.0^{-4}$	11.0
3	2.00	13.00	6.5000E-04	1.2023E+01		
4	0.00	13.00	2.7777E-03	1.3000E+01	$2.7777 \times 1.0^{-3}$	13.0
5	-0.01	12.99	2.7559E-03	1.2564E+01		
6	-12.99	0.00	2.1277E-03	1.7323E-07	$2.1277 \times 1.0^{-3}$	0.0
7	-12.00	-12.00	1.5277E-03	-1.2000E+01	$1.5277 \times 1.0^{-3}$	-12.0
8	-1.00	-13.00	-6.5000E-04	-1.3000E+01	$-6.5 \times 1.0^{-4}$	-13.0
9	0.01	-12.99	-6.2822E-04	-1.2564E+01		
10	12.99	0.00	-6.4028E-10	-1.7323E-07	0.0	0.0
11	13.00	13.00	6.5000E-04	1.3000E+01	$6.5 \times 1.0^{-4}$	13.0
12	1.00	14.00	2.8277E-03	1.4000E+01	$2.1277 \times 1.0^{-3}$	14.0

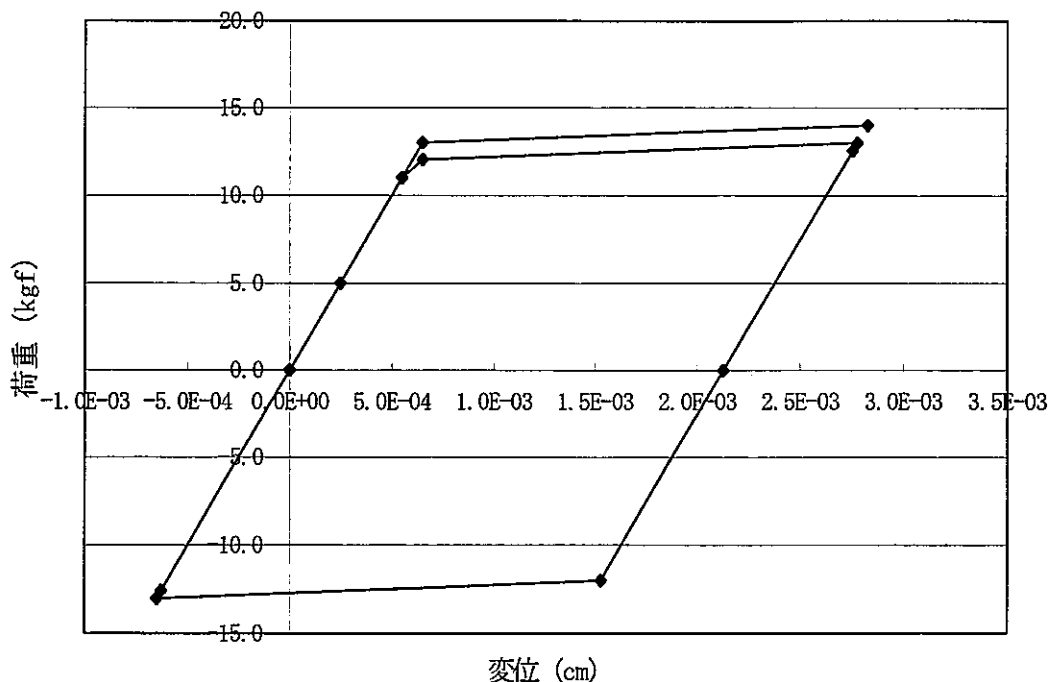


Fig. 3.5-1 弾塑性バネ (複合硬化) の「変位-荷重」履歴

### 3.1.6 弾塑性バネ (非対称硬化)

#### (1) 問題の概要

弾塑性バネ (非対称硬化) 要素の静的挙動を検証するため、非線形弾性バネの検証に用いた片持ち梁モデルにおいて、弾塑性バネ (非線形硬化) に TABLE 3.6-1 に示した材料定数を設定し、TABLE 3.6-2 に示したサイクリックな単軸荷重を片持ち梁先端に負荷して、バネの変位-荷重関係を確認した。なお、解析の実行にあたっては除荷時における解を落ち着かせる目的で、解析ステップごとに収束計算を行なって解析を進めた。

TABLE 3.6-1 弾塑性バネ (非対称硬化) に設定した物性値

設定材料項目	物性値	定義サブルーチン
弾性バネ定数	20000 kgf/cm	YEPSPO
正荷重における降伏力	12 kgf	YGTHY
正荷重時の接線剛性	500 kgf/cm	YGTHY
負荷重における降伏力	-5 kgf	YGTHY
負荷重時における接線剛性	50 kgf/cm	YGTHY

## (2) 計算結果

バネの変位と荷重の履歴に着目し、上記条件にて解析を行って得た FINAS の解とポイント点における理論解とを比較して TABLE 3.6-2 に示す。また、FINAS の解で描いた弾塑性バネ（非対称複合硬化）の変位—荷重履歴のグラフを Fig. 3.6-1 に示す。組込んだ弾塑性バネ（非対称硬化）は、理論解と一致しており、非対称硬化特性をもつ弾塑性バネの基本的な機能が、妥当なものであることを確認した。

TABLE 3.6-2 弾塑性バネ（非対称硬化）における「変位—荷重」関係

ステップ	荷重増分	トータル荷重	FINAS		理論解	
	kgf		kgf	変位 cm	荷重 kgf	変位 cm
1	10.0000	10.0000	5.0000E-04	1.0000E+01	$5.0 \times 1.0^{-4}$	10.0
2	0.7143	10.7143	5.3571E-04	1.0714E+01		
3	0.7143	11.4286	5.7143E-04	1.1429E+01		
4	0.7143	12.1429	8.8572E-04	1.2143E+01		
5	0.7143	12.8571	2.3143E-03	1.2857E+01		
6	0.7143	13.5714	3.7429E-03	1.3571E+01		
7	0.7143	14.2857	5.1714E-03	1.4286E+01		
8	0.7143	15.0000	6.6000E-03	1.5000E+01	$6.6 \times 1.0^{-3}$	15.0
9	-15.0000	0.0000	5.8500E-03	9.5367E-07		
10	-0.3000	-0.3000	5.8350E-03	-3.0000E-01		
11	-0.3000	-0.6000	5.8200E-03	-6.0000E-01		
12	-0.3000	-0.9000	5.8050E-03	-9.0000E-01		
13	-0.3000	-1.2000	5.7900E-03	-1.2000E+00		
14	-0.3000	-1.5000	5.7750E-03	-1.5000E+00		
15	-0.3000	-1.8000	5.7600E-03	-1.8000E+00		
16	-0.3000	-2.1000	5.7450E-03	-2.1000E+00		
17	-0.3000	-2.4000	5.7300E-03	-2.4000E+00		
18	-0.3000	-2.7000	5.7150E-03	-2.7000E+00		
19	-0.3000	-3.0000	5.7000E-03	-3.0000E+00		
20	-0.3000	-3.3000	5.6850E-03	-3.3000E+00		
21	-0.3000	-3.6000	5.6700E-03	-3.6000E+00		
22	-0.3000	-3.9000	5.6550E-03	-3.9000E+00		
23	-0.3000	-4.2000	5.6400E-03	-4.2000E+00		
24	-0.3000	-4.5000	5.6250E-03	-4.5000E+00	$5.625 \times 1.0^{-3}$	-4.5
25	-0.3000	-4.8000	3.7500E-03	-4.8000E+00	$3.75 \times 1.0^{-3}$	-4.8
26	-0.3000	-5.1000	-2.2500E-03	-5.1000E+00		
27	-0.3000	-5.4000	-8.2500E-03	-5.4000E+00		
28	-0.3000	-5.7000	-1.4250E-02	-5.7000E+00		
29	-0.3000	-6.0000	-2.0250E-02	-6.0000E+00	$-2.025 \times 1.0^{-2}$	-6.0
30	6.0000	0.0000	-1.9950E-02	-1.6098E-15	$-1.995 \times 1.0^{-2}$	0.0
31	1.2000	1.2000	-1.9890E-02	1.2000E+00		

32	1.2000	2.4000	-1.8600E-02	2.4000E+00		
33	1.2000	3.6000	-1.6200E-02	3.6000E+00		
34	1.2000	4.8000	-1.3800E-02	4.8000E+00		
35	1.2000	6.0000	-1.1400E-02	6.0000E+00		
36	1.2000	7.2000	-9.0000E-03	7.2000E+00		
37	1.2000	8.4000	-6.6000E-03	8.4000E+00		
38	1.2000	9.6000	-4.2000E-03	9.6000E+00		
39	1.2000	10.8000	-1.8000E-03	1.0800E+01		
40	1.2000	12.0000	6.0000E-04	1.2000E+01	$6.0 \times 1.0^{-4}$	12.0

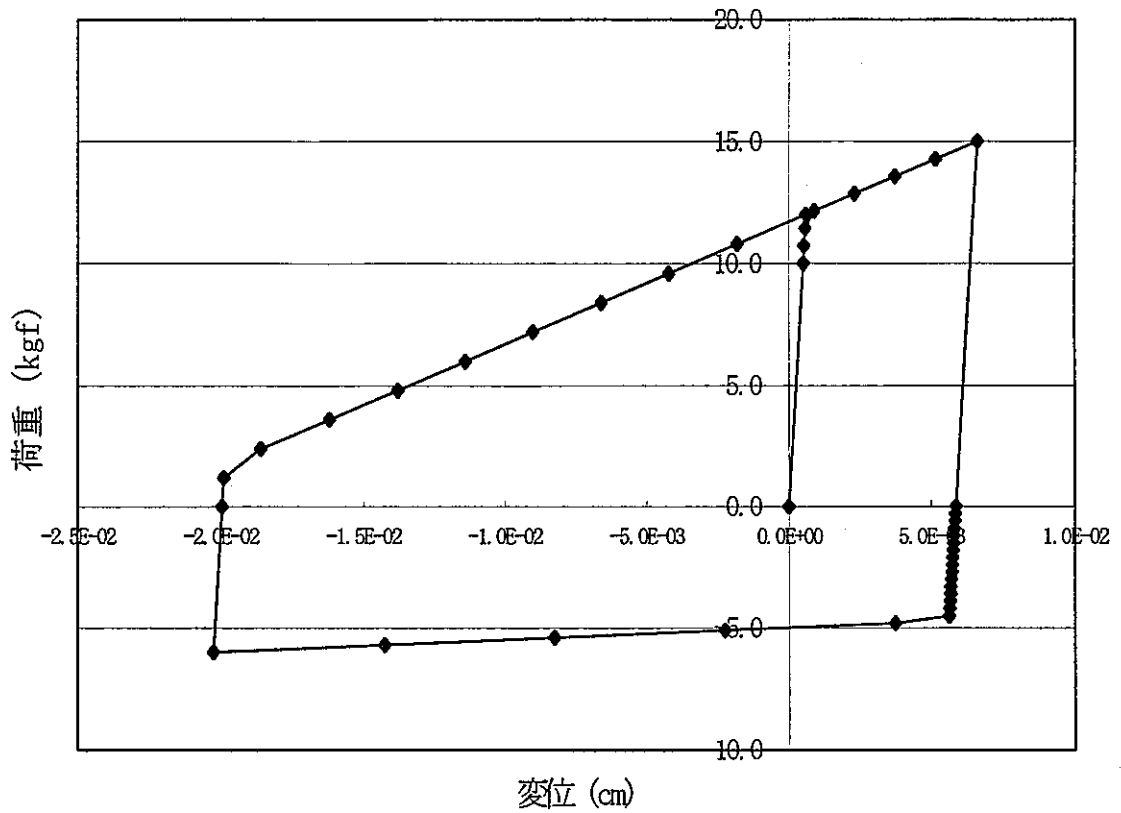


Fig. 3.6-1 弾塑性ヒステリシス (非対称硬化) の「変位-荷重」履歴

### 3. 2 応用問題

#### 3.2.1 皿バネ（非線形弾性） [2]

##### (1) 問題の概要

皿バネは軸方向荷重に対し非線形弾性挙動を示す特性をもつとして、JIS B 2706-1995 に荷重とたわみの関係式が示されている。その関係式の中でバネ定数  $k$  を記述する定式は以下のものである。

$$k = \frac{4EtC}{(1-\nu)D^2} \left( h^2 - 3h\delta + t^2 + \frac{3}{2}\delta^2 \right) \quad (3.2)$$

$$C = \left( \frac{\alpha+1}{\alpha-1} - \frac{2}{\ln \alpha} \right) \pi \left( \frac{\alpha}{\alpha-1} \right)^2 \quad (3.3)$$

- D : 外径
- d : 内径
- t : 板厚
- h : 皿バネの全高さから板厚  $t$  を引いた値（有効高さ）
- $\delta$  : バネのたわみ
- E : 縦弾性係数
- $\nu$  : ポアソン比
- $\alpha$  : 直径比 (D/d)

この皿バネのバネ剛性式を、非線形弾性バネ要素の剛性マトリックス  $K_{ne}$  を計算する Sub.YNESP において記述し、その適用性を検証する。

用いた解析モデルは 3.1.1 非線形バネの検証で用いた片持ち梁モデルと同様の構成要素とし、要素①の非線形弾性バネ要素を皿バネとして扱う。以下の TABLE 3.7-1 に諸データの値を示す。

TABLE 3.7-1 皿バネを用いた片持ち梁モデルの諸データ

要素	項目	記号	単位	物性値
皿バネ要素①	軸方向長さ	ls	cm	2.5
	外径	D	cm	65.0
	内径	d	cm	50.0
	板厚	t	cm	1.25
	有効高さ	h	cm	25.0
梁要素②	軸方向長さ	lb	cm	7.5
	縦弾性係数	E	kgf/cm <sup>2</sup>	1.0×10 <sup>12</sup>
	ポアソン比	$\nu$		0.3

上記 TABLE 3.7-1 内の皿バネ要素の形状に関する諸データは、軸方向長さを除いて Sub.YNESP 内で定義している。

片持ち梁先端に載荷する軸方向荷重は、引張り及び圧縮方向の最大変位が共に  $0.75h (= 1.875 \text{ cm})$  となるまで変位制御にて1サイクル静的に負荷していく。

(2) 計算結果

バネの変位（軸方向たわみ）と荷重の履歴に着目し、上記条件による解析で得た FINAS の解と式 (3.2) により求めた理論解を比較して Fig. 3.7-1 に示す。Fig. 3.7-1 のグラフは、載荷1サイクルに設けた解析ステップ数が 250 の結果であるが、FINAS の解の履歴は理論解のものとはほぼ一致している。これより組込んだ非線形弾性バネ要素の機能は、皿バネに対する適用性において妥当なものであることを確認した。ただし、FINAS においては各ステップの皿バネの剛性を前ステップの変位量（皿バネのたわみ量）に基づいて求めているため、載荷時と除荷時とは完全に同じ曲線とはならない。この現象は解析ステップを大きくとるとより顕著に現れる。非線形弾性バネ要素の組込み機能を用いるにあたっては、このことに注意を払う必要がある。

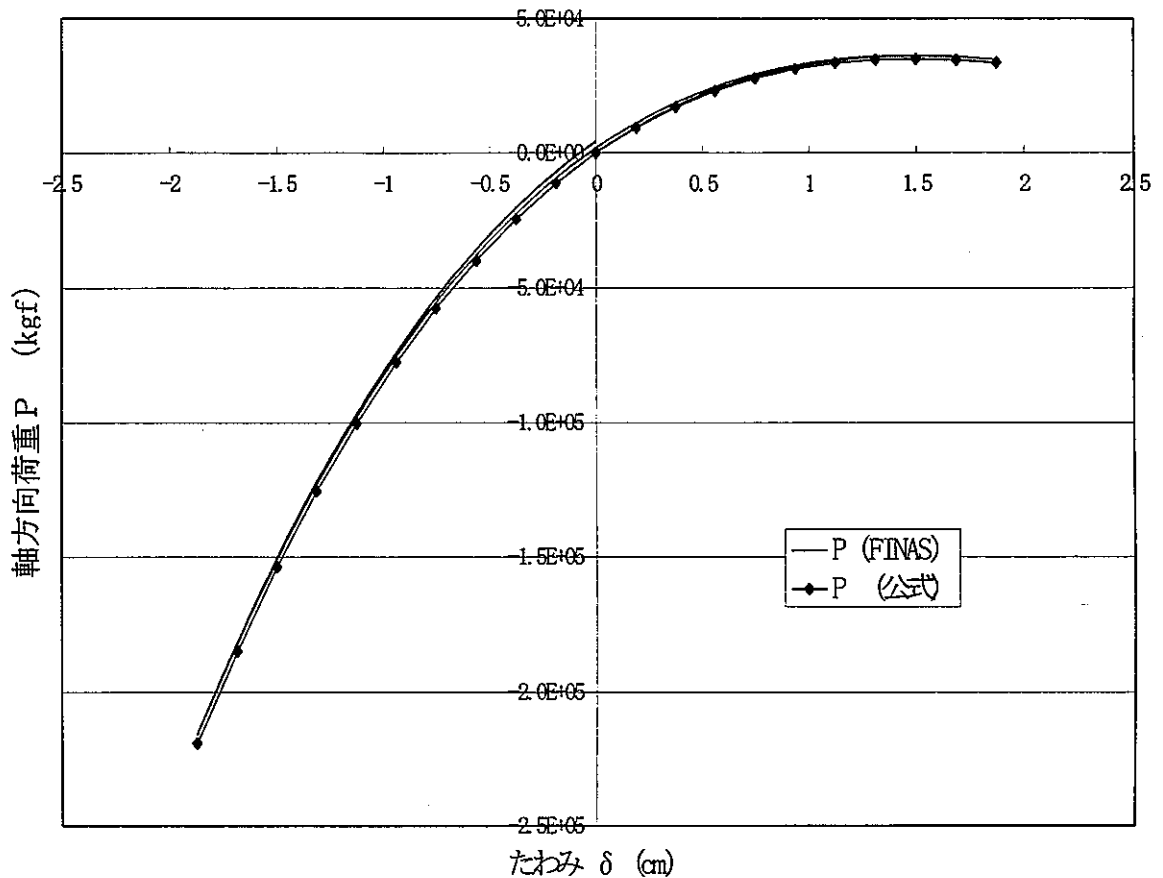


Fig. 3.7-1 皿バネの「軸方向たわみ-荷重」関係



## 3.2.2 コイルバネのクリープ挙動[3]

## (1) 問題の概要

弾性バネとしてのコイルバネの荷重  $F$  と変位  $\delta$  の関係式は、以下のように表される。

$$F = \frac{G r_0^4}{4 n R^3} \delta \quad (3.4)$$

$R$  : コイル半径  
 $r_0$  : コイル素線の半径  
 $n$  : コイル巻数  
 $G$  : 横弾性係数

また、一定荷重下でのコイルバネのクリープ挙動において、時間  $t$  におけるコイルバネにかかる荷重  $F$  (ここでは一定値) と変位  $\delta$  の関係式は以下の式で表される。

$$\delta(t) = \frac{3^{(\kappa+1)/2} (3\kappa+1)^\kappa n R^{\kappa+2} k}{2^{\kappa-1} \pi^{\kappa-1} \kappa^\kappa r_0^{3\kappa+1}} F^\kappa t + \delta_i \quad (3.5)$$

$R$  : コイル半径  
 $r_0$  : コイル素線の半径  
 $n$  : コイル巻数  
 $k, \kappa$  : Norton 則パラメータ  
 $\delta_i$  : 初期変位

ここでは、上記(3.4)式におけるコイルバネの弾性バネ定数を Sub.YNESP 及び Sub.YEPSPO において定義すると共に、(3.5)式から導かれるクリープ変位速度関係式を、相当クリープ変位増分を計算する Sub.YUCB において記述し、弾クリープバネの FINAS への組込み機能が、コイルバネに対して適正に適用されるかの検証を行う。

解析モデルは 3.1.1 非線形バネの検証で用いた片持ち梁モデルと同様の構成要素とし、要素①のバネ要素をクリープ挙動を伴うコイルバネとして扱う。以下の TABLE 3.8-1 に諸データの値を示す。

TABLE 3.8-1 コイルバネを用いた片持ち梁モデルの諸データ

要素	項目	記号	単位	物性値
コイルバネ要素①	横弾性係数	G	kgf/cm <sup>2</sup>	0.6×10 <sup>6</sup>
	線形バネ定数	k <sub>1</sub>	kgf/cm	29.1
	軸方向長さ	L <sub>s</sub>	cm	1.0
	コイル半径	R	cm	7.5
	コイル素線の半径	r <sub>0</sub>	cm	0.8
	コイルの巻数	n		5
	Norton 則パラメータ	k		1.0×10 <sup>-17</sup>
	Norton 則パラメータ	κ		3.0
梁要素②	軸方向長さ	L <sub>b</sub>	cm	2.0
	縦弾性係数	E	kgf/cm <sup>2</sup>	1.0×10 <sup>12</sup>

解析においては、1ステップ目で50 kgfの軸方向引張り荷重を加えたあと、100,000時間保持のクリープ解析を50ステップで行う。

## (2) 計算結果

上記条件にて解析を行って得た、初期変位  $\delta i = 1.72$  cm を付加した場合のコイルバネの変位の時間的变化を Fig. 3.8-1 に示す。Fig. 3.8-1 には、文献[3]の結果を合わせて示した。両者はよく一致していることが確認できる。

また、初期変位負荷時と20,000時間後の変位に関して FINAS の解と理論解[3]とを比較して TABLE 3.8-2 に示す。FINAS により得られたクリープ変位は、理論値と一致しており、FINAS における非線形バネ機能が、クリープ挙動を示すコイルバネに対して適用できることを確認した。

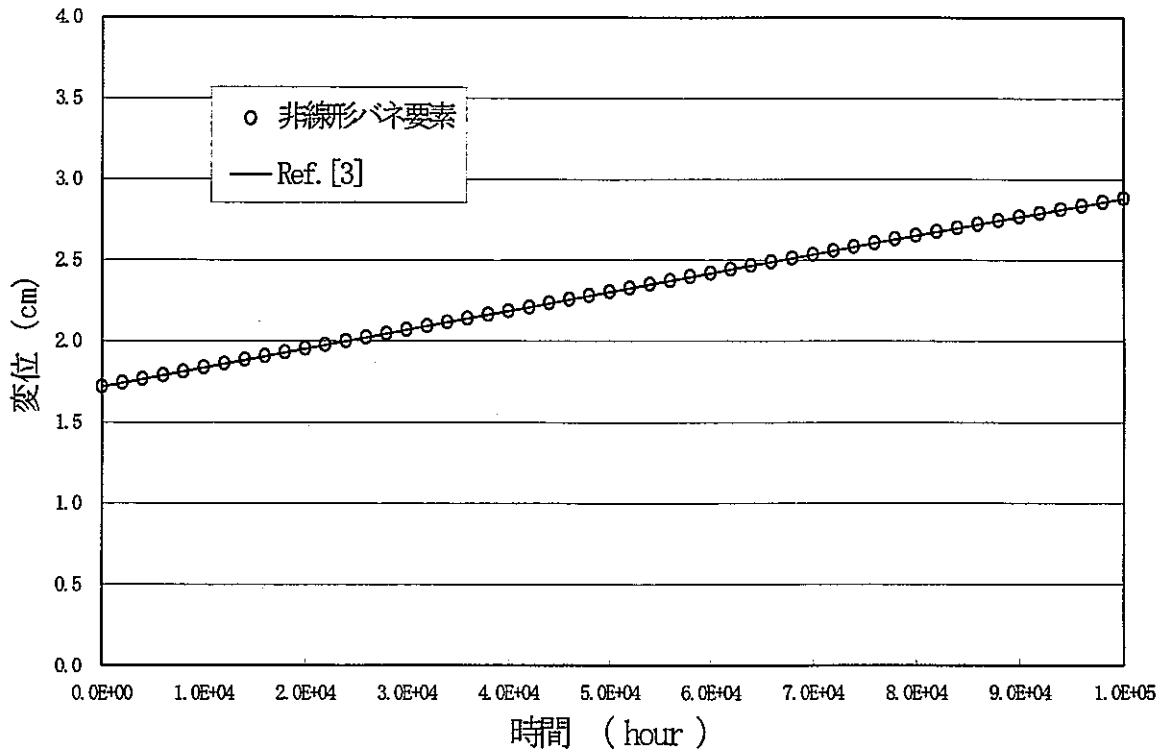


Fig. 3.8-1 コイルバネのクリープ挙動

TABLE 3.8-2 弾クリープを考慮したコイルバネに関する荷重および変位

ステップ	荷重 (kgf) / 変位 (cm)	非線形バネ要素	Ref.[3]
初期弾性 変形	F	5.0000E+01	50.0
	U	1.718E+00	1.718
	U <sup>e</sup>	1.718E+00	1.718
	U <sup>c</sup>	0.0000E+00	0.0
20000hr 保持	F	5.0000E+01	50.0
	U	1.951E+00	1.951
	U <sup>e</sup>	1.718E+00	1.718
	U <sup>c</sup>	2.3326E-01	0.2333

3.2.3 ねじりと引張り荷重を受ける弾塑性バネ(荷重成分の連成)

(1) 問題の概要

(a) モデル

Fig.3.9-1 に示すような固定端から長さ 1cm の非線形バネを介して長さ 9 cm、断面積 1cm<sup>2</sup> の剛なはり要素を繋げた片持ち梁を考える。

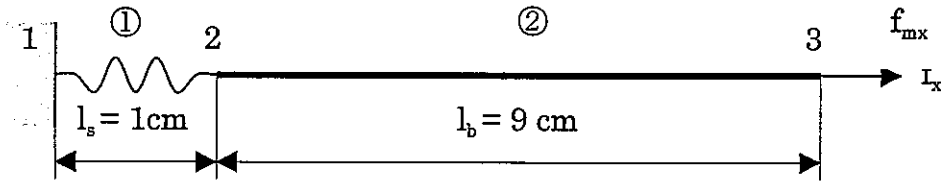


Fig. 3.9-1 ねじりと引張りを受ける片持ち梁モデル

(b) 境界条件

固定端（節点 1）の全自由度を拘束するとともに、他の 2 節点の軸方向、ねじり方向以外の自由度を拘束する。

(c) 荷重条件

荷重条件として、引張りの強制変位を 0.015cm、ねじりの強制変位を 0.015rad まで、50 ステップで与え、その後、100 ステップで引張りの強制変位を -0.015cm、ねじりの強制変位を -0.015rad に。そして、その後の 50 ステップで引張り、ねじりの強制変位をそれぞれ 0 に戻す。

(c) 非線形弾塑性バネの物性、降伏条件

この問題では、ねじりと引張りが連成した荷重を受けた場合の、降伏関数を

$$F = \left( \frac{f_x}{N_0} \right)^2 + \left( \frac{f_{mx}}{T_0} \right)^2 - 1$$

とおく[4]。ここで、 $N_0$ 、 $T_0$  は、それぞれが単独で作用した場合の全塑性荷重である。

また、バネは弾完全塑性体とする。しかし、完全に弾完全塑性体にしてしまうと、塑性域で剛性が 0 になり、解析できなくなるため、ここでは加工硬化係数として十分に小さな値、 $1.0 \times 10^{-3}$  を与える。

なお、CASE1 として、 $N_0, T_0$  の値が近い場合。CASE2 として、 $N_0, T_0$  の値が離れている場合、また CASE3 として、 $N_0, T_0$  の値が離れている場合で、両者の降伏するタイミングがほぼ同一な場合の、計 3 ケースの計算を行う。

計算に用いた弾塑性バネの物性値を TABLE 3.9-1 に示す。

TABLE 3.9-1 検証に用いた弾塑性バネの物性値

設定材料項目	物性値		定義サブルーチン
弾性バネ定数 K	10000 kgf/cm		YEPSP0
ねじりバネ定数 G	CASE 1,2	5000 kgfcm/rad	YEPSP0
	CASE 3	1000 kgfcm/rad	
降伏力 引張り $N_0$ ねじり $T_0$	CASE1	$N_0=100$ kgf $T_0=80$ kgfcm	YEQFB YFDF
	CASE2,3	$N_0=100$ kgf $T_0=10$ kgfcm	YGAMM
加工硬化係数 H'	$1.0 \times 10^{-3}$		YHDSH

## (2) 検証結果

Fig. 3.9-2, Fig. 3.9-3 に CASE1 の結果を、Fig. 3.9-4, Fig. 3.9-5 に CASE2 の結果を、そして Fig. 3.9-6, Fig. 3.9-7 に CASE3 の結果を示す。CASE2 および CASE3 については、ねじりの降伏荷重が低いために引張り荷重の履歴が支配的で、ねじり荷重の履歴はこれに追従するかたちで興味深い挙動を示している。Fig. 3.9-8 は、引張りとねじりの荷重平面上で荷重の履歴を追跡したものである。CASE2 および CASE3 の降伏曲線は CASE1 に比べて非常に扁平である。CASE2 については、初期に降伏したのちは除荷されることなく、降伏曲線上を移動していることがわかる。CASE3 については、除荷が認められるが、引張り荷重のみで降伏する荷重レベルまで移動している。

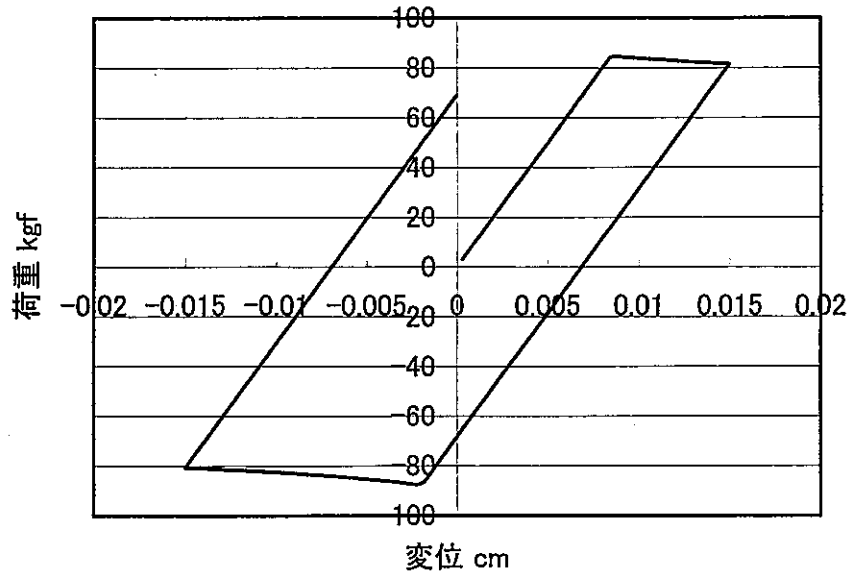


Fig. 3.9-2 引張りにおける荷重-変位図 (CASE 1)

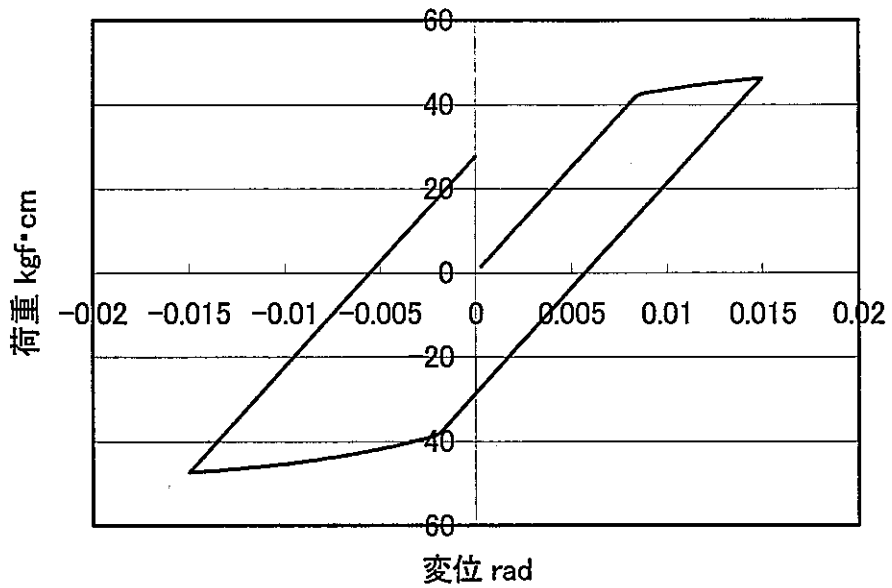


Fig. 3.9-3 ねじりにおける荷重-変位図 (CASE 1)

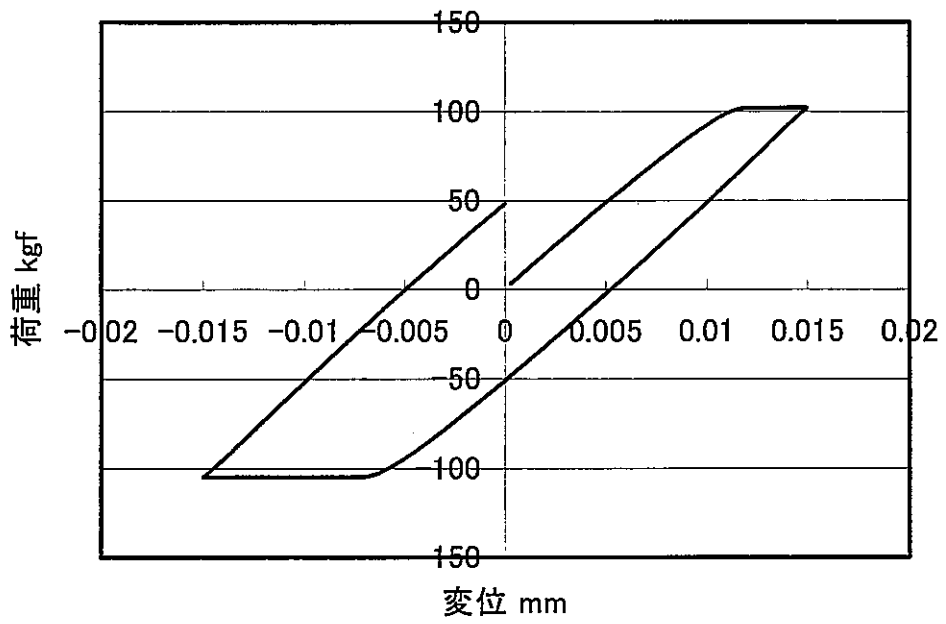


Fig. 3.9-4 引張りにおける荷重-変位図 (CASE 2)

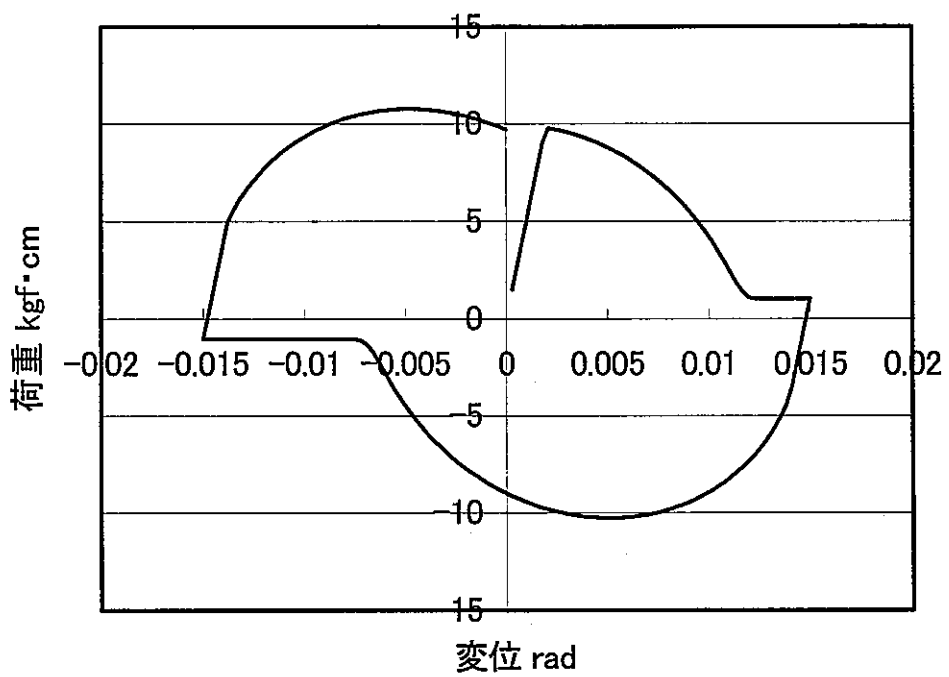


Fig. 3.9-5 ねじりにおける荷重-変位図 (CASE 2)

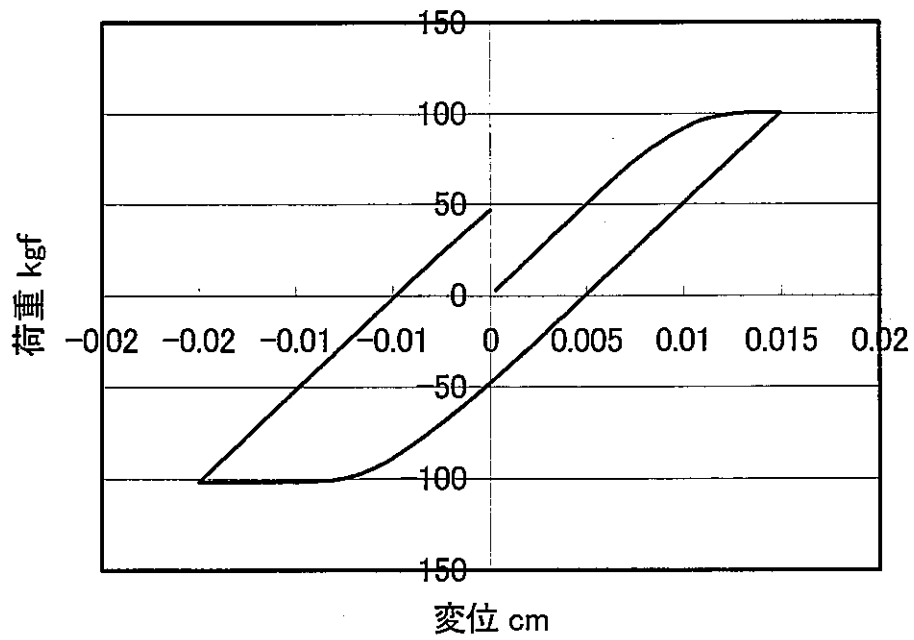


Fig. 3.9-6 引張りにおける荷重-変位図 (CASE 3)

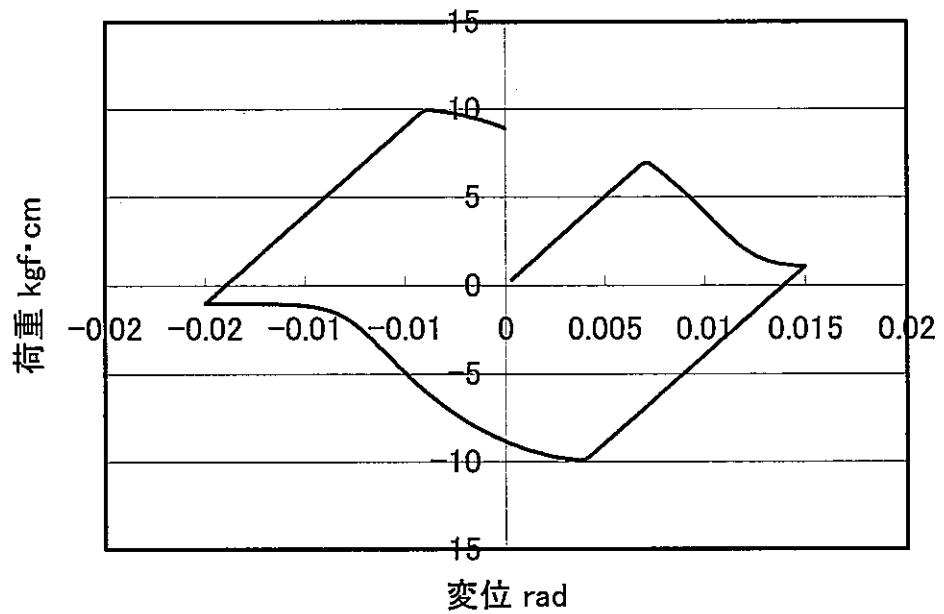


Fig. 3.9-7 ねじりにおける荷重-変位図 (CASE 3)



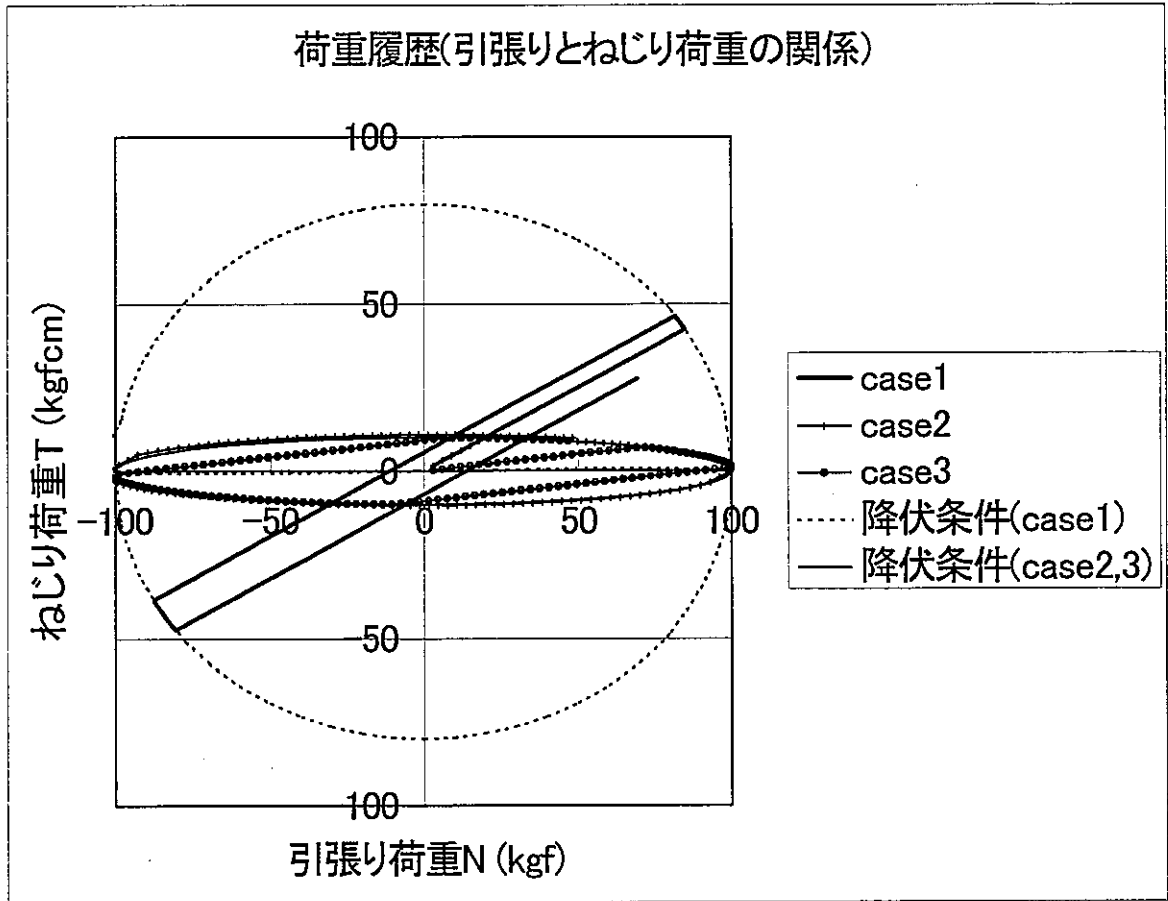


Fig. 3.9-8 荷重平面上での引張りとねじりの履歴

3.2.4 ベローズ継手付き配管の弾性追従(クリープ、曲げのみ)[5]

(1) 問題の概要

(a)解析モデル

Fig. 3.10-1 で示したようなベローズ継ぎ手付き配管モデルを想定して、弾性クリープバネの計算を行う。

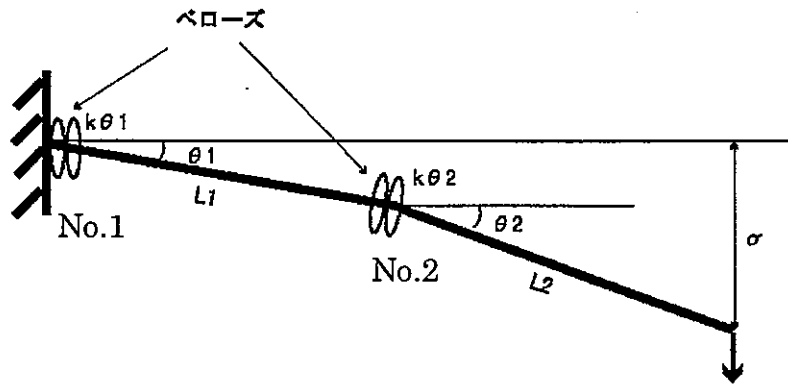


Fig. 3.10-1 ベローズ継ぎ手付き配管モデル

(b)有限要素モデル

有限要素モデル図は、Fig. 3.10-2 で示される。ここで、同一座標にある節点 1,2、節点 3,4 をそれぞれ結ぶように、弾性クリープバネを合計 2 つ設置する (CASE 1)。ただし、解析結果を既存の解析結果と比較する為に、 $k_{\theta 2}$  にあたるバネを、クリープ挙動を示さない弾性バネとした解析結果 (CASE 2) も併せて示す。また各弾性クリープバネを結ぶ配管には、剛梁を仮定する。ここで用いた各物性値、幾何形状を TABLE 3.10-1 に示す。

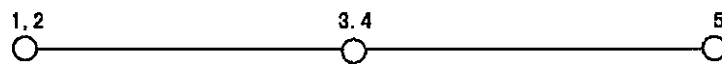


Fig. 3.10-2 有限要素モデル図

(c) 荷重条件

荷重条件としては  $\sigma = 50\text{mm}$  の強制変位を与え、そのまま  $2.0 \times 10^5$  時間保持する。

(d) 境界条件

節点 1 の全方向を拘束し、節点 2 ~ 5 までの上下方向、面内回転方向以外を拘束する。

(e) FASTENING 条件

節点 3 と 4 の上下方向変位、節点 2 と 3、或いは節点 4 と 5 の間の面内回転の変位角を FASTENING する。

(g)ベローズのモデル化

ここでは、Norton 則を用いて、ベローズを仮定したスプリングのクリープ挙

動をモデル化する。ここで用いた Norton 則のパラメータを TABLE 3.10-1 に併せて示す。

ベローズを仮定したスプリングのクリープたわみ式は以下のように与えられる。

$$\dot{\theta} = \aleph M^n$$

ここで、

$$\aleph = \Re^{-n} l$$

$$\Re = \frac{d_p^2}{2} \left( \frac{d_p q}{8\aleph k} \right)^{\frac{1}{n}} \int_0^\pi (\sin \varphi)^{\frac{n+1}{n}} d\varphi$$

$$\aleph = \left( \frac{q}{4} \right)^2 \frac{J_{n,1}}{[I_n(\kappa_0)]^n} + \frac{q}{4} \left( \frac{H}{2} - \frac{q}{4} \right) \frac{J_{n,0}}{[I_n(\kappa_0)]^n} + \left( \frac{H}{2} - \frac{q}{4} \right)^{n+2} \frac{1}{(n+2)[I_n(0)]^n}$$

$$\left( \kappa_0 = \frac{4}{q} \right)$$

$$J_{n,m} = \int_0^\pi \left\{ \frac{H}{2} - \frac{q}{4} (1 - \cos \varphi) \right\}^m \cos^m \varphi d\varphi$$

$$[I_n(\kappa_0)] = \int_{\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \frac{\eta}{1 + \kappa_0 \eta} \left| \eta \right|^{\frac{1}{n}} d\eta$$

ここで用いた各定数の意味、或いは与えた数値を TABLE 3.10-1 に示す。

TABLE 3.10-1 各定数

ベローズ	ピッチ	q	50 mm	
	山高	H	60 mm	
	板厚	h	1.95 mm	
	ピッチ径	d <sub>p</sub>	1160 mm	
	長さ	l	700 mm	
	曲げ剛性		k <sub>θ1</sub>	7.95 × 10 <sup>6</sup> kgmm/rad
			k <sub>θ2</sub>	7.95 × 10 <sup>6</sup> kgmm/rad
	パラメータ		β	4
パイプ	長さ	L <sub>1</sub>	5.0 × 10 <sup>3</sup> mm	
		L <sub>2</sub>	5.0 × 10 <sup>3</sup> mm	
Norton 則	パラメータ	k	1.024 × 10 <sup>-9</sup>	
		n	2.05	

(g)解析結果

Fig. 3.10-3 に CASE 1 の時間と初期モーメントで無次元化したモーメントの関係を、Fig. 3.10-4 に CASE 1 の時間と初期変位角で無次元化した変位角の関

係を示す。また、Fig. 3.10-5, Fig. 3.10-6に CASE 2 についての同様の結果を示す。No.1 ベローズのモーメントの緩和状況は、CASE1 と CASE2 であまり差異は見られないが、No.1 ベローズの回転変位については、CASE1 の場合、両ベローズのクリープを考慮しているために、No.1 ベローズのクリープしか考慮していない CASE2 に比べて、変位の増加量が軽減している。また、CASE2 については、文献[5]の方法を一部修正して計算した結果を併記したが、両者はよく一致する。

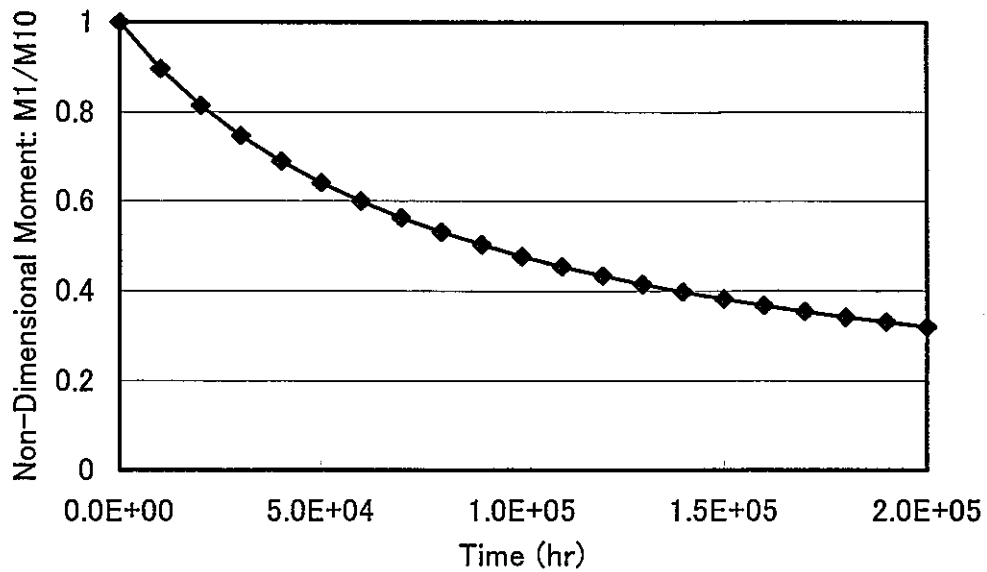


Fig. 3.10-3 時間 vs.無次元モーメント(CASE 1)

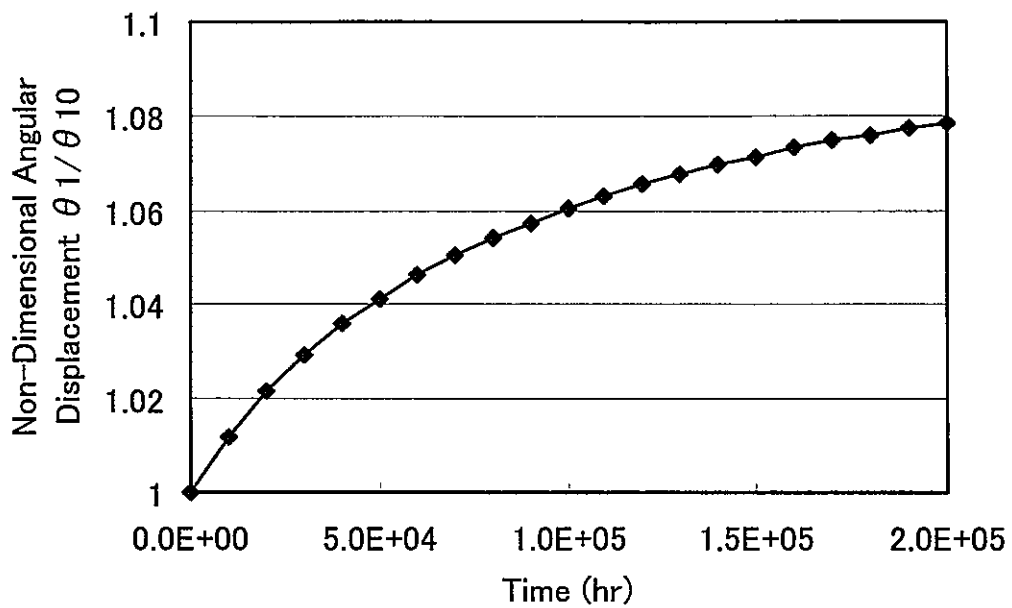


Fig. 3.10-4 時間 vs.無次元変位角(CASE 1)

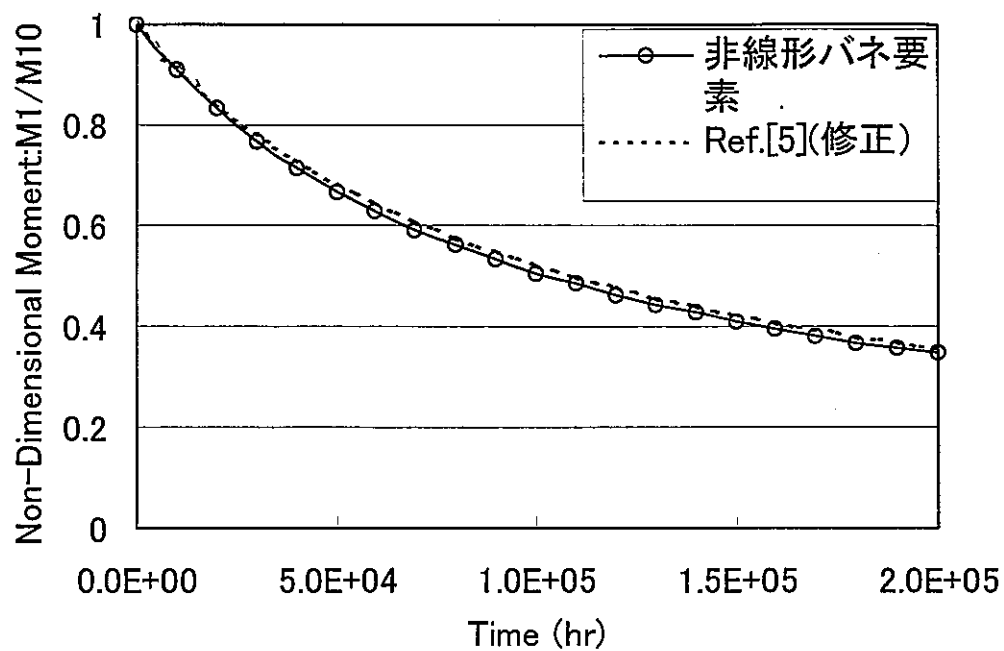


Fig. 3.10-5 時間 vs.無次元モーメント(CASE 2)

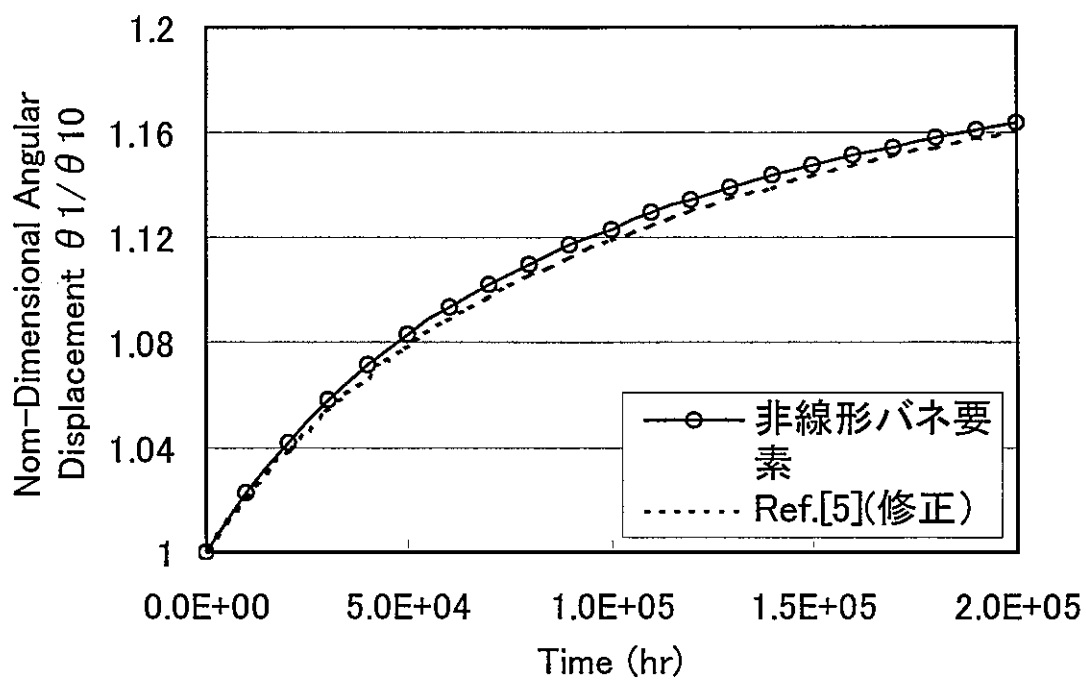


Fig. 3.10-6 時間 vs.無次元変位角(CASE 2)

3.2.5 非線形バネ・マスモデルによる動的解析への適用性検討

解析対象は、Fig. 3.11-1 に示した1 質点系モデル。また荷重には、Fig. 3.11-2 に用いた地震波を用いる。まお、解析は非線形直接積分法で行う。



Fig. 3.11-1 解析モデル

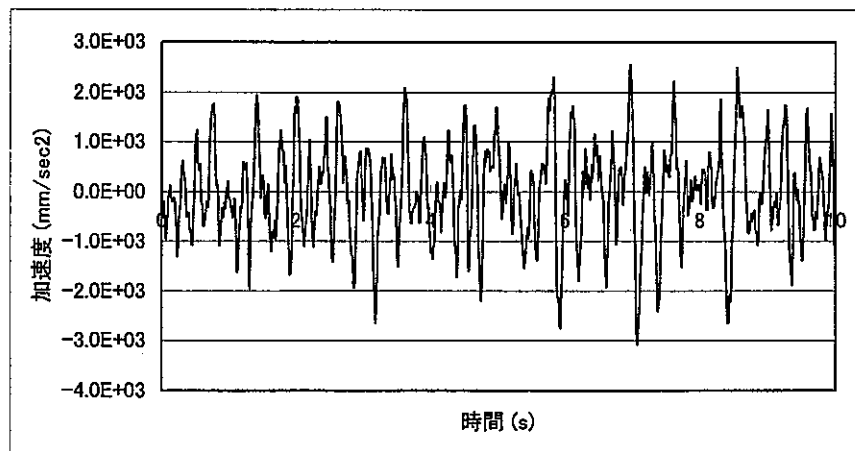


Fig. 3.11-2 入力地震波

解析条件

(a) モデルの仕様

バネ定数 (弾性)	$K_e = 16407 \text{ kg/mm}$
質量	$M = 10 \text{ kg sec}^2/\text{mm}$
固有振動数	$f = 6.45 \text{ Hz}$
減衰定数	$h = 0.5 \%$

(b) 使用要素

バネ	ばね要素	非線型弾性バネ(CASE 1) 弾塑性バネ(CASE 2)
質量	付加質量	ADD MASS

(c) 減衰の与え方

減衰定数  $h = 0.5\%$  の減衰は、xcmtrx.f で以下のように与える。

1 自由度の強制振動の運動方程式

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = F(t)$$

ここで、減衰  $c$  は次式で表わせる。

$$c = 2h\omega m$$

また、

バネ定数 (弾性)	$k = 16407 \text{ kg/mm}$
質量	$m = 10 \text{ kg sec}^2/\text{mm}$
減衰定数	$h = 0.5 \%$
円振動数	$\omega = \sqrt{k/m} = 40.51 \quad 1/\text{sec}$

よって、減衰  $c$  は次式で計算される。

$$c = 2h\omega m = 2 \times 0.005 \times 40.51 \times 10$$

$$c = 4.051 \text{ kgsec/mm}$$

この値を、xcmtrx.f で与える。

#### (d) 解析ケース

0 から 10 秒までの入力加速度に対する時刻歴応答解析を行う。

ここで、CASE1 として線形弾性バネ (剛性:  $K_e$ )、また CASE2 として、2 直線近似した非線形弾塑性バネを用いての解析を行う。

なお、タイムステップ ( $\Delta t$ ) は、0.0002sec とした。DYNA2E[6] での同種の解析ではタイムステップを 0.001sec としているが、FINAS の場合、収束計算をしないため、ここではタイムステップを 1/5 にしている。

#### ・線形バネ (CASE 1)

$$K_e = 16407 \text{ kg/mm}$$

#### ・非線形弾塑性バネ (CASE 2)

$$K_e = 16407 \text{ kg/mm}$$

$$F_y = 100000 \text{ kg}$$

$$K_p = K_e / 10 = 1640.7 \text{ kg/mm}$$

(移動硬化)

#### (e) 解析結果

以上の解析に付いて、結果を DYNA2E で行った同様な解析と比較する。

Fig. 3.11-3、Fig. 3.11-4 に CASE 1 の時間—変位図、時間—加速度図を、Fig. 3.11-5、Fig. 3.11-6 に CASE 2 の時間—変位図、時間—加速度図を示す。また、Fig. 3.11-7 に CASE 2 について、バネの変位と荷重の履歴を示す。

CASE1 は、単純な線形バネであり、プログラムの比較という観点から両プログラムによる計算結果はよく一致することが確認された。

CASE2 については、変位応答は両者よく一致する。加速度応答については、振幅に若干の差異は見られるものの、ほぼ両者は合っているといえる。また、変位と荷重の履歴から、変位と荷重関係は 2 直線近似の弾塑性骨格曲線に対応した履歴を描いていることが確認できる。



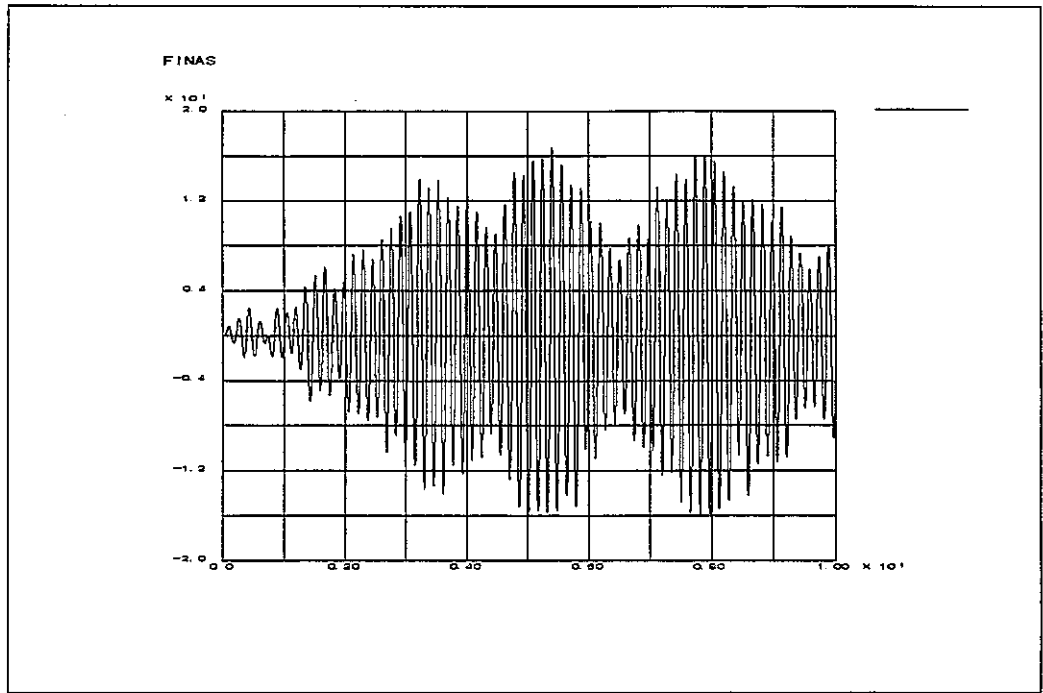


Fig. 3.11-3a 時間—変位図 (CASE1:線形 FINAS) unit: sec vs. mm

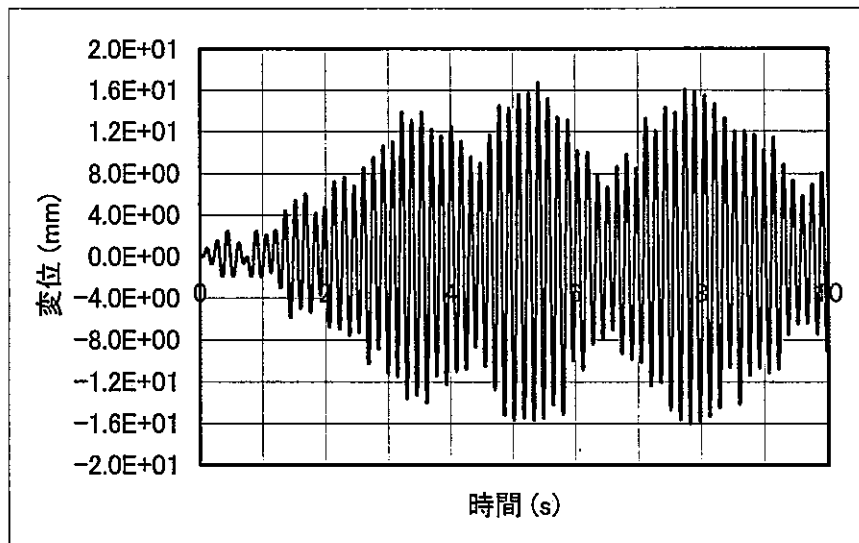


Fig. 3.11-3b 時間—変位図 (CASE1:線形 DYNA2E)

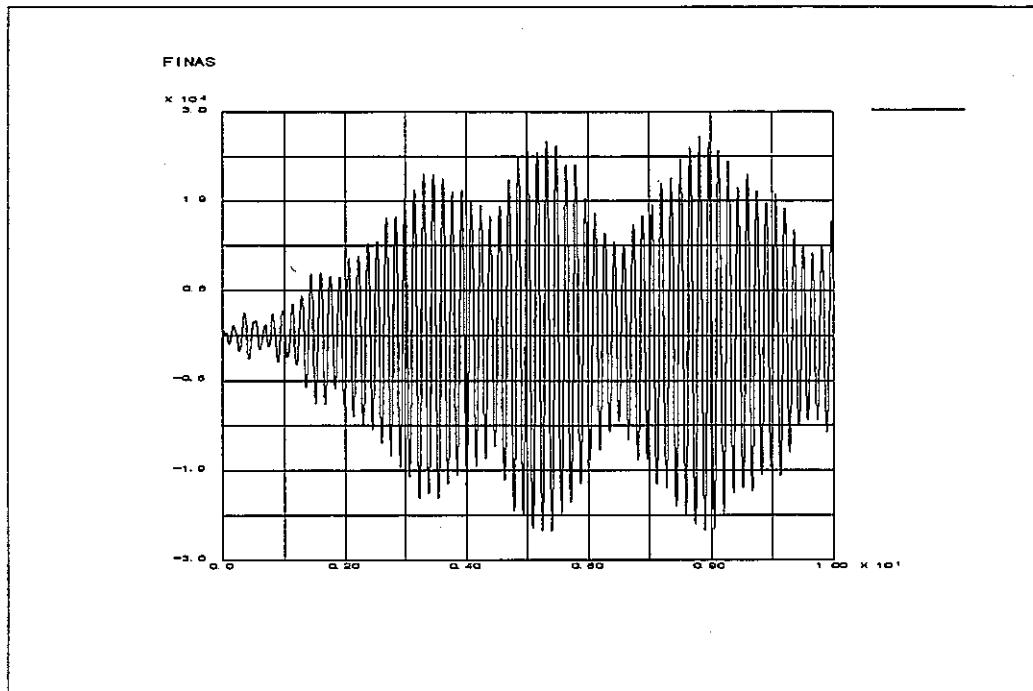


Fig. 3.11-4a 時間—加速度図 (CASE1:線形 FINAS)  
unit: sec vs. kgmm/sec<sup>2</sup>

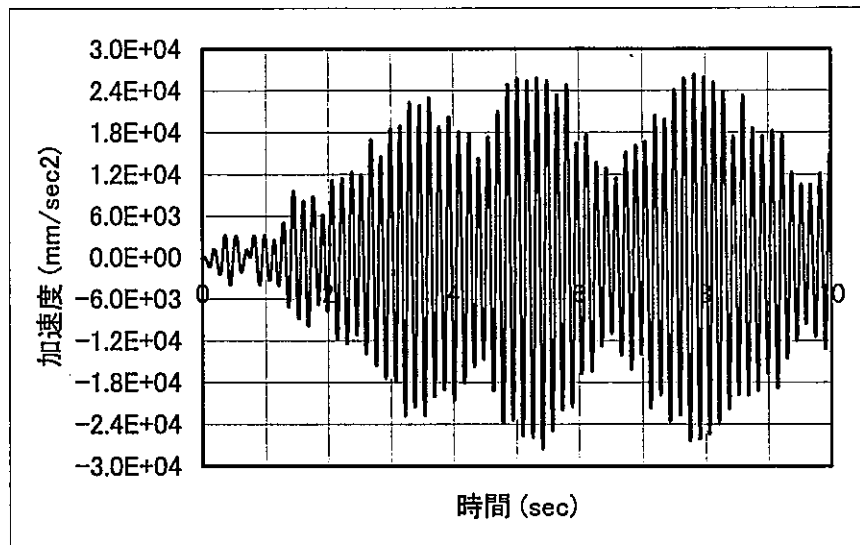


Fig. 3.11-4b 時間—加速度図 (CASE1:線形 DYNA2E)

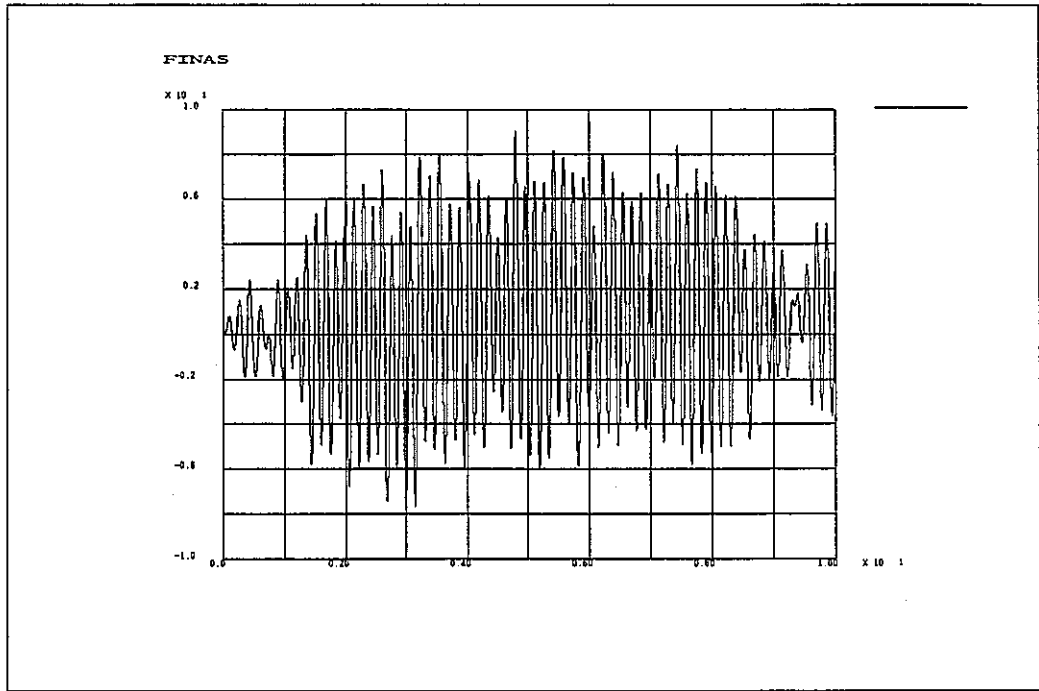


Fig. 3.11-5a 時間—変位図 (CASE2: 2直線近似 FINAS)  
unit: sec vs. mm

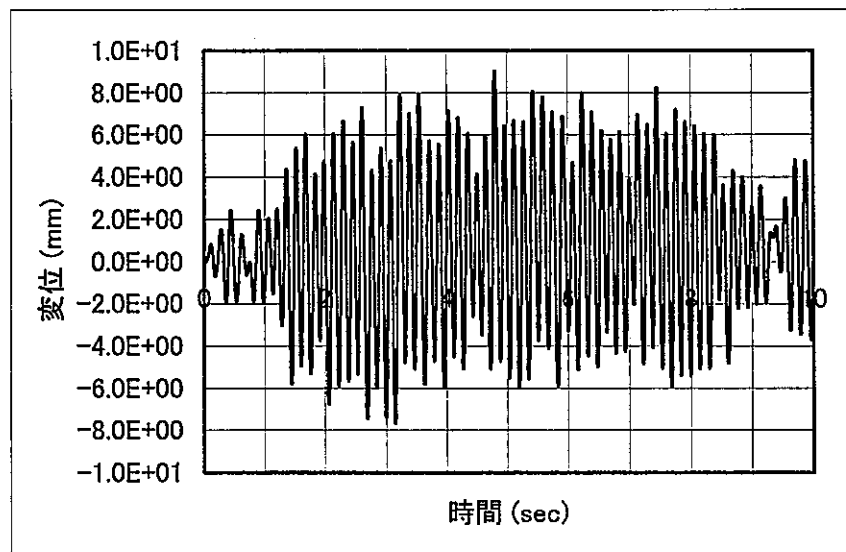


Fig. 3.11-5 b 時間—変位図 (CASE2: 2直線近似 DYNA2E)

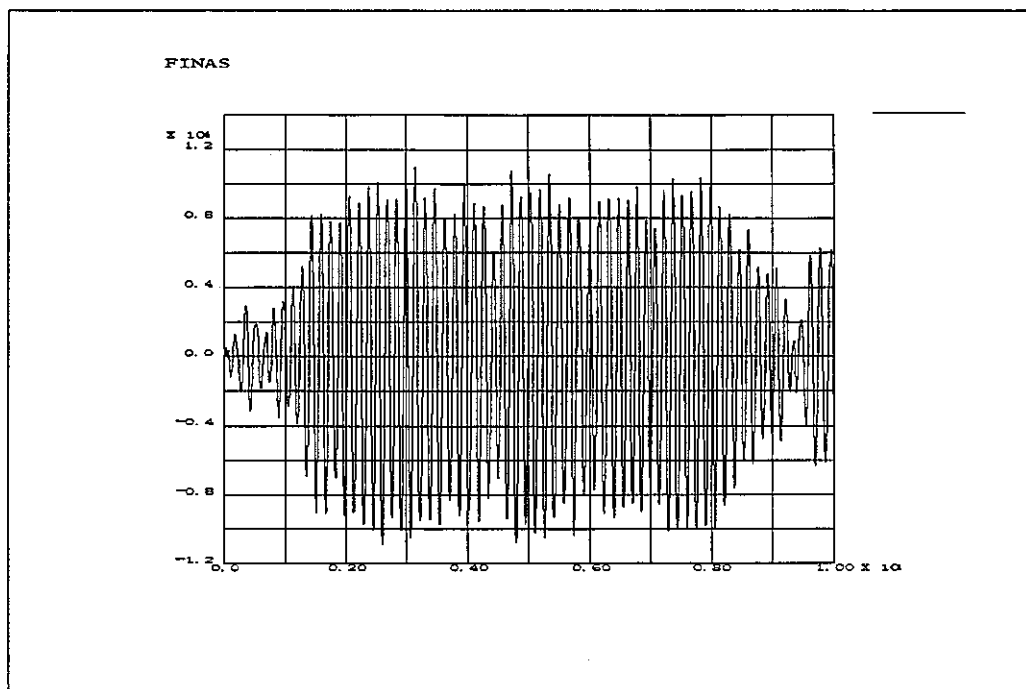


Fig. 3.11-6a 時間—加速度図 (CASE2: 2直線近似 FINAS)  
unit: sec vs. mm/sec<sup>2</sup>

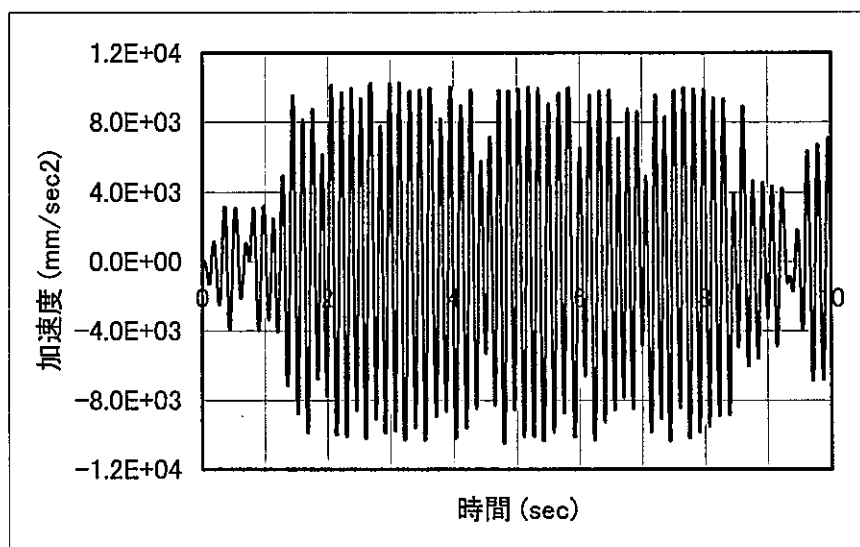


Fig. 3.11-6b 時間—加速度図 (CASE2: 2直線近似 DYNA2E)

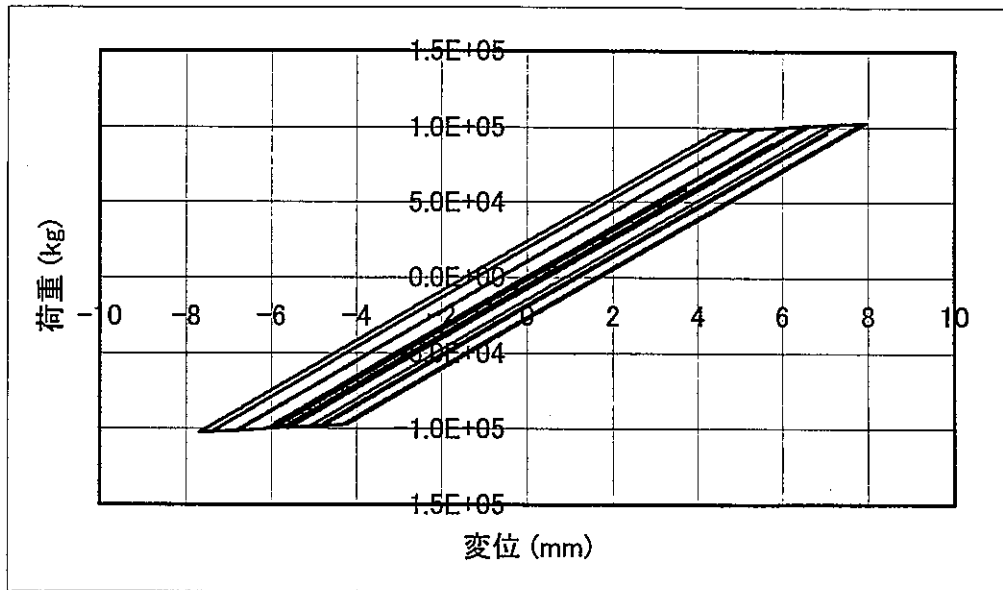


Fig. 3.11-7 変位—荷重図 (CASE2: 2直線近似 FINAS)  
(time = 4s まで)

3.2.6 L字配管の動的応答解析への適用

解析対象は、Fig. 3.12-1 に示したホットレグ配管。また荷重には、Fig. 3.12-2 に用いた地震波を用いる。まお、解析は非線形直接積分法で行う。

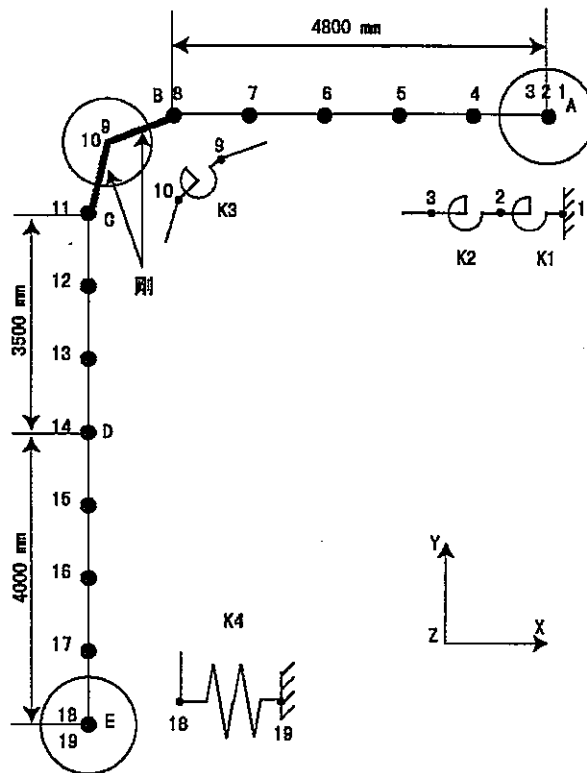


Fig. 3.12-1 ホットレグ配管の解析モデル

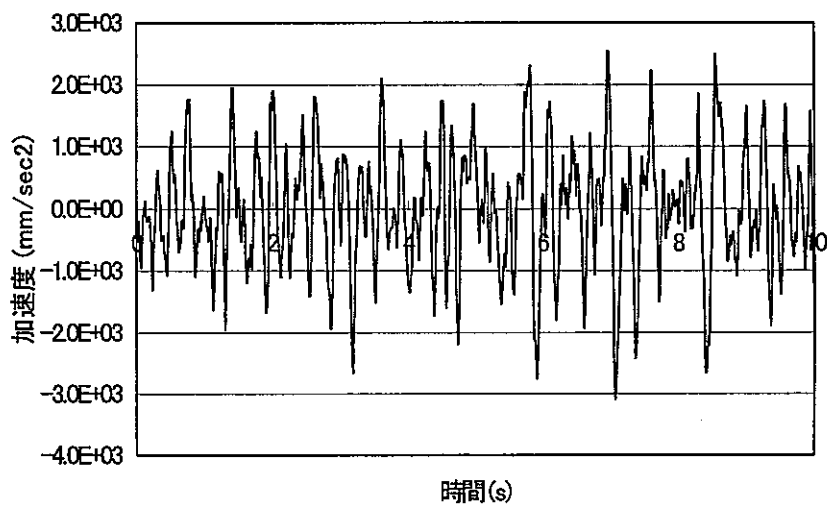


Fig. 3.12-2 入力地震波

## 解析条件

## (a) モデルの仕様

## ①バネ

$K_1$  : ノズル剛性を表わす線形回転バネ

$$K_1 = 2.5 \times 10^{11} \text{ kg mm/rad}$$

$K_2$  : 直管の非線形回転バネ

$K_3$  : エルボ全体のバネ剛性を表わす非線形回転バネ

$K_4$  : 水平方向の線形バネ (回転は拘束しない)

$$K_4 = 1000 \text{ kg/mm}$$

## ②重量 (配管 1 m 当たりの重さ)

A~C : 694 kg/m

C~D : 591 kg/m

D~E : 967 kg/m

## ③減衰定数

0.5 %

## ④入力地震波

Fig. 3.12-2 に示した地震波の 50 倍

## ⑤質量、慣性モーメント

x 方向及び y 方向の質量考慮

z 軸回りの慣性モーメント考慮

## ⑥時間刻み

$$\Delta t = 0.00005 \text{ s}$$

## (b) 弾塑性バネの復元力特性

バネねじり定数 [kgmm/rad] — 2 直線近似 —

$$\text{弾性域} \quad K_{2e} = 2.23 \times 10^{11} \quad K_{3e} = 1.13 \times 10^9$$

$$\text{塑性域} \quad K_{2p} = K_{2e} / 200 \quad K_{2p} = K_{3e} / 15$$

$$\text{降伏力} \quad M_{2y} = 1.0 \times 10^8 \text{ kgmm} \quad M_{3y} = 2.0 \times 10^7 \text{ kgmm}$$

(移動硬化)

## (c) 減衰の与え方

弾性状態での減衰率  $h=0.5\%$  の減衰はレーリー減衰を用いて以下のように与えられる。

強制振動の運動方程式は、

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = F(t)$$

ここで、減衰マトリックス  $C$  を次式のように与える。

$$C = \alpha k + \beta m$$

係数  $\alpha, \beta$  は、それぞれ配管全体の剛性マトリックス  $K$  および質量マトリックス  $M$  にかかる係数である。係数  $\alpha, \beta$  は、HL 配管の弾性状態での 1 次モー

ドと2次モードの固有振動数を用いて決定する。非線形バネについて弾性バネ定数を用いて、HL配管の固有値解析を行い、固有振動数を求める。

減衰定数	:	$h = 0.5\%$
1次モードの固有振動数	:	$f_1 = 4.695928 \text{ Hz}$ (DYNA2E : 4.70737 Hz)
2次モードの固有振動数	:	$f_2 = 9.674850 \text{ Hz}$ (DYNA2E : 9.68125 Hz)

$\alpha, \beta$  は、固有振動数  $f_i$  を用いて、次式により求められる。

$$\alpha\omega_i^2 + \beta = 2h\omega_i (i=1,2)$$

$$\omega_i = 2\pi f_i$$

したがって、

$$\alpha = \frac{f_1 h - f_2 h}{\pi(f_1^2 - f_2^2)}$$

$$\beta = 4\pi f_1 (h - \alpha \pi f_1)$$

HL配管における係数  $\alpha, \beta$  は

$$\alpha = 1.107490 \times 10^{-4} \quad (\text{DYNA2E} : 1.10612 \times 10^{-4})$$

$$\beta = 0.198639 \quad (\text{DYNA2E} : 0.199008)$$

#### (d) 解析結果

Fig. 3.12-3a, b にバネ K2 の回転変位の時間履歴を、Fig. 3.12-4 a, b に回転変位—モーメント図を本要素を使った FINAS と DYNA2E による計算結果を比較して示す。また、Fig. 3.12-5 a, b にバネ K3 の回転変位の時間履歴を、Fig. 3.12-6 a, b に回転変位—モーメント図を同様に示す。ただし、FINAS による結果は、5sec までの表示であり、DYNA2E の半分である。回転変位の応答については、振幅に僅かながら差異が認められるものの両者の挙動はよく一致することがわかる。回転変位—モーメント関係についても、最大到達変位が FINAS の方が僅かに大きいものの、両者の挙動はよく一致するといえる。

Fig. 3.12-7a, b に下端節点 18 の変位の時間履歴を FINAS と DYNA2E による計算結果を比較して示す。両者はほとんど一致することが確認できる。



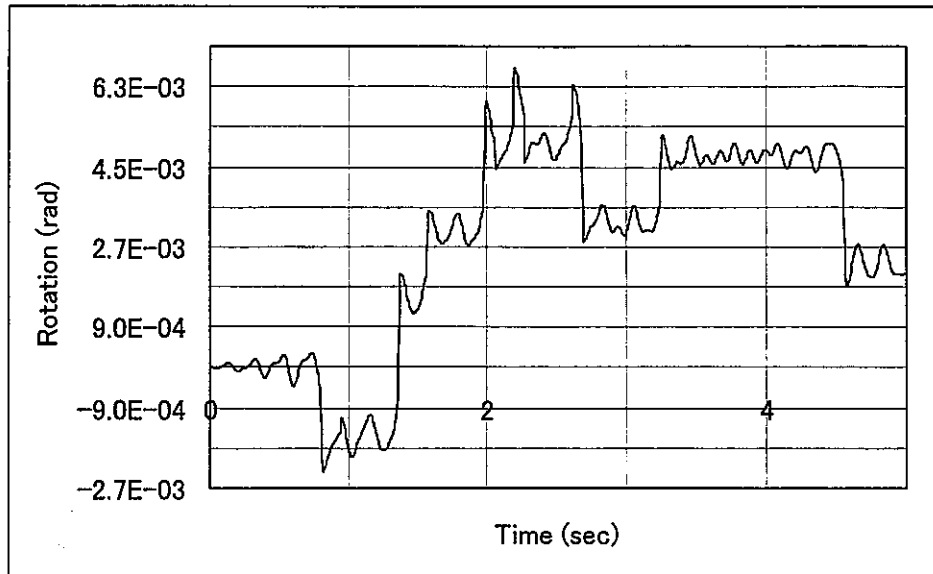


Fig. 3.12-3a 回転変位の時間履歴 (バネ K2 FINAS)  
unit: sec vs.rad 注: time ≒ 5 sec まで

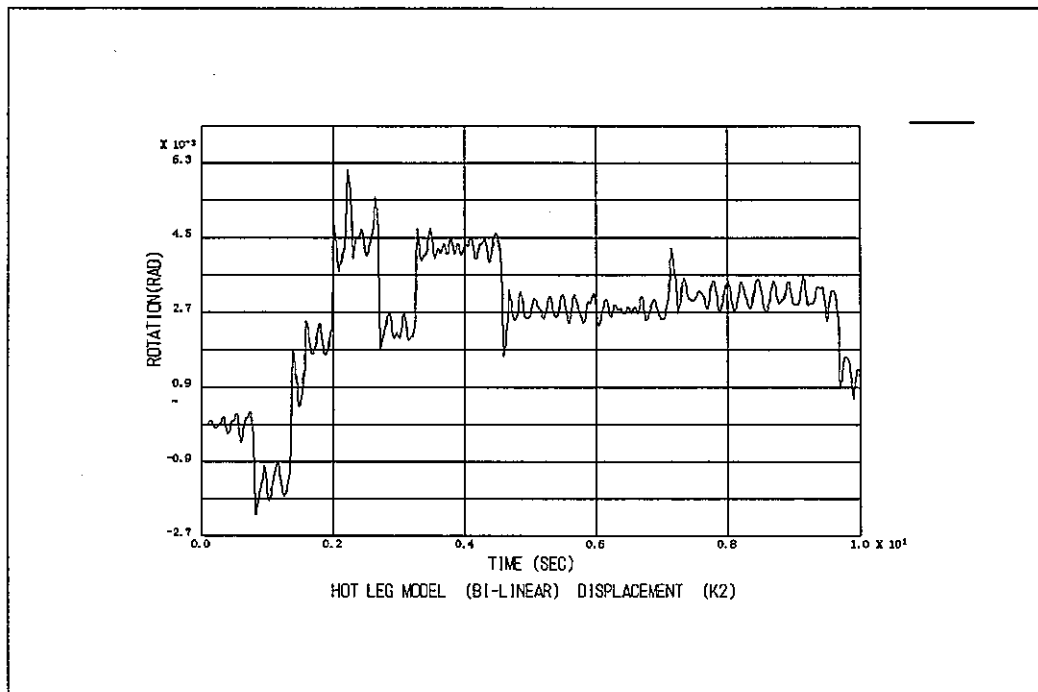


Fig. 3.12-3b 回転変位の時間履歴 (バネ K2 DYNA2E) unit: sec vs. rad

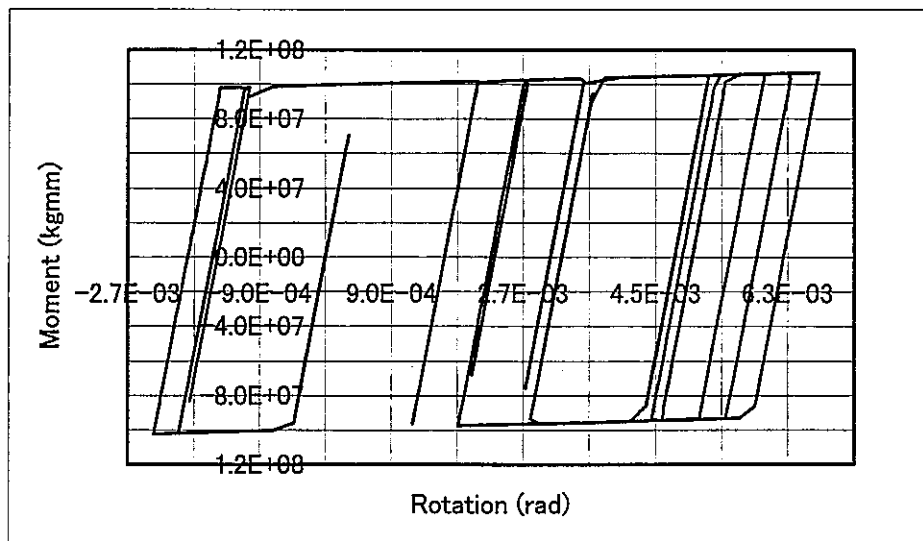


Fig. 3.12-4a 回転変位—モーメント図 (バネ K2 FINAS)  
 unit: rad vs.kgmm 注 : time ≒ 5 sec まで

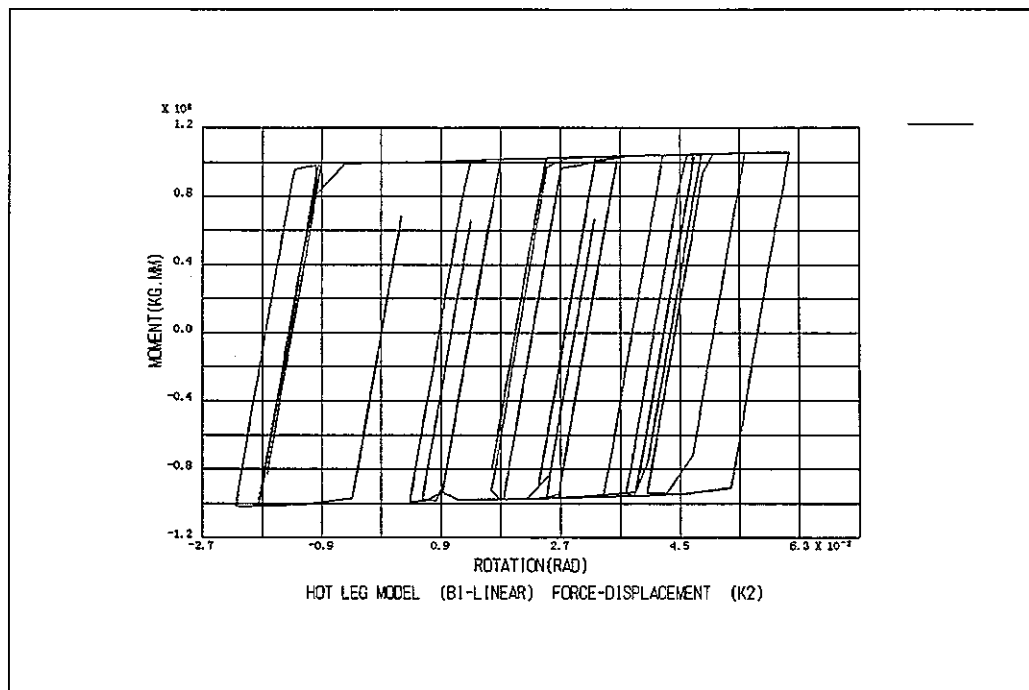


Fig. 3.12-4b 回転変位—モーメント図 (バネ K2 DYNA2E) unit: rad vs.kgmm

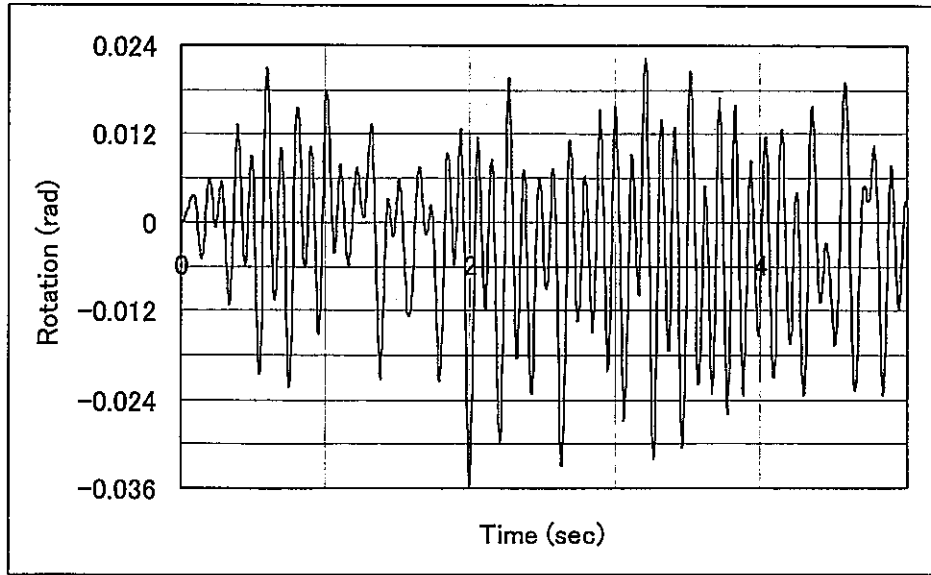


Fig. 3.12-5a 回轉變位の時間履歴 (バネ K3 FINAS)  
unit: sec vs. rad 注: time = 5 sec まで

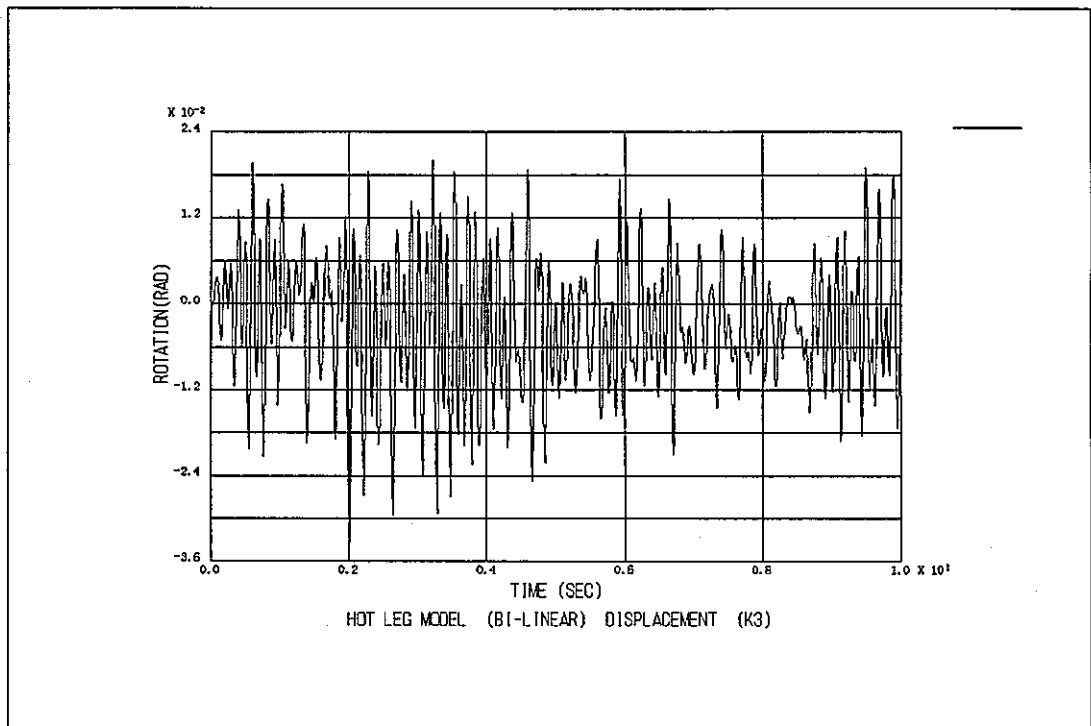


Fig. 3.12-5b 回轉變位の時間履歴 (バネ K3 DYNA2E) unit: sec vs. rad

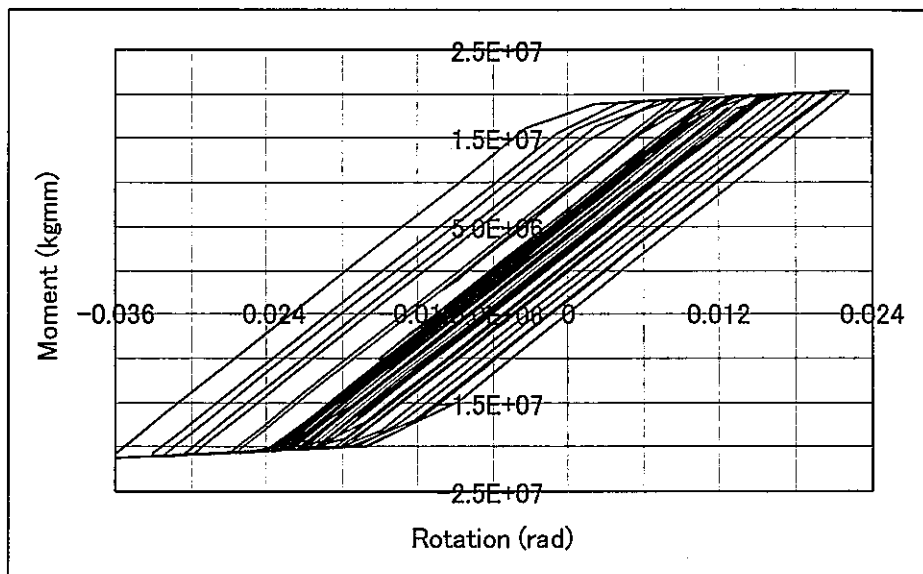


Fig. 3.12-6a 回転変位—モーメント図 (バネ K3 FINAS)  
注 : time ≒ 5 sec まで

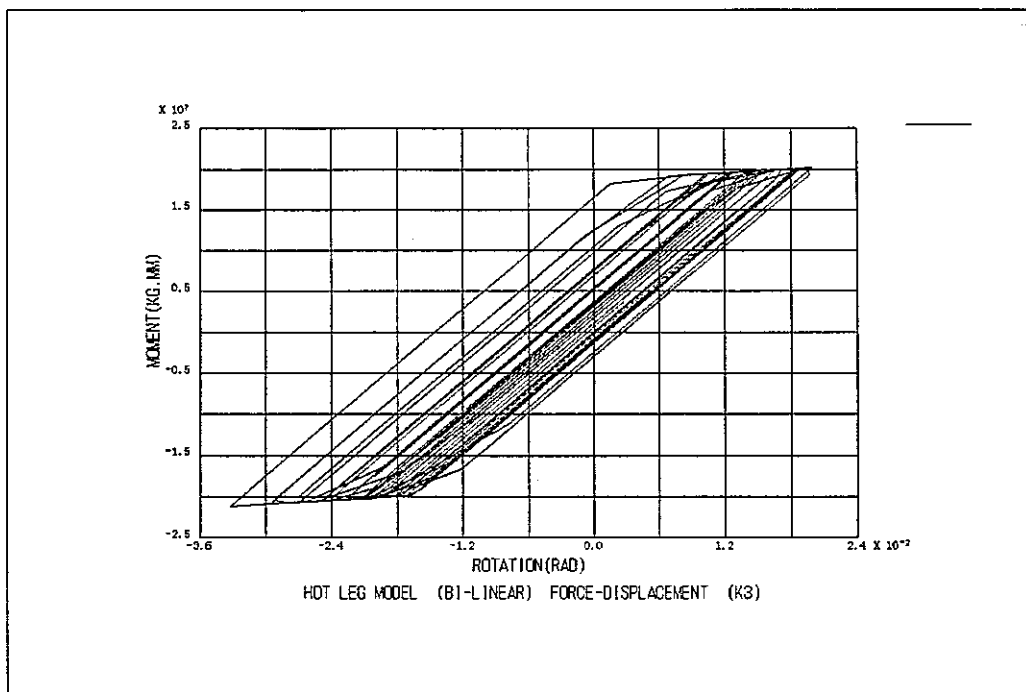


Fig. 3.12-6b 回転変位—モーメント図 (バネ K3 DYNA2E)

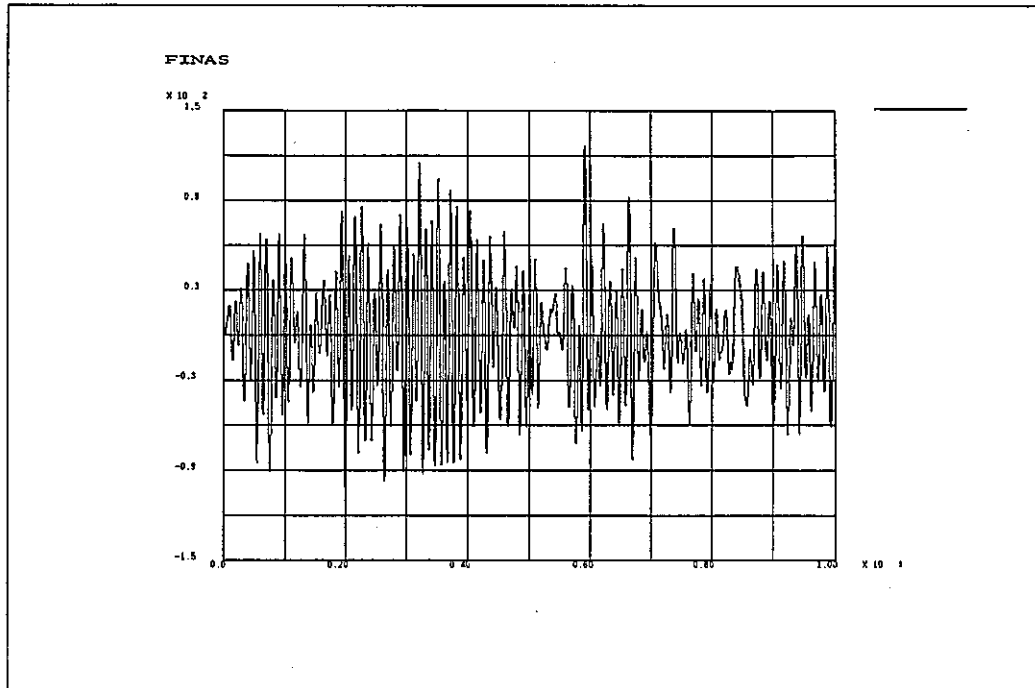


Fig. 3.12-7a 変位の時間履歴 (節点 18 FINAS)

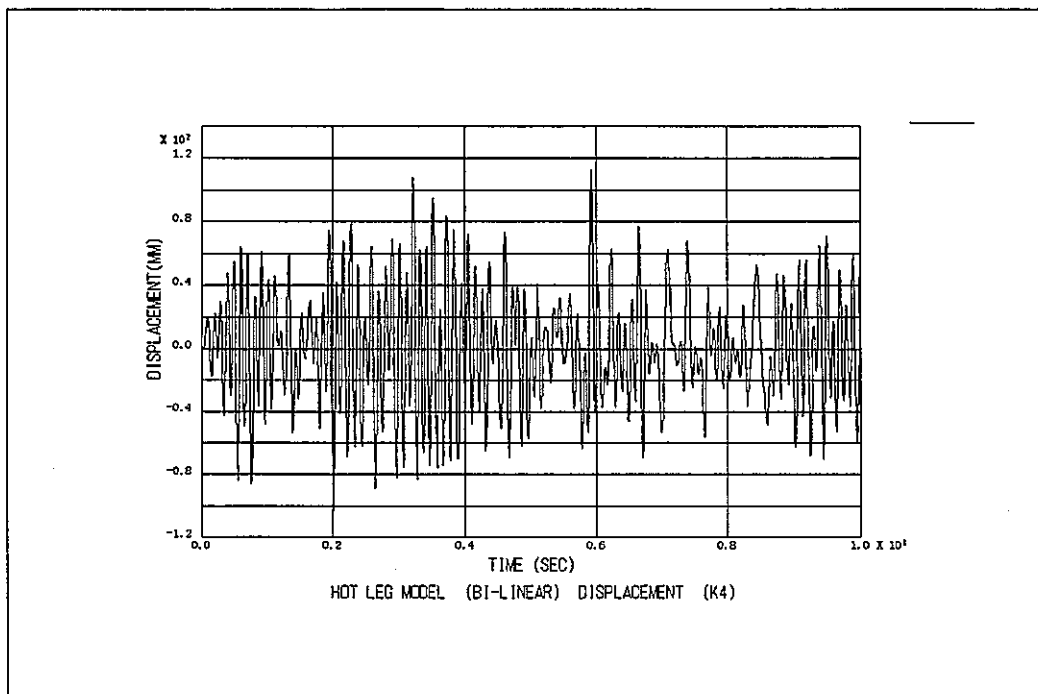


Fig. 3.12-7b 変位の時間履歴 (節点 18 DYNA2E)

## 4. 結 言

高速炉を構成する主要な機器を繋ぐ配管系などの挙動を有限要素法で解析する場合に必要なエルボや支持構造、あるいはベローズ継手などの特殊構造について、それぞれの特性を非線形領域まで含めて効果的に表現するための非線形バネ要素の開発を行い、FINAS のユーザーサブルーチンとして利用できるように組込んだ。

バネ要素の種類としては、汎用性に配慮し、非線形弾性バネ、弾塑性(履歴)バネ、弾クリープバネ(静的解析)の3種とした。前2者については、動的解析の場合には従来と同様、減衰が考慮できる。弾塑性バネについては、変位・荷重関係については複合硬化まで考慮できる。さらに、特殊な場合として、負荷方向によって加工硬化係数が異なる場合も扱える。ただし、等方硬化モデルについては変位・荷重関係を関数および多直線近似で与えることができるが、それ以外について2直線近似でのみ与えられる。クリープ挙動については、既存のクリープひずみと同様な形式(変位速度と荷重との関係式)で与える。なお、塑性とクリープについては、変位・荷重関係の各成分を独立に扱えるほか、一部については相当応力と同様の概念により、成分間の連成を考慮できる。

組込んだ非線形バネ要素の機能については、配管の応答解析等の簡単な問題に適用してその妥当性を検証した。

また、これらの多様なバネ要素をユーザーが容易に利用できるように、サブルーチン事例を含むマニュアルを用意した。

## 謝 辞

非線形バネ要素の汎用非線形構造解析システム FINAS への組み込みおよび例題計算については、(株) CRC 総合研究所の千葉隆久氏、坂井哲也氏、長澤聰氏にご尽力をいただいた。ここに感謝の意を表します。

また、機能検証に用いた例題、「非線形バネ・マスモデルによる動的解析」、「L字配管の動的応答解析」については、構造・材料技術開発グループ 森下正樹グループリーダーに提供していただいた。

## 参考文献

- [1] 汎用非線形構造解析システム FINAS version 13.0 ユーザーズマニュアル, PNC TN9520 95-014 (1995,7)
- [2] 坂井哲也、月森和之、森下正樹、上下免震要素としての皿ばねの力学的特性評価、日本機械学会第 74 期通常総会講演会講演論文集(Ⅱ)、p.191-192 (1997)
- [3] 月森和之、コイルばねのクリープ挙動解析手法の提案、日本機械学会論文集(A編), 63 卷 610 号、p.141-145 (1997,6)
- [4] 機械工学便覧改定第 6 版(日本機械学会編)、4-91 (1977)
- [5] Tsukimori,K., An Evaluation Method of Elastic Follow-up Behavior of Piping Systems Containing Bellows Expansion Joints, ASME, PVP-Vol. 368, p.177-183 (1998)
- [6] Dyna2E: 3次元骨組み構造物の非線形動的解析システム CRC 総合研究所



## 付録A. 非線形バネ要素マニュアル

A.1 入力データ

A.2 出力データ

A.3 ユーザーサブプログラム

A.1 入力データ

使用者の定義する非線形バネ要素のサブプログラムを FINAS へ組み込み、解析に適用する場合には、任意の要素組み込み機能のためのデータ (ELEMENT TYPE データ)、任意の構成モデル組み込みのためのデータ (MATERIAL データ) 及び幾何学的データ (GEOMETRY データ) が必要となり、以下にそれぞれの入力書式について述べる。

(1) ELEMENT TYPE データ

	10	20	30	40	50	60	70	80
A	ELEMENT TY	PE						
B	ietyp	USER	ktyp	kdtv	kdmv			
C		kfld	nnd	ndof	ngom			

このデータは解析にサブプログラムによる非線形バネ要素を使用することを定義するデータで、識別カードの A カードと要素タイプ識別番号、非線形バネ要素のタイプ等を入力する B カード及び C カードからなる。

カードの種類	カラム	タイプ	変数	内 容	無記入の場合
A	1~12	英 字	-	1~12 カラムに ELEMENT TYPE と記入	*
B	1~5	正整数	ietype	要素タイプ識別番号	*
	11~20	英 字	-	USER と記入	*
	21~25	英数字	ktyp	非線形バネ要素のタイプ選択 = 10 非線形弾性バネ = 11 非線形弾性バネ+弾クリープバネ = 20 弾塑性バネ (等方硬化) = 21 弾塑性バネ (等方硬化) +弾クリープバネ = 30 弾塑性バネ (複合硬化) = 31 弾塑性バネ (複合硬化) +弾クリープバネ = 40 弾塑性バネ (非対称硬化) = 41 弾塑性バネ (非対称硬化) +弾クリープバネ	*
26~30	正整数	kdtv	バネ特性データのタイプ指示 = 0 関数タイプ = 1 多直線タイプ	*	
	31~35	正整数	kdmv	減衰マトリックスの適用 (= 0 無し = 1 有り)	*
C	11~15	正整数	kfld	応力場の番号 (= 3)	*
	16~20	正整数	nnd	要素を構成する節点数の数 (= 3)	*
	21~25	正整数	ndof	要素1節点当りの自由度数 (= 6)	*
	26~30	正整数	ngom	要素の幾何学的データ (= 4)	*

(2) GEOMETRY データ

		10	20	30	40	50	60	70	80
A	GEOMETRY								
B	igeom	n	$V_0$	$V_x$	$V_y$	$V_z$			

このデータは非線形バネ要素を構成する節点 1 と節点 2 が同一座標の場合に、要素座標系の x 軸を定義するベクトル  $v$  の基準座標系における座標成分  $v_x$ 、 $v_y$ 、 $v_z$  を入力するためのものである。

カードの種類	カラム	タイプ	変数	内 容	無記入の場合
A	1~8	英 字	—	1~8 カラムに GEOMETRY と記入	*
B	1~5	正整数	igeom	幾何学的データ識別番号	*
	6~10	正整数	n	幾何学的データの個数 (= 4)	*
	11~20	実 数	$V_0$	= 0.0 節点 1 と節点 2 が同一座標 = 1.0 節点 1 と節点 2 が異なる座標	*
	21~30	実 数	$V_x$	ベクトル $V$ の基準座標系における X 座標値	*
	31~40	実 数	$V_y$	ベクトル $V$ の基準座標系における Y 座標値	*
	41~50	実 数	$V_z$	ベクトル $V$ の基準座標系における Z 座標値	*

(3) MATERIAL データ

		10	20	30	40	50	60	70	80
A	MATERIAL								
B	imat		USER MODEL	nvct	nscr	nflg			

このデータは非線形バネ要素の特性を任意の構成モデルのサブプログラムで定義すること示すためのものである。

カードの種類	カラム	タイプ	変数	内 容	無記入の場合
A	1~8	英 字	-	1~8カラムに MATERIAL と記入	*
B	1~5	正整数	imat	材料特性識別番号	*
	11~20	英 字	-	USER MODEL と記入	*
	21~25	正整数	nvct	ベクトル型内部状態変数の数 (= 4)	*
	26~30	正整数	nscr	スカラー型内部状態変数の数 (= 3)	*
	31~35	正整数	nflg	フラッグ型内部状態変数の数 (= 7)	*

XMAT1、XMAT2 によるサブプログラムにおける内部状態変数を以下のように定義する。

・ベクトル型内部状態変数

1. 弾性に依存する変位成分  $u_x^e, u_y^e, u_z^e, \theta_x^e, \theta_y^e, \theta_z^e$
2. 塑性に依存する変位成分  $u_x^p, u_y^p, u_z^p, \theta_x^p, \theta_y^p, \theta_z^p$
3. 移動成分  $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z, \alpha_{\theta_x}, \alpha_{\theta_y}, \alpha_{\theta_z}$
4. クリープに依存する変位成分  $u_x^c, u_y^c, u_z^c, \theta_x^c, \theta_y^c, \theta_z^c$

・スカラー型内部状態変数

1. 相当荷重 F
2. 相当塑性変位  $U^p$
3. 相当クリープ変位  $U^c$

・フラッグ型内部状態変数の数

1. 弾塑性状態フラッグ (弾性状態 := 0、塑性状態 := 1)
2. x 成分の弾塑性状態フラッグ (弾性 := 0、塑性 := 1)
3. y 成分の弾塑性状態フラッグ (弾性 := 0、塑性 := 1)
4. z 成分の弾塑性状態フラッグ (弾性 := 0、塑性 := 1)
5.  $\theta_x$  成分の弾塑性状態フラッグ (弾性 := 0、塑性 := 1)
6.  $\theta_y$  成分の弾塑性状態フラッグ (弾性 := 0、塑性 := 1)
7.  $\theta_z$  成分の弾塑性状態フラッグ (弾性 := 0、塑性 := 1)

## A.2 出力データ

非線形バネ要素を用いた解析においては、FINAS の出力リストファイル( f06 ファイル)の中で、各解析ステップ及び各非線形バネ要素ごとに、以下に示した書式で非線形バネ要素に関する解析結果が出力される。

```

ELM.ID          X          Y          Z          XY          YZ          ZK      VON MIZES  TRESCA
1-1  STRESS    1.1000E+01  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  2.2000E+01  2.2000E+01
      FLAG      0
      SCALARS   1.1000E+01  0.0000E+01  0.0000E+01
      VECTOR 1  9.1667E+01  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00
      VECTOR 2  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00
      VECTOR 3  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00
      VECTOR 4  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00
      STRAIN   9.1667E+01  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00  0.0000E+00
    
```

STRESS 欄の値は、非線形バネに加わっている各成分の荷重値と MISES 及び TRESCA の相当荷重値を意味している。

FLAG の値は、その非線形バネが弾性状態(=0)であるのか塑性状態(=1)であるのかを示す。なお、弾塑性バネ（非対称硬化）の場合は各成分の状態がその後に出力される。

VECTOR 1～ VECYOR 4 それぞれの欄の値は、以下に示すベクトル型内部状態変数の値を示す。

VECTOR 1. 弾性に依存する変位成分	$u_x^e, u_y^e, u_z^e, \theta_x^e, \theta_y^e, \theta_z^e$
VECTOR 2. 塑性に依存する変位成分	$u_x^p, u_y^p, u_z^p, \theta_x^p, \theta_y^p, \theta_z^p$
VECTOR 3. 移動成分	$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z, \alpha_{\theta x}, \alpha_{\theta y}, \alpha_{\theta z}$
VECTOR 4. クリープに依存する変位成分	$u_x^c, u_y^c, u_z^c, \theta_x^c, \theta_y^c, \theta_z^c$

STRAIN 欄の値は、非線形バネに生じている各成分の変位値を表している。

## A.3 ユーザーサブプログラム

TABLE A.1 は非線形バネ要素に関するユーザーサブプログラムの一覧を示したものである。

ユーザーは解析に適用する非線形バネ要素に関連したサブプログラムを作成する必要があるが、TABLE A.2 に対応するユーザーサブプログラムが示されている。

TABLE A.1 非線形バネ要素に関連するユーザーサブプログラム

サブプログラム名	内 容	ユーザー作成
XTPMTX	温度マトリックスTの計算	×
XKMTRX	剛性マトリックスKの計算	×
XBMTRX	変位-ひずみマトリックスBの計算	×
XNMTRX	補間関数マトリックスNの計算	×
XQMTRX	初期ひずみに依存した擬似荷重マトリックスの計算	×
XSMTRX	初期応力に依存した擬似荷重マトリックス及び内部力の計算	×
XCMTRX	減衰マトリックスGの計算	○
XEMTRX	ひずみマトリックスEの計算	×
XMAT1	初期応力、内部状態変数に応じた材料特性マトリックスDの評価	×
XMAT2	状態の決定とそれに応じた内部状態変数の評価	×
YNESP	非線形弾性バネ要素の剛性マトリックス $K^{eo}$ 計算	○
YEPSP0	弾塑性バネ要素の弾性に依存する剛性マトリックス $K^{eo}$ 計算	○
YEPSP1	弾塑性バネ要素（等方硬化、複合硬化）の剛性マトリックス $K^{eo}$ 計算	×
YEPSP3	弾塑性バネ要素（非対称2直線）の剛性マトリックス $K^{eo}$ 計算	×
YEQUB	相当塑性変位の計算	○
YEQFB	相当荷重の計算	○
YFDF	塑性に関する流れベクトルの計算	○
YGAMM	弾性から塑性へ遷移するときの比率の計算	○
YHDSH	等方硬化係数、移動硬化係数等のパラメータの計算	○
YKAPP	降伏面に対応する荷重の計算	○
YGTHY	弾塑性バネ要素（非対称2直線）の特性ベクトルの定義	○
YGTHD	弾塑性バネ要素（非対称2直線）の塑性係数の計算	×
YULMT	弾塑性バネ要素（非対称2直線）の特性ベクトルにおける $U_{limit}$ の計算	×
YFUCRP	弾クリープバネ要素のクリープに依存した擬似荷重増分ベクトルの計算	×
YFCDF	クリープに関する流れベクトルの計算	○
YUCB	相当クリープ変位増分の計算	○

○：必要あり      ×：必要なし

TABLE A.2 非線形バネ要素のタイプに対応したユーザー作成サブプログラム

非線形バネ要素	タイプ 番号	ユーザー作成サブプログラム
非線形弾性バネ	10	YNESP
非線形弾性バネ+弾クリープバネ	11	YNESP, YEPSPO, YFCDF, YUCB
弾塑性バネ (等方硬化)	20	YEPSPO, YEQUB, YEQFB, YFDF, YGAMMA, YHDSH YKAPP
弾塑性バネ (等方硬化) +弾クリープバネ	21	YEPSPO, YEQUB, YEQFB, YFDF, YGAMM, YHDSH YKAPP, YFCDF, YUCB
弾塑性バネ (複合硬化)	30	YEPSPO, YEQUB, YEQFB, YFDF, YGAMM, YHDSH YKAPP
弾塑性バネ (複合硬化) +弾クリープバネ	31	YEPSPO, YEQUB, YEQFB, YFDF, YGAMM, YHDSH YKAPP, YFCDF, YUCB
弾塑性バネ (非対称硬化)	40	YEPSPO, YGTHY
弾塑性バネ (非対称硬化) +弾クリープバネ	41	YEPSPO, YGTHY, YFCDF, YUCB

## ・エラーメッセージ

TABLE A. 3 はエラー番号とその内容を示したもので、FINAS 本体の UE (User Fatal Error) とは異なっている。

TABLE A. 3 エラー番号とその内容

エラー番号	内 容
0	非線形バネ要素のタイプは適用範囲外である
1	剛性マトリックスは正定値ではない
2	ユーザーが定義すべきサブルーチン XCMTRX が与えられていない
3	ユーザーが定義すべきサブルーチン YNESP が与えられていない
4	ユーザーが定義すべきサブルーチン YEPSPO が与えられていない
5	ユーザーが定義すべきサブルーチン YEQUB が与えられていない
6	ユーザーが定義すべきサブルーチン YEQFB が与えられていない
7	ユーザーが定義すべきサブルーチン YPDF が与えられていない
8	ユーザーが定義すべきサブルーチン YGAMM が与えられていない
9	ユーザーが定義すべきサブルーチン YHDSH が与えられていない
10	ユーザーが定義すべきサブルーチン YKAPP が与えられていない
11	ユーザーが定義すべきサブルーチン YGTHY が与えられていない
12	ユーザーが定義すべきサブルーチン YFCDF が与えられていない
13	ユーザーが定義すべきサブルーチン YUCB が与えられていない
14	流れベクトルの転置ベクトルと荷重ベクトルとの積がゼロとなる
15	正荷重と負荷重における接線剛性が一致している
16	正荷重の接線剛性が負荷重の接線剛性より大で変位が変位制限より小
17	正荷重の接線剛性が負荷重の接線剛性より小で変位が変位制限より大



## (1) サブプログラム YNESP

非線形弾性バネ要素の剛性マトリックスを定義するサブプログラムで、ページ 2-1 に示される荷重増分と変位増分を関係付けるマトリックス  $[k(u)]$  の全成分を与える。

・サブプログラム XNESP のパラメータ

```

SUBROUTINE  YNESP (IEXN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME,
*              TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UE, FE, USTV, USTS, KSTYP,
*              KDTY, DMAT, FQ, IFLG)

```

C

```

IMPLICIT  REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION  GEOM (*), CORD (*), UE (*), FE (*), USTV (6, *), USTS (*),
*          DMAT (NCOMP, NCOMP)

```

使用者がコーディング

```

RETURN
END

```

## 入力パラメータ

```

IEXN   : 要素番号
IECOD  : 要素タイプ番号
NCOMP  : 成分数 (=6)
IDMAT  : 材料特性識別番号 (MATERIAL データの B カードで指定したもの)
ISTEP  : 解析ステップ番号
TIME   : 実時間
DTIME  : 実時間増分
TEMP   : 要素中心の温度
DTEMP  : 要素中心の温度増分
GEOM   : 幾何学データ (GEOMETRY データで定義されたもの)
CORD   : 要素の節点座標
UE     : 要素中心の変位成分
FE     : 要素中心の荷重成分
USTV   : 要素中心の使用者が定義したベクトル型内部状態変数
USTS   : 要素中心の使用者が定義したスカラー型内部状態変数

```

KSTYP : 非線形バネ要素のタイプ番号  
KDTY : バネ特性データのタイプ

出力パラメータ

DMAT : 剛性マトリックス  
FQ : 状態変数の変化によるみかけの荷重増分  
IFLG : 要素中心の使用者が定義したフラッグ (整数) 型内部状態変数

## (2) サブプログラム YEPSPO

弾塑性バネ要素の弾性に依存する剛性マトリックスを定義するサブプログラムで、ページ 2-2、2-7 に示される荷重増分と弾性変位増分を関係付けるマトリックス $[k^e]$ の全成分を与える。

## ・サブプログラム YEPSPO のパラメータ

```

SUBROUTINE YEPSPO (IEXN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME,
*                 TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UE, FE, USTV, USTS,
*                 KDTY, DMAT)

```

C

```

IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION GEOM(*), CORD(*), UE(*), FE(*), USTV(6, *), USTS(*),
*         DMAT (NCOMP, NCOMP)

```

使用者がコーディング

```

RETURN
END

```

## 入力パラメータ

```

IEXN   : 要素番号
IECOD  : 要素タイプ番号
NCOMP  : 成分数 (=6)
IDMAT  : 材料特性識別番号 (MATERIAL データの B カードで指定したもの)
ISTEP  : 解析ステップ番号
TIME   : 実時間
DTIME  : 実時間増分
TEMP   : 要素中心の温度
DTEMP  : 要素中心の温度増分
GEOM   : 幾何学データ (GEOMETRY データで定義されたもの)
CORD   : 要素の節点座標
UE     : 要素中心の変位成分
FE     : 要素中心の荷重成分
USTV   : 要素中心の使用者が定義したベクトル型内部状態変数

```

USTS : 要素中心の使用者が定義したスカラー型内部状態変数  
KDTY : バネ特性データのタイプ

出力パラメータ

DMAT : 弾性に依存した剛性マトリックス

(3) サブプログラム YEQUB

弾塑性バネ要素（等方硬化、複合硬化）の相当塑性変位を定義するサブプログラムである。

・サブプログラム YEQUB のパラメータ

```

SUBROUTINE YEQUB (IEXN, IDMAT, KSTYP, UP, NCOMP, UPB)
C
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION UP(*)

      使用者がコーディング

RETURN
END
    
```

入力パラメータ

IEXN : 要素番号  
 IDMAT : 材料特性識別番号 (MATERIAL データの B カードで指定したもの)  
 KSTYP : 非線形バネ要素のタイプ番号  
 UP : 要素中心の塑性変位成分  
 NCOMP : 成分数 (=6)

出力パラメータ

UPB : 相当塑性変位

## (4) サブプログラム YEQFB

弾塑性バネ要素（等方硬化、複合硬化）の相当荷重を定義するサブプログラムである。

- ・サブプログラム YEQFB のパラメータ

```
SUBROUTINE YEQFB (IEXN, IDMAT, KSTYP, FE, AA, NCOMP, FEB)
```

C

```
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
```

```
DIMENSION FE (*), AA (*)
```

使用者がコーディング

```
RETURN
```

```
END
```

## 入力パラメータ

```
IEXN   : 要素番号
IDMAT  : 材料特性識別番号 (MATERIAL データの B カードで指定したもの)
KSTYP  : 非線形バネ要素のタイプ番号
FE     : 要素中心の荷重成分
AA     : 要素中心の移動量成分
NCOMP  : 成分数 (=6)
```

## 出力パラメータ

```
FEB    : 相当荷重
```

(5) サブプログラム YFDF

弾塑性バネ要素（等方硬化、複合硬化）の塑性に関する流れベクトルを定義するサブプログラムである。

・サブプログラム YFDF のパラメータ

```
SUBROUTINE YFDF (IEXN, IDMAT, FE, UE, AA, DYFDF)
```

C

```
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
```

```
DIMENSION FE(*), UE(*), USTV (6, *), DYFDF (*)
```

使用者がコーディング

```
RETURN
```

```
END
```

入力パラメータ

IEXN : 要素番号  
 IDMAT : 材料特性識別番号 (MATERIAL データの B カードで指定したもの)  
 FE : 要素中心の荷重成分  
 UE : 要素中心の変位成分  
 AA : 要素中心の移動量成分

出力パラメータ

DYFDF : 塑性に関する流れベクトル

## (6) サブプログラム YGAMM

弾塑性バネ要素（等方硬化、複合硬化）において弾性状態から塑性状態へ遷移する領域での弾性領域の比率を計算するサブプログラムである。

- ・サブプログラム YGAMM のパラメータ

```
SUBROUTINE YGAMM (IEXN, IDMAT, KSTYP, NCOMP, FE, DFE, AA, RKAPP, GAM, IYSTAT)
```

C

```
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
```

```
DIMENSION FE (*), DFE (*), AA (*)
```

使用者がコーディング

```
RETURN
```

```
END
```

## 入力パラメータ

IEXN : 要素番号  
 IDMAT : 材料特性識別番号 (MATERIAL データの B カードで指定したもの)  
 KSTYP : 非線形バネ要素のタイプ番号  
 NCOMP : 成分数 (=6)  
 FE : 要素中心の荷重成分  
 DFE : 要素中心の荷重増分の成分  
 AA : 要素中心の移動量成分  
 RKAPP : 降伏荷重面の大きさ

## 出力パラメータ

GAM : 弾塑性遷移領域での弾性域の比率  $\gamma$   
 IYSTAT : 弾性状態あるいは塑性状態を示すスイッチ (=0 弾性、=1 塑性)



## (7) サブプログラム YHDSH

弾塑性バネ要素（等方硬化、複合硬化）の塑性特性データ（等方硬化係数  $H'$ 、移動硬化係数  $H'_k$ ）および材料パラメータ  $h$  を定義するサブプログラムである。

- ・サブプログラム YHDSH のパラメータ

```
SUBROUTINE  YHDSH (IEXN, IDMAT, KSTYP, FB, UPB, TEMP, DTEMP, H, HD, HDC)
```

C

```
IMPLICIT  REAL*8 (A-H, O-Z)
```

使用者がコーディング

```
RETURN
```

```
END
```

## 入力パラメータ

IEXN : 要素番号  
 IDMAT : 材料特性識別番号 (MATERIAL データの B カードで指定したもの)  
 KSTYP : 非線形バネ要素のタイプ番号  
 FB : 要素中心の相当荷重  
 UPB : 要素中心の相当塑性変位  
 TEMP : 要素中心の温度  
 DTEMP : 要素中心の温度増分

## 出力パラメータ

H : 材料パラメータ  
 HD : 等方硬化係数  
 HDC : 移動硬化係数

(8) サブプログラム YKAPP

弾塑性バネ要素（等方硬化、複合硬化）の降伏面に対応する荷重を計算するサブプログラムである。

- ・サブプログラム YKAPP のパラメータ

```
SUBROUTINE YKAPP (IEXN, IDMAT, KSTYP, UPB, H, HD, HDC)
```

C

```
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
```

使用者がコーディング

```
RETURN
```

```
END
```

入力パラメータ

- IEXN : 要素番号
- IDMAT : 材料特性識別番号 (MATERIAL データの B カードで指定したもの)
- KSTYP : 非線形バネ要素のタイプ番号
- UPB : 要素中心の相当塑性変位
- H : 材料パラメータ
- HD : 等方硬化係数
- HDC : 移動硬化係数

出力パラメータ

- RKAPP : 降伏面に対応する荷重

## (9) サブプログラム YGTHY

弾塑性バネ要素（非対称 2 直線）における各成分に対する正荷重、負荷重での降伏荷重、接線剛性 ( $Y_{0+}$ ,  $H'_{0+}$ ,  $Y_{0-}$ ,  $H'_{0-}$ ) を定義するサブプログラムである (図 2.3 参照)。

・サブプログラム Y のパラメータ

```
SUBROUTINE YGTHY (IEXN, IDMAT, HHP, FYP, HHM, FYM)
```

C

```
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
```

```
DIMENSION HHP (6), FYP (6), HHM (6), FYM (6)
```

使用者がコーディング

```
RETURN
```

```
END
```

入力パラメータ

なし

出力パラメータ

IEXN : 要素番号

IDMAT : 材料特性識別番号 (MATERIAL データの B カードで指定したもの)

HHP : 正荷重側の各成分に対する接線剛性

FYP : 正荷重側の各成分に対する降伏荷重

HHM : 負荷重側の各成分に対する接線剛性

FYM : 負荷重側の各成分に対する降伏荷重

(10) サブプログラム YFCDF

クリープに関する流れベクトルを定義するサブプログラムである。

- ・サブプログラム YFDF のパラメータ

```
SUBROUTINE YFCDF (IEXN, IDMAT, FE, UC, DFCDF)
```

C

```
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
```

```
DIMENSION FE (*), UC (*), DFCDF (*)
```

使用者がコーディング

```
RETURN
```

```
END
```

入力パラメータ

IEXN : 要素番号

IDMAT : 材料特性識別番号 (MATERIAL データの B カードで指定したもの)

FE : 要素中心の荷重成分

UC : 要素中心のクリープに依存した変位成分

出力パラメータ

DFCDF : クリープに関する流れベクトル

(11) サブプログラム YUCB

相当クリープ増分変位を定義するサブプログラムである。

- ・サブプログラム YUCB のパラメータ

```
SUBROUTINE YUCB (IEXN, IDMAT, FE, UC, UCB, TIME, DTIME, TEMP, DTEMP, DUCB)
```

C

```
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
```

```
DIMENSION FE(*), UC(*)
```

使用者がコーディング

```
RETURN
```

```
END
```

入力パラメータ

IEXN : 要素番号  
 IDMAT : 材料特性識別番号 (MATERIAL データの B カードで指定したもの)  
 FE : 要素中心の荷重成分  
 UC : 要素中心のクリープ変位成分  
 UCB : 要素中心の相当クリープ変位  
 TIME : 実時間 (クリープ時間)  
 DTIME : 実時間増分 (クリープ時間増分)  
 TEMP : 要素中心の温度  
 DTEMP : 要素中心の温度増分

出力パラメータ

DUCB : 相当クリープ変位増分

(12) サブプログラム XCMTRX

減衰フルマトリックス (ページ 2-10) を定義するサブプログラムである。

- ・サブプログラム XCMTRX のパラメータ

```
SUBROUTINE XCMTRX (IEXN, IDMAT, XN, GDAT, LSC, SC)
```

C

```
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
```

```
DIMENSION SC (12, 12), XN (*), DAT (*)
```

使用者がコーディング

```
RETURN
```

```
END
```

入力パラメータ

- IEXN : 要素番号
- IDMAT : 材料特性識別番号 (MATERIAL データの B カードで指定したもの)
- XN : 座標データ
- GDAT : 幾何学データ (GEOMETRY データで定義されたもの)
- LSC : 減衰マトリックスの長さ (対称マトリックスの 1/2)

出力パラメータ

- SC : 減衰マトリックス

**付録B. 非線形バネ要素ユーザーサブルーチン**  
**ソースリスト**

```

1 *
2 *
3 *
4 共通ファイル
5
6 SUBROUTINE CHUSER( KEYOPT, IECHA )
7
8 .....
9
10 SUBROUTINE CHUSER          DATE JUN/05/91
11                          AUTHOR M. UENO
12
13 PURPOSE
14 CHUSER SETS THE ELEMENT CHARACTERISTIC TABLE ENTRIES
15 FOR USER DEFINED ELEMENT.
16
17 CALLING SEQUENCE
18 CALL CHUSER( KEYOPT, IECHA )
19
20 WHERE..
21 KEYOPT - ELEMENT OPTIONAL KEY TABLE - INPUT.
22 IECHA  - ECHA TABLE      - INPUT AND OUTPUT.
23
24 .....
25
26 IMPLICIT INTEGER (A-Z)
27
28 INTEGER KEYOPT(1), IECHA(1)
29
30 IECHA( 1) = 46
31 IECHA( 2) = 59
32 IECHA( 3) = 4HUSER
33 IECHA( 4) = 4H
34 IECHA( 5) = 3
35 IECHA( 6) = 0
36 IECHA( 7) = 65
37 IECHA( 8) = 3
38 IECHA( 9) = 2
39 IECHA(10) = 3
40 IECHA(11) = 2
41 IECHA(12) = 1
42 IECHA(13) = 1
43 IECHA(14) = 12
44 IECHA(15) = 9
45 IECHA(16) = 4
46 IECHA(17) = 9
47 IECHA(18) = 9
48
49 --- LOAD TABLE (NULL) ---
50 IECHA(19) = 7
51 IECHA(20) = 0
52 IECHA(21) = 0
53 IECHA(22) = 0
54 IECHA(23) = 0
55 IECHA(24) = 0
56 IECHA(25) = 0
57 IECHA(26) = 0
58 IECHA(27) = 0
59
60 IECHA(28) = 63
61 IECHA(29) = 63
62 IECHA(30) = 0
63 IECHA(31) = 7
64 IECHA(32) = 7
65 IECHA(33) = 7
66 IECHA(34) = 1
67 IECHA(35) = 1
68 IECHA(36) = 0
69 IECHA(37) = 1
70 IECHA(38) = 0
71 IECHA(39) = 0
72 IECHA(40) = 0
73 IECHA(41) = 0
74 IECHA(42) = 1
75 IECHA(43) = 1
76 IECHA(44) = 0
77 IECHA(45) = 0
78 IECHA(46) = 0
79 IECHA(47) = 0
80
81 CHUSE105
82 CHUSE106
83
84 --- MEMBER FORCE ---
85 KEYOPT(23) = 2
86 KEYOPT(24) = 0
87 KEYOPT(25) = 0
88
89 RETURN
90 CHUSE110
91 CHUSE111
92 CHUSE112
93 END
94 SUBROUTINE  ELMNDP( SH, ESK, ESM, LSM, LSC, ESC )

```

```

86 C
87 C ICSW : SWICH OF USER DAMPING MATRIX
88 C
89 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
90 REAL SH(2)
91 DIMENSION ESK(1), ESM(1), ESC(1), TR(3,3)
92 COMMON /PARAMS/
93 + KYTEMP, KYLARG, NNODE, KYSYM
94 + IXXY(19), KYFSI
95 LOGICAL KYESM, KYESK, KYESC
96 COMMON /CELMAL/
97 + KYESM, KYESK, KYESC
98 + LFEMS, LFESC
99 + MXEMX, KYDAMP, LSYM
100 REAL TOLE, SHIFTO, TSTRT, TEND, TIME, DTIME
101 * SHIFTS, SHIFTE
102 COMMON /DYNMIC/
103 * NXITER, NMOD, MASTYP, ICHKRG, TOLE
104 * SHIFTO, TSTRT, TEND, TIME, DTIME
105 * KYNORM, KGRNG, SHIFTS, SHIFTE
106 REAL GDAT, XN, UXXX
107 COMMON /ESTCOM/
108 + IEXN, IECOD, IDMAT, IECSEQ, XFIELD
109 + NUNIP, ICP, LEG, LEX
110 + NCOMP, KDUNY1, KDUNY2, KDUNY4(4),
111 + GDAT(32), XN(96), IECT(32), UXXX(461)
112 COMMON /ECHACM/
113 + IECDX, NECOD(2), KPLD, KEYA, KEYB
114 + NOD, NODP, NODG, NODT, NIP
115 + NIPC, NEDOF, NECOR, NEGeo, NETRN
116 + NELOD, KYRST, KYUPLC, KYSTAT, KYHEAT
117 + KYDYMC, NOIPX, IPX(5), KYOPT(30)
118 INTEGER LSCT(11)
119 DIMENSION SC(NCOMP*(NCOMP+1)/2)
120 DIMENSION FSC(NCOMP, NCOMP), FESC((2*NCOMP), (2*NCOMP))
121
122 DIMENSION SC(78)
123 DIMENSION FSC(6, 6), FESC(12, 12)
124 C
125 DATA LSCT / 1, 6, 21, 10, 10, 6, 15, 3, 6, 0, 6/
126 ICOL(NX, IXX, IYY) = ((NX+XX-IXX)*(IYY-1))/2 + IYY
127 IF( IECOD.EQ.26 ) GO TO 300
128 IF( IECOD.EQ.59 ) GO TO 400
129 IF( KYDAMP.LE.1 ) GO TO 900
130 IF( KYFSI.EQ.1 ) GO TO 900
131 IF( IECOD.GT.70 .AND. IECOD.LT.91 ) GO TO 900
132 LSC = LSYM
133 DO 110 I=1, LSC
134 ESC(I) = SH(2)*ESK(I)
135 110 CONTINUE
136 IF( LSM.EQ.0 ) GO TO 900
137 DO 120 I=1, LSC
138 ESC(I) = ESC(I) + SH(1)*ESW(I)
139 120 CONTINUE
140 GO TO 900
141 300 LSC = LSYM
142 DO 305 I=1, LSC
143 ESC(I) = 0.0
144 305 CONTINUE
145 NEND = NODP
146 NEDF = NEDOF
147 NODP = NECOR/NEND
148 NDF = NEDF/NEND
149 CALL TRLCW2( GDAT, XN, TR, AG )
150 DO 310 I = 1, NEND
151 IA = NDF*(I-1)
152 DO 320 J = 1, 2
153 IB = IA+NGDP*(J-1)
154 DO 330 K = 1, NGDP
155 JB1 = IB+K
156 DO 330 L = K, NGDP
157 JB2 = IB+L
158 IC = ICOL( NEDF, JB1, JB2 )
159 ESC(IC) = GDAT(J*2)*TR(K, L)
160 330 CONTINUE
161 IF( I.EQ.2 ) GO TO 320
162 DO 340 K = 1, NGDP
163 JB1 = IB+K
164 DO 340 L = 1, NGDP
165 JB2 = IB+NDF+L
166 IC = ICOL( NEDF, JB1, JB2 )
167 ESC(IC) = -GDAT(J*2)*TR(K, L)
168 340 CONTINUE
169 320 CONTINUE
170 310 CONTINUE

```



```

171 GO TO 900
172 C
173 C... USER DEFINE ELEMENT
174 C
175 400 LSC = 78
176 DO 410 I = 1, LSC
177 SC(I) = 0.0
178 410 CONTINUE
179 ICSW = KYOPT(6)
180 IF(ICSW.EQ.0) GO TO 900
181 CALL XCMTRY(IXN, IDMAT, XN, GDAT, LSC, SC)
182 C
183 C... SET ELEMENT STIFFNESS MATRIX
184 C
185 C
186 IJ = 0
187 DO 10 I = 1, NCOMP
188 JX = NCOMP*(I-1)
189 DO 20 J = 1, NCOMP
190 JS = JX + J
191 IJ = IJ + 1
192 FSC(I, J) = SC(IJ)
193 FSC(J, I) = SC(IJ)
194 20 CONTINUE
195 10 CONTINUE
196 C
197 C WRITE(6, '(3X, 14H== FSC(6, 6) ==)')
198 C DO 11 I = 1, NCOMP
199 C WRITE(6, '(3X, 615)') (FSC(I, J), J=1, 6)
200 C 11 CONTINUE
201 C
202 DO 30 I = 1, NCOMP
203 DO 40 J = 1, NCOMP
204 FESC(I, J) = FSC(I, J)
205 FESC(I, NCOMP+J) = -FSC(I, I)
206 FESC(NCOMP+I, J) = -FSC(I, J)
207 FESC(NCOMP+I, NCOMP+J) = FSC(I, J)
208 40 CONTINUE
209 30 CONTINUE
210
211 C WRITE(6, '(3X, 17H== FESC(12, 12) ==)')
212 C DO I = 1, 2*NCOMP
213 C WRITE(6, '(3X, 12F9.6)') (FESC(I, J), J=1, 12)
214 C ENDDO
215
216 IJ = 0
217 DO 50 I = 1, 2*NCOMP
218 DO 60 J = I, 2*NCOMP
219 IJ = IJ + 1
220 FSC(IJ) = FESC(I, J)
221 60 CONTINUE
222 50 CONTINUE
223 C
224 C WRITE(6, '(3X, 13H== ESC(78) ==)')
225 C WRITE(6, '(3X, 20F5)') (ESC(J), J=1, 78)
226 C
227 900 RETURN
228 END
229 SUBROUTINE STGEON(IGBON, IELM, IECD, NENOD, G D A T, XN, KYOPT)
230 REAL GDAT(1), XN(1)
231 REAL PH(4), GABS(2)
232 INTEGER HECOD
233 INTEGER KYOPT(3)
234 COMMON /SYSTEM/
235 * LBUSFZ, LFTBUF, KON370, NOGO, LUS, /SYSTEM4
236 * ISYS06, ISYS07, NLPP, NPAGE, NLINES, /SYSTEM5
237 * IDATE(2), NECHO, MPLOTF, MACH, IPREC, /SYSTEM6
238 * NBPC, NBPW, NCPW, NDIAG(7), MAXFIL, /SYSTEM7
239 * MKDUMP, NKRST, MXAA, MWCHA, LELIB, /SYSTEM8
240 * LMLIB, IAPP, WEBARP, WEBARC, MSBAR, /SYSTEM9
241 * NEPS, NSIG, MSTV, IOSEC, /SYSTEM10
242 DATA ZR / 0.0 /
243 DATA SFCTOR/ 8.333333E-1 /
244 DATA ALPH / 0.000001 /
245 IF( IECD.LE.0.OR.IECD.GT.LELIB ) GO TO 9000
246 IF( IECD.LE.100 ) GO TO 1
247 IF( IECD.LE.200 ) GO TO 2
248 IF( IECD.LE.300 ) GO TO 3
249 GO TO 9000
250 1 CONTINUE
251 GO TO ( 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100,
252 + 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200,
253 + 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290, 300,
254 + 310, 320, 330, 340, 350, 360, 370, 380, 390, 400,
255 + 410, 420, 430, 440, 450, 460, 470, 480, 490, 500,

```

```

XKNTRY89
XKNTRY88
XKNTRY89
XKNTR112
XKNTR112
ELNDMP63
ELNDMP64
FK15 33
STGEON18
STGEON19
STGEON20
FK15 34
/SYSTEM3
/SYSTEM4
/SYSTEM5
/SYSTEM6
/SYSTEM7
/SYSTEM8
/SYSTEM9
/SYSTEM10
STGEON22
TT16G 7
FK15 26
STGEON26
STGEON27
STGEON28
STGEON29
STGEON30
STGEON34
STGEON35
STGEON36
STGEON37
STGEON38
STGEON39

```

```

256 + 510, 520, 530, 540, 550, 560, 570, 580, 590, 600,
257 + 610, 620, 630, 640, 650, 660, 670, 680, 690, 700,
258 + 710, 720, 730, 740, 750, 760, 770, 780, 790, 800,
259 + 810, 820, 830, 840, 850, 860, 870, 880, 890, 900,
260 + 910, 920, 930, 940, 950, 960, 970, 980, 990), IECD
261 10 CONTINUE
262 GO TO 7000
263 20 CONTINUE
264 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
265 IF( GDAT(2).EQ.ZR ) GDAT(2) = GDAT(1)
266 GO TO 7000
267 30 CONTINUE
268 IF( KYOPT(3).EQ.1 ) GO TO 31
269 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
270 IF( GDAT(2).LE.ZR ) GO TO 8000
271 IF( GDAT(3).LE.ZR ) GDAT(3)=GDAT(1)
272 IF( GDAT(4).LE.ZR ) GDAT(4)=GDAT(2)
273 GO TO 7000
274 31 IF( GDAT(2).LE.ZR ) GO TO 8000
275 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GDAT(1)=0.001*GDAT(2)
276 IF( GDAT(3).LE.ZR ) GDAT(3)=GDAT(1)
277 IF( GDAT(4).LE.ZR ) GDAT(4)=GDAT(2)
278 GO TO 7000
279 40 CONTINUE
280 GO TO 7000
281 50 CONTINUE
282 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
283 IF( GDAT(2).GT.ZR ) GO TO 7000
284 IEND = 8
285 GO TO 6000
286 60 CONTINUE
287 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
288 IF( GDAT(2).GT.ZR ) GO TO 7000
289 IEND = 6
290 GO TO 6000
291 70 CONTINUE
292 GO TO 7000
293 80 CONTINUE
294 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
295 IF( GDAT(2).GT.ZR ) GO TO 7000
296 IEND = 3
297 GO TO 6000
298 90 CONTINUE
299 IF( GDAT(5).LE.ZR ) GDAT(5) = SFCTOR
300 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
301 IF( GDAT(2).GT.ZR ) GO TO 7000
302 IEND = 4
303 GO TO 6000
304 100 CONTINUE
305 IF( GDAT(6).EQ.ZR ) GDAT(6) = ALPH
306 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
307 IF( GDAT(2).GT.ZR ) GO TO 7000
308 IEND = 3
309 GO TO 6000
310 110 CONTINUE
311 GDAT(5) = SFCTOR
312 IF( GDAT(6).EQ.ZR ) GDAT(6) = ALPH
313 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
314 IF( GDAT(2).GT.ZR ) GO TO 111
315 GDAT(2) = GDAT(1)
316 GDAT(3) = GDAT(1)
317 GDAT(4) = GDAT(1)
318 GDAT(7) = GDAT(1)
319 GDAT(8) = GDAT(1)
320 GDAT(9) = GDAT(1)
321 GDAT(10) = GDAT(1)
322 GDAT(11) = GDAT(1)
323 GO TO 7000
324 111 GDAT(11) = ZR
325 DO 112 I = 1, 4
326 GDAT(11) = GDAT(11)+0.25*GDAT(I)
327 GABS(1) = -0.57735027
328 GABS(2) = -GABS(1)
329 IJ = 0
330 DO 113 I = 1, 2
331 ET = GABS(I)
332 DO 113 J = 1, 2
333 XI = GABS(J)
334 IJ = IJ+1
335 TH = ZR
336 PH(1) = 0.25*(1.0-XI)*(1.0-ET)
337 PH(2) = 0.25*(1.0+XI)*(1.0-ET)
338 PH(3) = 0.25*(1.0-XI)*(1.0+ET)
339 PH(4) = 0.25*(1.0+XI)*(1.0+ET)
340 DO 114 K = 1, 4

```

```

STGEON40
STGEON41
STGEON42
STGEON43
STGEON44
STGEON46
STGEON47
STGEON49
STGEON50
STGEON51
STGEON52
FK15 35
FK15 36
FK15 37
FK15 38
FK15 39
FK15 40
FK15 41
FK15 42
FK15 43
FK15 44
FK15 45
FK15 46
STGEON61
STGEON62
STGEON64
STGEON65
STGEON66
STGEON67
STGEON68
STGEON70
STGEON71
STGEON72
STGEON73
STGEON74
STGEON76
STGEON77
STGEON78
STGEON79
STGEON80
STGEON81
STGEON82
STGEON84
STGEON85
STGEON86
STGEON87
STGEON88
STGEON89
STGEON91
STGEON92
STGEON93
STGEON94
STGEON95
STGEON96
STGEON98
FK14 5
STGEON100
STGEON101
STGEON102
STGEON103
STGEON104
STGEON105
STGEON106
STGEON107
STGEON108
STGEON109
STGEON110
STGEON111
STGEON112
STGEON113
STGEON114
STGEON115
STGEON116
STGEON117
STGEON118
STGEON119
STGEON120
STGEON121
STGEON122
STGEON123
STGEON124
STGEON125
STGEON126
STGEON127
STGEON128

```

```

341 114 TH = TH+PH(K)*GDAT(K)
342 113 GDAT(IJ+6) = TH
343 DO I15 I = 7, 11
344 IF( GDAT(I).LE.ZR ) GO TO 8000
345 115 CONTINUE
346 GO TO 7000
347 120 CONTINUE
348 CALL ECEL3R( IELM, GDAT, XN)
349 GO TO 7000
350 130 CONTINUE
351 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
352 IF( GDAT(2).EQ.ZR ) GDAT(2) = GDAT(1)
353 GO TO 7000
354 140 CONTINUE
355 CALL ECIPI2( IELM, IECOD, NENOD, GDAT )
356 GO TO 7000
357 150 CONTINUE
358 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
359 IF( GDAT(4).LE.ZR ) GO TO 8000
360 IF( GDAT(5).LE.ZR ) GO TO 8000
361 IF( GDAT(6).LE.ZR ) GDAT(6)=GDAT(4)+GDAT(5)
362 GO TO 7000
363 160 CONTINUE
364 GO TO 7000
365 170 CONTINUE
366 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
367 IF( GDAT(8).LE.ZR ) GDAT(8) = 1.0
368 CALL ECEL86( IELM, IECOD, GDAT, XN)
369 GO TO 7000
370 180 CONTINUE
371 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
372 CALL ECEL86( IELM, IECOD, GDAT, XN)
373 GO TO 7000
374 190 CONTINUE
375 GO TO 7000
376 200 CONTINUE
377 GO TO 100
378 210 CONTINUE
379 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
380 IF( GDAT(2).GT.ZR ) GO TO 7000
381 IEND = 4
382 GO TO 6000
383 220 CONTINUE
384 GO TO 7000
385 230 CONTINUE
386 GO TO 20
387 240 CONTINUE
388 GO TO 7000
389 250 CONTINUE
390 IF( GDAT(1).LT.ZR ) GO TO 8000
391 IF( GDAT(1).EQ.ZR ) GDAT(1) = 1.0
392 GO TO 7000
393 260 CONTINUE
394 AG = GDAT(5)+GDAT(5)+GDAT(6)+GDAT(6)+GDAT(7)+GDAT(7)
395 AX = (XN(4)-XN(1))*2+(XN(5)-XN(2))*2+(XN(6)-XN(3))*2
396 IF( AG.GT.ZR ) GO TO 265
397 IF( AX.GT.ZR ) GO TO 265
398 CALL MESSAGE( 6841, IELM, 0)
399 CALL MESSAGE(-6840, IELM, 0)
400 265 CONTINUE
401 IF( GDAT(1).LT.ZR ) GO TO 8000
402 IF( GDAT(3).LT.ZR ) GO TO 8000
403 GO TO 7000
404 270 CONTINUE
405 GO TO 7000
406 280 CONTINUE
407 GO TO 210
408 290 CONTINUE
409 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
410 IF( GDAT(4).LE.ZR ) CALL MESSAGE(-7090, GDAT(4), 0)
411 IF( GDAT(5).LE.ZR ) CALL MESSAGE(-7091, GDAT(5), 0)
412 GO TO 7000
413 300 CONTINUE
414 310 CONTINUE
415 320 CONTINUE
416 GO TO 7000
417 330 CONTINUE
418 GO TO 20
419 340 CONTINUE
420 350 CONTINUE
421 360 CONTINUE
422 IF( GDAT(2).LE.ZR ) GO TO 8000
423 IF( GDAT(3).LE.ZR ) GO TO 8000
424 IF( GDAT(4).GT.ZR ) GO TO 7000
425 GDAT(4) = GDAT(2)

```

```

STGEO129
STGEO130
STGEO131
STGEO132
STGEO133
STGEO134
STGEO136
STGEO137
STGEO138
STGEO139
STGEO140
STGEO141
STGEO142
STGEO143
STGEO144
STGEO145
STGEO146
STGEO147
STGEO148
STGEO149
STGEO150
STGEO151
STGEO152
STGEO153
STGEO155
STGEO156
STGEO157
STGEO158
STGEO159
STGEO161
STGEO162
STGEO163
STGEO164
STGEO166
STGEO167
STGEO168
STGEO169
STGEO171
STGEO172
STGEO173
STGEO174
STGEO175
STGEO177
STGEO178
STGEO179
STGEO180
STGEO181
STGEO182
STGEO183
STGEO184
STGEO185
STGEO186
STGEO187
STGEO188
STGEO189
STGEO190
STGEO191
STGEO192
STGEO193
STGEO194
STGEO195
STGEO196
STGEO197
STGEO198
STGEO199
STGEO200
STGEO201
STGEO202
STGEO203
STGEO204
STGEO205
STGEO206
STGEO207
STGEO208
STGEO209
STGEO210
STGEO211
STGEO212
STGEO213
STGEO214
STGEO215
STGEO216
STGEO217
STGEO218
STGEO219

```

```

426 GDAT(5) = GDAT(3)
427 GDAT(6) = GDAT(2)
428 GDAT(7) = GDAT(3)
429 GO TO 7000
430 370 IF( GDAT( 2).GT.0.0)GDAT(1)=0.25*(GDAT(1)+GDAT(2)+GDAT(3)+GDAT(4))
431 IF( GDAT( 1).LE.0.0)GO TO 8000
432 GDAT(5) = SFCTOR
433 IF( GDAT( 6).LE.0.0)GDAT( 6)=ALPH
434 IF( GDAT( 7).LE.0.0)GDAT( 7)=0.001
435 IF( GDAT( 8).LE.0.0)GDAT( 8)=0.001
436 IF( GDAT( 9).LE.0.0)GDAT( 9)=0.001
437 IF( GDAT(10).LE.0.0)GDAT(10)=0.001
438 IF( GDAT(11).LE.0.0)GDAT(11)=1.000
439 GO TO 7000
440 380 CONTINUE
441 390 GO TO 110
442 400 IF( GDAT( 2).GT.0.0)GDAT(1)=0.25*(GDAT(1)+GDAT(2)+GDAT(3)+GDAT(4))
443 IF( GDAT( 1).LE.0.0)GO TO 8000
444 GDAT(5) = SFCTOR
445 IF( GDAT( 6).LE.0.0)GDAT( 6)=ALPH
446 GO TO 7000
447 410 GO TO 110
448 420 CONTINUE
449 430 CONTINUE
450 GO TO 210
451 440 CONTINUE
452 GO TO 100
453 450 CONTINUE
454 460 CONTINUE
455 470 CONTINUE
456 480 CONTINUE
457 490 CONTINUE
458 GO TO 7000
459 500 CONTINUE
460 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
461 IF( GDAT(2).EQ.ZR ) GDAT(2) = GDAT(1)
462 GO TO 7000
463 510 CONTINUE
464 GO TO 7000
465 520 CONTINUE
466 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
467 IF( GDAT(2).EQ.ZR ) GDAT(2) = GDAT(1)
468 IF( GDAT(3).EQ.ZR ) GDAT(3) = GDAT(1)
469 GO TO 7000
470 530 CONTINUE
471 540 CONTINUE
472 GO TO 7000
473 550 CONTINUE
474 GO TO 7000
475 560 CONTINUE
476 GO TO 7000
477 570 CONTINUE
478 GO TO 7000
479 580 CONTINUE
480 590 CONTINUE
481 IF( NENOD.EQ.3) THEN
482 IF( GDAT(1).EQ.ZR ) THEN
483 IF( GDAT(2).EQ.ZR.AND.GDAT(3).EQ.ZR.AND.GDAT(4).EQ.ZR) THEN
484 CALL MESSAGE( 6841, IELM, 0)
485 ENDIF
486 ELSE IF( GDAT(1).EQ.1.0) THEN
487 AX = (XN(4)-XN(1))*2+(XN(5)-XN(2))*2+(XN(6)-XN(3))*2
488 IF( AX.LE.ZR ) THEN
489 CALL MESSAGE( 6841, IELM, 0)
490 CALL MESSAGE(-6840, IELM, 0)
491 ENDIF
492 ELSE
493 GO TO 8000
494 ENDIF
495 GO TO 7000
496 ELSE
497 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
498 IF( GDAT(2).GT.ZR ) GO TO 7000
499 IEND = NENOD
500 GO TO 6000
501 ENDIF
502 600 CONTINUE
503 GO TO 7000
504 610 GO TO 7000
505 620 GO TO 7000
506 630 GO TO 7000
507 640 GO TO 7000
508 650 GO TO 7000
509 660 GO TO 7000
510 670 GO TO 7000

```

```

STGEO220
STGEO221
STGEO222
STGEO223
FK04 86
FK04 87
FK14 6
FK04 89
FK06X 9
FK06X 10
FK06X 11
FK06X 12
FK04 94
FK04 95
STGEO225
FK06 18
FK12 38
FK12 39
FK14 7
FK12 41
STGEO228
STGEO229
STGEO230
STGEO231
TT16R 8
STGEO232
TT16G 8
STGEO233
STGEO234
STGEO235
STGEO236
STGEO237
STGEO238
STGEO240
STGEO241
STGEO242
STGEO243
STGEO245
TT02N 18
STGEO246
TT02N 20
TT02N 21
TT02N 22
TT02N 23
STGEO247
STGEO248
KG17Y 1
STGEO249
KG17Y 2
STGEO250
KG17Y 3
STGEO251
HN01 183
STGEO252
STGEO253
TT19 16
TT19 17
TT19 18
TT19 19
STGEO254
STGEO255
STGEO256
STGEO257
STGEO258
STGEO259
STGEO260
STGEO261
STGEO262

```

```

511 680 GO TO 7000
512 690 GO TO 7000
513 700 GO TO 7000
514 710 GO TO 7000
515 720 GO TO 7000
516 730 GO TO 7000
517 740 GO TO 7000
518 750 GO TO 7000
519 760 GO TO 7000
520 770 GO TO 7000
521 780 GO TO 7000
522 790 GO TO 7000
523 800 GO TO 7000
524 810 GO TO 7000
525 820 GO TO 7000
526 830 GO TO 7000
527 840 GO TO 7000
528 850 GO TO 7000
529 860 GO TO 7000
530 870 GO TO 7000
531 880 GO TO 7000
532 890 GO TO 7000
533 900 GO TO 7000
534 910 CONTINUE
535 920 IF( GDAT(1).EQ.ZR ) GO TO 8000
536 GO TO 7000
537 930 GO TO 7000
538 940 GO TO 7000
539 950 GO TO 7000
540 960 GO TO 7000
541 970 GO TO 7000
542 980 GO TO 7000
543 990 GO TO 7000
544 2 HECOD = IECCOD - 100
545 GO TO(1010,1020,1030,1040,1050,1060,1070,1080,1090,1100,
546 + 1110,1120,1130,1140,1150,1160,1170,1180,1190,1200), HECOD
547 1010 GO TO 7000
548 1020 GO TO 20
549 1030 GO TO 80
550 1040 GO TO 60
551 1060 GO TO 50
552 1050 CONTINUE
553 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
554 IF( GDAT(2).GT.ZR ) GO TO 7000
555 IEND = 4
556 GO TO 6000
557 1070 GO TO 7000
558 1080 GO TO 7000
559 1090 GO TO 7000
560 1100 GO TO 7000
561 1110 GO TO 7000
562 1120 GO TO 7000
563 1130 CONTINUE
564 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
565 GO TO 7000
566 1140 GO TO 20
567 1150 GO TO 7000
568 1160 GO TO 7000
569 1170 GO TO 7000
570 1180 GO TO 7000
571 1190 GO TO 7000
572 1200 GO TO 7000
573 3 HECOD = IECCOD - 200
574 GO TO(2010,2020,2030,2040,2050,2060,2070,2080,2090,2100,
575 + 2110,2120,2130,2140,2150,2160,2170,2170), HECOD
576 2010 GO TO 7000
577 2020 GO TO 20
578 2030 GO TO 80
579 2040 GO TO 7000
580 2050 GO TO 7000
581 2060 GO TO 7000
582 2070 GO TO 210
583 2080 GO TO 7000
584 2090 GO TO 60
585 2100 GO TO 7000
586 2110 GO TO 7000
587 2120 GO TO 7000
588 2130 GO TO 20
589 2140 CONTINUE
590 IF( GDAT(1).LE.ZR ) GO TO 8000
591 IF( GDAT(2).EQ.ZR ) GDAT(2)=1.35556E-15
592 IF( GDAT(3).EQ.ZR ) GDAT(3)=1.0
593 XXX = GDAT(2)*GDAT(3)*GDAT(4)
594 IF( XXX.EQ.ZR ) GDAT(2)=-1.0
595 GO TO 7000

```

```

STGEO263
STGEO264
STGEO265
STGEO266
STGEO267
STGEO268
STGEO269
STGEO270
STGEO271
STGEO272
STGEO273
STGEO274
STGEO275
STGEO276
STGEO277
STGEO278
STGEO279
STGEO280
STGEO281
STGEO282
STGEO283
STGEO284
STGEO285
STGEO287
STGEO288
STGEO289
STGEO290
STGEO291
STGEO292
STGEO293
STGEO294
STGEO295
STGEO296
STGEO300
STGEO301
STGEO302
STGEO303
STGEO304
STGEO305
STGEO306
STGEO307
STGEO308
STGEO309
STGEO310
STGEO311
STGEO312
STGEO313
STGEO314
STGEO315
STGEO316
STGEO317
STGEO318
YHO2 4
YHO2 6
YHO2 7
YHO3 5
STGEO321
STGEO322
STGEO323
STGEO324
STGEO325
STGEO326
STGEO330
STGEO331
YHO 11
STGEO333
STGEO334
STGEO335
STGEO336
STGEO337
STGEO338
STGEO339
STGEO340
STGEO341
STGEO342
STGEO343
STGEO344
STGEO345
STGEO346
STGEO347
STGEO348
STGEO349
STGEO350
STGEO351
STGEO352

```

```

596 2150 GO TO 7000
597 2160 GO TO 7000
598 2170 CONTINUE
599 XXX = GDAT(1)*GDAT(2)*GDAT(3)*GDAT(4)
600 IF( XXX.EQ.ZR ) GDAT(2)=-1.0
601 GO TO 7000
602 CONTINUE
603 DO 6001 I = 2, IEND
604 6001 GDAT(I)= GDAT(1)
605 7000 CONTINUE
606 RETURN
607 8000 CALL MESSAGE(-8021, IGEOM, IELM )
608 9000 CALL MESSAGE(-8035, IECCOD, 0 )
609 RETURN
610 END
611 SUBROUTINE XENTRX
612 ( IEXN, KLARG, KYOPT, KEY, NCOMP, GDAT, MAT, XN, DISP, DDSP, EPSLON) TT31 32
613 C
614 C
615 C
616 C
617 C
618 C
619 C
620 C
621 C
622 C
623 C
624 C
625 C
626 C
627 C
628 C
629 C
630 C
631 C
632 C...
633 C
634 C
635 C
636 C
637 C
638 C
639 C
640 C
641 C
642 C
643 C
644 C
645 C
646 C
647 C
648 C
649 C
650 C
651 C
652 C
653 C
654 C
655 C
656 C
657 C
658 C
659 C
660 C
661 C
662 C
663 C
664 C
665 C
666 C
667 C
668 C
669 C
670 C
671 C
672 C
673 C
674 C
675 C
676 C
677 C
678 C
679 C
680 C

```

PURPOSE  
CALC. OF NON-LINEAR SPRING ELEMENT  
INCREMENT STRAIN (=DISPLACEMENT) VECTOR

IMPLICIT REAL\*8 (A-H,O-Z)  
INTEGER MAT(1), KYOPT(1), KEY(1)  
REAL XN(1), GDAT(1)  
DIMENSION EPSLON(1), DISP(1), DDSP(1)  
DIMENSION BL(6,12), EPSL(12), TR(3,3)  
DIMENSION BL(12,12), EPSL(12), TR(9)  
DATA ZERO / 0.000 /  
KFLD = KEY( 1)  
NNOD = KEY( 2)  
NNDOP = KEY( 3)  
NIF = KEY(12)  
NIFC = KEY(13)  
NEDOP = NNOD\*NNDOP

TRANSFORMATION OF GLOBAL COORD. SYS. TO LOCAL COORD. SYS.

CALL XTRSPG(IEXN, GDAT, XN, TR, BLNG)  
DO 60 I = 1, 3  
ESTR1 = 0.0  
ESTR2 = 0.0  
ESTR3 = 0.0  
ESTR4 = 0.0  
DO 70 J = 1, 3  
ESTR1 = ESTR1 + TR(I, J)\*DDSP(J)  
ESTR2 = ESTR2 + TR(I, J)\*DDSP(J+3)  
ESTR3 = ESTR3 + TR(I, J)\*DDSP(J+6)  
ESTR4 = ESTR4 + TR(I, J)\*DDSP(J+9)

70 CONTINUE  
EPSL(I) = ESTR1  
EPSL(I+3) = ESTR2  
EPSL(I+6) = ESTR3  
EPSL(I+9) = ESTR4

60 CONTINUE

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC  
DO I=1, NCOMP  
EPSLON(I) = EPSL(I+NCOMP) - EPSL(I)  
ENDDO  
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

RETURN  
END  
SUBROUTINE XKNTRX  
( IEXN, KLARG, KYOPT, KEY, NCOMP, GDAT, MAT, XN, DISP, LSK, ESK)

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----

PURPOSE  
CALC. OF LINEAR STIFFNESS MATRIX

INPUT  
IEXN - ELEMENT NUMBER  
KLARG - GEOMETRICAL NONLINEARITY SWITCH  
KYOPT - ELEMENT TYPE DATA B-CARD  
KEY - ELEMENT TYPE DATA C-CARD  
NCOMP - NUMBER OF STRESS COMPONENT  
GDAT - GEOMETRY DATA  
MAT - MATERIAL DATA  
XN - NODAL COORDINATES/ELEMENT  
DISP - NODAL DISPLACEMENT/ELEMENT

OUTPUT  
LSK - DATA-LENGTH OF (ESK)  
ESK - ELEMENT STIFFNESS MATRIX :UPPER TRIANGLE PART

```

681 C          STORED IN ORDER OF ROW-WISE          XKNTX22
682 C-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
683 C          XKNTX24
684          IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)             NU06A 9
685 C          +DBLE+15
686          INTEGER MAT(1), KYOPT(1), KEY(1)      TT31 15
687          REAL IN(1), GDAT(1)                  XKNTX27
688          DIMENSION ESK(1), DISP(1)            XKNTX28
689          DIMENSION DD(21), BL(720), BT(720)
690          DIMENSION FDD(6,6), PESK(12,12)
691          DIMENSION SK(78), TR(3,3)
692          INTEGER LDDT(11)
693          DATA LDDT / 1, 6, 21, 10, 10, 6, 15, 3, 6, 0, 6 /
694 C
695 C
696 C... INITIALIZE
697 C
698          KFLD = KEY( 1)
699          NNOD = KEY( 2)
700          NNDOF = KEY( 3)
701          NEDOF = NNOD*NNDOF
702          LSK = NEDOF*(NEDOF+1)/2
703          LDD = LDDT(KFLD)
704 C
705 C... SET MATERIAL MATRIX
706 C
707          CALL DSEMTX( 0, MAT, DISP, DD )
708 C
709 C... SET ELEMENT STIFFNESS MATRIX
710 C
711          IJ = 0
712          DO 10 I = 1, NCOMP
713             JX = NCOMP*(I-1)
714             DO 20 J = 1, NCOMP
715                JS = JX + J
716                IJ = IJ + 1
717                FDD(I, J) = DD(IJ)
718                FDD(J, I) = DD(IJ)
719          10 CONTINUE
720          DO 30 I = 1, NCOMP
721             DO 40 J = 1, NCOMP
722                PESK(I, J) = FDD(I, J)
723                PESK(I, NCOMP+J) = -FDD(I, J)
724                PESK(NCOMP+I, J) = -FDD(I, J)
725                PESK(NCOMP+I, NCOMP+J) = FDD(I, J)
726          40 CONTINUE
727          DO 50 I = 1, NEDOF
728             IJ = 0
729             DO 60 J = 1, NEDOF
730                IJ = IJ + 1
731                SK(IJ) = PESK(I, J)
732          60 CONTINUE
733          50 CONTINUE
734          CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
735          C... SET TRANSFORMATION MATRIX [TR]
736 C
737          CALL XTRSPG(IEKN, GDAT, IN, TR, BLNG)
738 C
739 C... TRANSFER ELEMENT STIFFNESS MATRIX TO GLOBAL SYSTEM
740 C
741          CALL TRNSTP( 3, 3, 4, TR, SK, ESK )
742 C
743          CALL SFTRN3( 4, TR, SK, ESK )
744 C
745          9000 RETURN
746 C
747          END
748          XKNTX113
749          XKNTX114
750 C
751 C-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
752          SUBROUTINE XMAT1(IEKN, IECOD, NCOMP, IDMAT, IP, ISTEP, TIME, DTIME,
753          * TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, DISP, UE, FE, USTV, USTS,
754          * DMAT, DRG, IFLG)
755 C
756 C PURPOSE
757 C MAIN CONTROL ROUTINE TO EVALUATE FORCE-DISPLACEMENT MATRIX
758 C OR PSEUDO FORCE VECTOR DEPENDENT ON CREEP BEHAVIOR
759 C
760 C INPUT PARAMETER
761 C IEKN - ELEMENT NUMBER
762 C IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
763 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
764 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
765 C IP - INNER POINT NUMBER (=1)

```

```

766 C          ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
767 C          TIME - THE CURRENT TIME
768 C          DTIME - TIME INCREMENT
769 C          TEMP - TEMPERATURE OF IP
770 C          DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
771 C          GEOM - GEOMETRICAL DATAS
772 C          CORD - COORDINATES DATAS
773 C          DISP - NODAL DISPLACEMENT VECTOR
774 C          UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
775 C          FE - FORCE VECTOR OF IP
776 C          USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
777 C          USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
778 C
779 C          OUTPUT
780 C          DNAT - FORCE - DISPLACEMENT MATRIX
781 C          DRG - PSEUDO FORCE INCREMENT DEPENDENT ON CREEP BEHAVIOR
782 C          IFLG - FLAGS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
783 C
784          IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
785          DIMENSION GEOM(1), CORD(1), DISP(1), UE(1), FE(1), USTV(6, 1),
786          * USTS(1), DNAT(NCOMP, NCOMP), DRG(1), IFLG(1)
787          DIMENSION UE1(6)
788          DIMENSION PQ(6)
789          COMMON /RCHACK/ IDUWM(28), KYOPT(30)
790          DATA ZERO / 1.0D-6 /
791 C
792 C... GET INITIAL SET VALUE FROM KYOPT(I)
793 C
794          KTYP = KYOPT(3)
795          KDTY = KYOPT(4)
796          KDMP = KYOPT(5)
797          KTYPC = MOD(KTYP, 10)
798          KFLID = KYOPT(15)
799          NNOD = KYOPT(16)
800          NNDOF = KYOPT(17)
801          NGOM = KYOPT(18)
802 C
803 C... CALL EACH NON-LINEAR SPRING ELEMENT
804 C
805          KSTYP = INT(KTYP/10)
806          IF(KSTYP.LE.0.OR.KSTYP.GE.5) CALL YERROR(0)
807 C
808          DO 10 I = 1, NCOMP
809             UE1(I) = UE(I)
810          10 CONTINUE
811          IF(KTYPC.EQ.0) THEN
812             DO 20 I = 1, NCOMP
813                UE1(I) = UE(I) - USTV(I, 4)
814             20 CONTINUE
815          END IF
816 C
817          GO TO (1000,2000,3000,4000), KSTYP
818 C
819 C... NON-LINEAR ELASTIC SPRING ELEMENT
820 C
821          1000 CALL YNESP(IEKN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME,
822          * TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UE, FE,
823          * USTV, USTS, KSTYP, KDTY, DNAT, DRG, IFLG(1))
824          GO TO 9000
825 C
826 C... CALL NON-LINEAR ELASTIC-PLASTIC SPRING ELEMENT-1
827 C
828          2000 CALL YEPSP1(IEKN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP, DTEMP,
829          * GEOM, CORD, UE1, FE, USTV, USTS, KSTYP, KDTY, DNAT, IFLG(1))
830          GO TO 9000
831 C
832 C... CALL NON-LINEAR ELASTIC-PLASTIC SPRING ELEMENT-2
833 C
834          3000 CONTINUE
835          GO TO 2000
836 C
837 C... CALL NON-LINEAR ELASTIC-PLASTIC SPRING ELEMENT-3
838 C
839          4000 CALL YEPSP3(IEKN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP, DTEMP,
840          * GEOM, CORD, UE1, FE, USTV, USTS, KDTY, DNAT, IFLG(1))
841 C
842 C... CHECK POSITIVE DEFINITE OF DNAT
843 C
844          9000 NCOMP1 = NCOMP-1
845          DO 9100 I = 1, NCOMP1
846             J1 = I + 1
847             DO 9100 J = J1, NCOMP
848                ZZ = DABS(DMAT(I, I)-DMAT(I, J))
849                IF(ZZ.LE.ZERO) GO TO 9100
850          CALL YERROR(1)

```

```

851 9100 CONTINUE
852 C
853 C... EVALUATE THE PSEUDO FORCE VECTOR DEPENDENT ON CREEP BEHAVIOR
854 C
855     IF(KTYPC.LE.0) GO TO 9900
856     CALL YFCRFP(IEYN,IECOD,NCOMP,IDMAT,ISTEP,TIME,DTIME,TEMP,DTEMP,
857     *          GEOM,CORD,UE,FE,USTV,USTS,DFG)
858 C
859 C... RETURN
860 C
861 9900 RETURN
862 END
863 SUBROUTINE XMAT2(IEYN,IECOD,NCOMP,IDMAT,IP,ISTEP,TIME,DTIME,TEMP,
864 *              DTEMP,GEOM,CORD,DISP,UE,FE,USTV,USTS,DDIPS,DUE,
865 *              DFE,DUSTV,DUSTS,IFLG)
866 C
867 C PURPOSE
868 C MAIN-CONTROL ROUTINE
869 C TO EVALUATE INTERNAL STATE VARIABLES AND INTERNAL STATE STATUS
870 C
871 C INPUT PARAMETERS
872 C IEYN - ELEMENT NUMBER
873 C IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
874 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
875 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
876 C IP - INNER POINT NUMBER (=1)
877 C ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
878 C TIME - THE CURRENT TIME
879 C DTIME - TIME INCREMENT
880 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
881 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
882 C GEOM - GEOMETRICAL DATAS
883 C CORD - COORDINATES DATAS
884 C DISP - NODAL DISPLACEMENT VECTOR
885 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
886 C FE - FORCE VECTOR OF IP
887 C USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
888 C USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
889 C DDISP - INCREMENT OF NODAL DISPLACEMENT VECTOR
890 C DUE - INCREMENT OF DISPLACEMENT VECTOR OF IP
891 C IFLG - FLAGS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
892 C
893 C OUTPUT PARAMETERS
894 C DFE - INCREMENT OF FORCE VECTOR OF IP
895 C DUSTV - INCREMENT OF VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
896 C DUSTS - INCREMENT OF SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
897 C IFLG - FLAGS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
898 C
899 IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
900 DIMENSION GEOM(1),CORD(1),DISP(1),UE(1),FE(1),USTV(6,1),USTS(1),
901 *          DDIPS(1),DUE(1),DFE(1),DUSTV(6,1),DUSTS(1),IFLG(1)
902 DIMENSION DFCDF(6),DUC(6),DUE1(6),UE1(6),UE2(6),DMAT(6,6),DUE(6),
903 *          DUPP(6),AA(6),DFE1(6),FE2(6),DFE2(6),DKS(21),UC(6),
904 *          DKSTNV(21),DUEP(6),DMATP(6,6)
905 DIMENSION FQ(6),ZZ(6),DYFDF(6)
906 DIMENSION HHP(6),FYP(6),HHM(6),FYM(6),EKII(6)
907 COMMON / ECHACK / IDUMM(28), KYOPT(30)
908 DATA ZERO /1.0D-6/
909 DATA ZEROT/0.0/
910 WRITE(6,'(3X,19H* SUB.XMAT2 START *)')
911 C
912 C... GET INITIAL SET VALUE FROM KYOPT(I)
913 C
914 KTYP = KYOPT(3)
915 KDTY = KYOPT(4)
916 KDWP = KYOPT(5)
917 KTYPC = MOD(KTYP,10)
918 KPLID = KYOPT(15)
919 NNOD = KYOPT(16)
920 NDOF = KYOPT(17)
921 NGOM = KYOPT(18)
922 C
923 C... SET THE DISPLACEMENT VECTOR DEPENDENT ON CREEP BEHAVIOR
924 C
925 DO 10 I = 1, NCOMP
926     DUSTV(I,4) = 0.0
927     DUC(I) = 0.0
928     UC(I) = USTV(I,4)
929     ZZ(I) = 0.0
930 10 CONTINUE
931 IF(KTYPC.LE.0) GO TO 30
932 CALL YFCDF(IEYN,IDMAT,FE,UE,DFCDF)
933 UCB = USTS(3)
934 CALL YUCB(IEYN,IDMAT,FE,UC,UCB,TIME,DTIME,TEMP,DTEMP,DUCE)
935 DO 20 I = 1, NCOMP
936     DUC(I) = DUCB+DFCDF(I)
937     DUSTV(I,4) = DUC(I)
938 20 CONTINUE
939     DUSTS(3) = DUCB
940 C
941 C... IN CASE OF NON-LINEAR SPRING ELEMENT
942 C
943 30 KSTYP = INT(KTYP/10)
944 IF(KSTYP.LE.0 OR KSTYP.GE.5) CALL YERROR(0)
945 C
946 C... SET THE ELASTO-PLASTO DISPLACEMENT VECTOR
947 C
948 DO 40 I = 1, NCOMP
949     DUE1(I) = DUE(I) - DUC(I)
950     UE1(I) = UE(I) - UC(I)
951 40 CONTINUE
952 C
953 DO 50 I = 1, NCOMP
954     UE2(I) = UE1(I) + DUE1(I)
955     AA(I) = 0.0
956 50 CONTINUE
957 C
958 GO TO (1000,2000,3000,4000), KSTYP
959 C
960 C... NON-LINEAR ELASTIC SPRING ELEMENT
961 C
962 1000 CALL YNEP(IEYN,IECOD,NCOMP,IDMAT,ISTEP,TIME,DTIME,TEMP,DTEMP,
963 *          GEOM,CORD,UE1,FE,USTV,USTS,KSTYP,KDTY,DMAT,FQ,IFLG(1))
964 CALL SRMLV(DMAT,DUE1,NCOMP,NCOMP,DFE)
965 CALL YEQFB(IEYN,IDMAT,KSTYP,DFE,ZZ,NCOMP,DFEB)
966 DO 1050 I = 1, NCOMP
967     DUSTV(I,1) = DUE1(I)
968 1050 CONTINUE
969     DUSTS(1) = DFEB
970 GO TO 9900
971 C
972 C... NON-LINEAR ELASTO-PLASTO SPRING ELEMENT (TYPE-1,TYPE-2)
973 C
974 2000 ISTAT = IFLG(1)
975     FB = USTS(1)
976     UPB = USTS(2)
977     IF(ISTAT.EQ.1) GO TO 2500
978 C
979 C... ELASTIC STATE
980 C
981 C
982 C... CALCULATE [KE] (ELASTICITY STIFFNESS MATRIX)
983 C
984 CALL YEPSPO(IEYN,IECOD,NCOMP,IDMAT,ISTEP,TIME,DTIME,TEMP,
985 *          DTEMP,GEOM,CORD,UE1,FE,USTV,USTS,KDTY,DMAT)
986 C
987 C...  $d\sigma = [K^*e] + d[U^*e]$ 
988 C
989 CALL SRMLV(DMAT,DUE1,NCOMP,NCOMP,DFE)
990 C
991 C... h, HD, HDC
992 C
993 CALL YHDSH(IEYN,IDMAT,KSTYP,FB,UPB,TEMP,DTEMP,H,HD,HDC)
994 C
995 C... CALCULATION OF THE SIZE OF YIELD SURFACE
996 C
997 CALL YKAPP(IEYN,IDMAT,KSTYP,UPB,H,HD,HDC,RKAPP)
998 C
999 C... CALCULATION OF GAMMA (THE RATIO OF THE ELASTICITY)
1000 C
1001 IF(KSTYP.EQ.3) THEN
1002     DO 2050 I=1,NCOMP
1003         AA(I) = USTV(I,3)
1004 2050 CONTINUE
1005 END IF
1006 CALL YGAMM(IEYN,IDMAT,KSTYP,NCOMP,FE,DFE,AA,RKAPP,GAM,IYSTAT)
1007 IF(IYSTAT.EQ.0) THEN
1008     DO 2055 I = 1, NCOMP
1009         DUSTV(I,1) = DUE1(I)
1010         DUSTV(I,2) = 0.0
1011         DUSTV(I,3) = 0.0
1012 2055 CONTINUE
1013     IFLG(1) = 0
1014     CALL YEQFB(IEYN,IDMAT,KSTYP,DFE,ZZ,NCOMP,DFEB)
1015     DUSTS(1) = DFEB
1016     GO TO 9900
1017 END IF
1018 C
1019 C... ELASTIC-PLASTIC STATUS
1020 C

```

```

1021 DO 2060 I = 1, NCOMP
1022 DUEE(I) = GAM*DUE1(I)
1023 DUEP(I) = (1.0-GAM)*DUE1(I)
1024 2060 CONTINUE
1025 C
1026 C... CALCULATION OF [Kep] (ELASTIC-PLASTICITY STIFFNESS MATRIX)
1027 C
1028 CALL SRMLV(DMAT, DUEE, NCOMP, NCOMP, DFE1)
1029 DO 2070 I = 1, NCOMP
1030 UE2(I) = UE(I) + DUEE(I)
1031 FE2(I) = FE(I) + DFE1(I)
1032 2070 CONTINUE
1033 CALL YEPSP1(IEKN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP, DTEMP,
1034 * GEOM, CORD, UE2, FE2, USTV, USTS, KSTYP, KDTY, DMAPT, ISTAT)
1035 C
1036 C... RE-CALCULATE FORCE AND DISPLACEMENT INCREMENT
1037 C
1038 CALL SRMLV(DMATP, DUEP, NCOMP, NCOMP, DFE2)
1039 DO 2080 I = 1, NCOMP
1040 DFE(I) = DFE1(I) + DFE2(I)
1041 2080 CONTINUE
1042 CALL YEQFB(IEKN, IDMAT, KSTYP, DFE, ZZ, NCOMP, DFEB)
1043 DUSTS(1) = DFEB
1044 IJ = 0
1045 DO 2012 I = 1, NCOMP
1046 DO 2022 J = I, NCOMP
1047 IJ = IJ + 1
1048 DKS(IJ) = DMAT(I, J)
1049 2022 CONTINUE
1050 2012 CONTINUE
1051 C
1052 CALL SSINV(DKS, NCOMP, INDX)
1053 IF(INDX.NE.0) CALL MESSAGE(-4120, INDX, 0)
1054 CALL SSMLV(DKS, DFE, NCOMP, DUEE)
1055 DO 2090 I = 1, NCOMP
1056 DUSTV(1, I) = DUEE(I)
1057 DUSTV(1, 2) = DUE1(I) - DUEE(I)
1058 DUSTV(1, 3) = HDC*DUSTV(1, 2)
1059 2090 CONTINUE
1060 CALL YEQUB(IEKN, IDMAT, KSTYP, DUSTV(1, 2), NCOMP, DUPB)
1061 DUSTS(2) = DUPB
1062 C
1063 IFLG(1) = 1
1064 GO TO 9900
1065 C
1066 C... ELASTIC-PLASTIC LOADING STAGED
1067 C
1068 C... CALCULATE [Ke] (ELASTICITY STIFFNESS MATRIX)
1069 C
1070 2500 CALL YEPSPO(IEKN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP,
1071 * DTEMP, GEOM, CORD, UE1, FE, USTV, USTS, KDTY, DMAT)
1072 C
1073 IF(KSTYP.EQ.3) THEN
1074 DO 2511 I = 1, NCOMP
1075 AA(I) = USTV(I, 3)
1076 2511 CONTINUE
1077 END IF
1078 IJ = 0
1079 DO 2514 I = 1, NCOMP
1080 DO 2524 J = I, NCOMP
1081 IJ = IJ + 1
1082 DKS(IJ) = DMAT(I, J)
1083 DKSINV(IJ) = DMAT(I, J)
1084 2524 CONTINUE
1085 2514 CONTINUE
1086 C
1087 CALL SSINV(DKSINV, NCOMP, INDX)
1088 IF(INDX.NE.0) CALL MESSAGE(-4120, INDX, 0)
1089 C
1090 C... [Kep]
1091 C
1092 CALL YEPSP1(IEKN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP, DTEMP,
1093 * GEOM, CORD, UE1, FE, USTV, USTS, KSTYP, KDTY, DMAPT, ISTAT)
1094 C
1095 C... dF = [Kep]*d(uep)
1096 C
1097 CALL SRMLV(DMATP, DUE1, NCOMP, NCOMP, DFE)
1098 C
1099 C... CHECK UNLOADING STATUS
1100 C
1101 CALL YDFD(IEKN, IDMAT, FE, UE, AA, DYDFD)
1102 DF = 0.0
1103 DO 2510 I = 1, NCOMP
1104 DF = DF + DYDFD(I)*DFE(I)
1105 2510 CONTINUE
1106 DFF = DABS(DF)
1107 IF(DFF.LE.ZERO) GO TO 2700
1108 IF(DFF.LE.ZERO) GO TO 2700
1109 C
1110 C... LOADING STATUS
1111 C
1112 CALL SSMLV(DKSINV, DFE, NCOMP, DUEE)
1113 CALL YHDSH(IEKN, IDMAT, KSTYP, FB, UPB, TEMP, DTEMP, H, HD, HDC)
1114 DO 2520 I = 1, NCOMP
1115 DUSTV(1, 1) = DUEE(I)
1116 DUSTV(1, 2) = DUE1(I) - DUEE(I)
1117 DUSTV(1, 3) = HDC*DUSTV(1, 2)
1118 2520 CONTINUE
1119 CALL YEQUB(IEKN, IDMAT, KSTYP, DUSTV(1, 2), NCOMP, DUPB)
1120 DUSTS(2) = DUPB
1121 GO TO 9900
1122 C
1123 C... UNLOADING STATUS
1124 C
1125 2700 CALL SSMLV(DKS, DUE1, NCOMP, DFE)
1126 DO 2710 I = 1, NCOMP
1127 DUSTV(1, 1) = DUE1(I)
1128 DUSTV(1, 2) = 0.0
1129 DUSTV(1, 3) = 0.0
1130 2710 CONTINUE
1131 DUSTS(2) = 0.0
1132 IFLG(1) = 0
1133 GO TO 9900
1134 C
1135 C... CALL NON-LINEAR ELASTIC-PLASTIC SPRING ELEMENT (TYPE-2)
1136 C
1137 3000 CONTINUE
1138 GO TO 2000
1139 C
1140 C... CALL NON-LINEAR ELASTIC-PLASTIC SPRING ELEMENT (TYPE-3)
1141 C
1142 4000 CONTINUE
1143 WRITE(6, '(3X, 26H* SUB. XMAT2 TYPE-3 START *)')
1144 C
1145 C NON-LINER ELASTIC-PLASTIC SPRING ELEMENT (TYPE-4)
1146 C
1147 FB = USTS(1)
1148 EPB = USTS(2)
1149 WRITE(6, '(3X, 27H* SUB. XMAT2 TYPE-3 PASS 0 *)')
1150 C
1151 C... CALCULATE [K**e]
1152 C
1153 CALL YEPSPO(IEKN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP,
1154 * DTEMP, GEOM, CORD, UE1, FE, USTV, USTS, KDTY, DMAT)
1155 WRITE(6, '(3X, 27H* SUB. XMAT2 TYPE-3 PASS 1 *)')
1156 C
1157 C... GET HP, YP, HM, YM
1158 C
1159 CALL YGTHY(IEKN, IDMAT, HHP, FYP, HHM, FYM)
1160 WRITE(6, '(3X, 27H* SUB. XMAT2 TYPE-3 PASS 2 *)')
1161 C
1162 C... SET DIAGONAL COMPONENTS EKII(I)
1163 C
1164 DO 4010 I = 1, NCOMP
1165 EKII(I) = DMAT(I, I)
1166 4010 CONTINUE
1167 C
1168 C... LOOP FOR EACH COMPONENTS
1169 C
1170 DO 5000 I = 1, NCOMP
1171 IND = I + 1
1172 ISTAT = IFLG(IND)
1173 HP = HHP(I)
1174 YP = FYP(I)
1175 HM = HHM(I)
1176 YM = FYM(I)
1177 EK = EKII(I)
1178 C
1179 C... GET ULNT & CHECK
1180 C
1181 U = UE2(I)
1182 CALL YULNT(IEKN, IDMAT, EK, U, HP, YP, HM, YM)
1183 CCC CALL YULNT(IEKN, IDMAT, EK, UE2(I), HP, YP, HM, YM)
1184 WRITE(6, '(3X, 27H* SUB. XMAT2 TYPE-3 PASS 3 *)')
1185 WRITE(6, '(3X, 19H* SUB. XMAT2 ISTAT *, 15)') ISTAT
1186 C
1187 IF(ISTAT.NE.0) GO TO 4500
1188 C
1189 C... CHECK OF PLUS-LOADING SIDE OR MINUS-LOADING SIDE
1190 C

```

```

1191 CCC FC2 = EK*UE2(I)
1192 FC2 = EK*DUE1(I) + FE(I)
1193 WRITE(6, '(3X, 17H* SUB.XMAT2 FC2 *, E12.4)') FC2
1194 IF(FC2.LT.ZERO) GO TO 4300
1195 C
1196 C... PLUS-LOADING SIDE
1197 C
1198 FCT = HP*UE2(I) + (1.0-HP/EK)*YP
1199 FDEL = DABS(FC2-FCT)
1200 WRITE(6, '(3X, 17H* SUB.XMAT2 FCT *, E12.4)') FCT
1201 WRITE(6, '(3X, 18H* SUB.XMAT2 FDEL *, E12.4)') FDEL
1202 IF(FC2.GT.FCT) GO TO 4100
1203 IF(FDEL.LE.ZERO) GO TO 4100
1204 C
1205 C... ELAST STATE
1206 C
1207 4150 DUSTV(I,1) = DUE1(I)
1208 DUSTV(I,2) = 0
1209 DUSTV(I,3) = 0
1210 IFLG(IND) = 0
1211 DFE(I) = EK*DUE1(I)
1212 WRITE(6, '(3X, 27H* SUB.XMAT2 TYPE-3 PASS 4 *)')
1213 GO TO 5000
1214 C
1215 C... ELASTO-PLASTO-TRANSIENT STATE
1216 C
1217 4100 DFE(I) = FCT-FE(I)
1218 DURE(I) = DFE(I)/EK
1219 DUSTV(I,1) = DFE(I)/EK
1220 DUSTV(I,2) = DUE1(I)-DURE(I)
1221 DUSTV(I,3) = 0.0
1222 IFLG(IND) = 1
1223 WRITE(6, '(3X, 27H* SUB.XMAT2 TYPE-3 PASS 5 *)')
1224 GO TO 5000
1225 C
1226 C... MINUS-LOADING SIDE
1227 C
1228 4300 FCT = HM*UE2(I) + (1.0-HM/EK)*YM
1229 FDEL = DABS(FC2-FCT)
1230 WRITE(6, '(3X, 27H* SUB.XMAT2 TYPE-3 PASS 6 *)')
1231 IF(FC2.LT.FCT) GO TO 4100
1232 IF(FDEL.LE.ZERO) GO TO 4100
1233 GO TO 4150
1234 C
1235 C... PLASTIC LOADING STATE
1236 C
1237 4500 CALL YEPSP3(IEKN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP, DTEMP,
1238 * GEOM, CORD, UE1, FE, USTV, USTS, KDTY, DNATP, IFLG(I))
1239 CALL SRMLV(DMATP, DUE1, NCOMP, NCOMP, DFE)
1240 DF = FE(I)-DFE(I)
1241 DFF = DABS(DF)
1242 WRITE(6, '(3X, 27H* SUB.XMAT2 TYPE-3 PASS 7 *)')
1243 WRITE(6, '(3X, 21H* SUB.XMAT2 HP, DUE1 *, 2E12.4)') HP, DUE1(I)
1244 WRITE(6, '(3X, 29H* SUB.XMAT2 I, FE, DFE, DF, DFF *)')
1245 WRITE(6, '(3X, 15, 4E12.4)') I, FE(I), DFE(I), DF, DFF
1246 IF(DFF.LE.ZERO) GO TO 4700
1247 IF(DF.LE.ZERO) GO TO 4700
1248 C
1249 C... LOADING STATE
1250 C
1251 DURE(I) = DFE(I)/EK
1252 DUSTV(I,1) = DFE(I)/EK
1253 CCC DUSTV(I,2) = DUE1(I) - DURE(I)
1254 DUSTV(I,2) = DUE1(I) - DURE(I)
1255 DUSTV(I,3) = 0.0
1256 IFLG(IND) = 1
1257 WRITE(6, '(3X, 27H* SUB.XMAT2 TYPE-3 PASS 8 *)')
1258 GO TO 5000
1259 C
1260 C... UNLOADING STATE
1261 C
1262 4700 DFE(I) = EK*DUE1(I)
1263 DUSTV(I,1) = DUE1(I)
1264 DUSTV(I,2) = 0.0
1265 DUSTV(I,3) = 0.0
1266 IFLG(IND) = 0
1267 WRITE(6, '(3X, 27H* SUB.XMAT2 TYPE-3 PASS 9 *)')
1268 5000 CONTINUE
1269 GO TO 9900
1270 C
1271 C... RETURN
1272 C
1273 9900 CONTINUE
1274
1275 RETURN

```

```

1276 END
1277 SUBROUTINE XSNTRX XSNTRX 2
1278 (IEKN, KLARG, KYOPT, KEY, NCOMP, GDAT, MAT, XN, DISP, SIG, LSF, SF) TT31 27
1279 C XSNTRX 4
1280 C 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7----- TT31 28
1281 C PURPOSE XSNTRX 6
1282 C CALC. OF EQUIVALENT NODAL FORCE OF STRESS XSNTRX 7
1283 C (SF) = (B)T*(S)*[J]*WI*WJ*WK XSNTRX 8
1284 C WHERE ... (B) = (BLO+BLI) XSNTRX 9
1285 C XSNTRX10
1286 C INPUT XSNTRX11
1287 C IEKN - ELEMENT NUMBER XSNTRX12
1288 C KLARG - GEOMETRICAL NONLINEARTY SWITCH XSNTRX13
1289 C KYOPT - ELEMENT TYPE DATA B-CARD TT31 29
1290 C KEY - ELEMENT TYPE DATA C-CARD XSNTRX14
1291 C NCOMP - NUMBER OF STRESS COMPONENT XSNTRX15
1292 C GDAT - GEOMETRY DATA XSNTRX16
1293 C MAT - MATERIAL DATA XSNTRX17
1294 C XN - NODAL COORDINATES/ELEMENT XSNTRX18
1295 C DISP - NODAL DISPLACEMENT/ELEMENT XSNTRX19
1296 C SIG - ELEMENT STRESS XSNTRX20
1297 C XSNTRX21
1298 C OUTPUT XSNTRX22
1299 C LSF - LENGTH OF (SF) XSNTRX23
1300 C SF - EQUIVALENT NODAL FORCE XSNTRX24
1301 C 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7----- TT31 30
1302 C XSNTRX26
1303 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z) WDDGA 9
1304 C +DBLE+15
1305 C INTEGER MAT(1), KYOPT(1), KEY(1) TT31 31
1306 C REAL XN(1), GDAT(1)
1307 C REAL*8 TR(3,3), TRR(3,3)
1308 C DIMENSION SF(1), SIG(1), DISP(1)
1309 C
1310 C
1311 C... INITIALIZE
1312 C
1313 NNOD = KEY(2)
1314 NNODP = KEY(3)
1315 NNODP = NNOD*NNODP
1316 LSF = NNODP
1317 KQSW = KYOPT(6)
1318 C XSNTRX44
1319 IF(KQSW.EQ.0) THEN
1320 DO 10 I = 1, NCOMP
1321 SF(I) = -SIG(I)
1322 SF(NCOMP+I) = SIG(I)
1323 10 CONTINUE
1324 ELSE
1325 DO 20 I = 1, NCOMP
1326 SF(I) = 0.0
1327 SF(NCOMP+I) = 0.0
1328 20 CONTINUE
1329 END IF
1330 C
1331 CALL XTRSPG(IEKN, GDAT, XN, TR, BLNG)
1332 CALL LOTGCL(4, 3, 3, TR, SF)
1333 C XSNTRX96
1334 C RETURN XSNTRX97
1335 C END XSNTRX98
1336 C SUBROUTINE XTRC(TR, SSC)
1337 C
1338 REAL*8 TR(3,3), SSC(6,6), TTT(3,3), TTT2(3,3)
1339 INTEGER I, J
1340 C
1341 DO I=1,3
1342 DO J=1,3
1343 TTT(J,I) =
1344 $ TR(I,1)*SSC(J,1)+TR(I,2)*SSC(J,2)+TR(I,3)*SSC(J,3)
1345 TTT2(J,I) =
1346 $ TR(I,1)*SSC(J+3,4)+TR(I,2)*SSC(J+3,5)+
1347 $ TR(I,3)*SSC(J+3,6)
1348 ENDDO
1349 ENDDO
1350 C
1351 DO I=1,3
1352 DO J=1,3
1353 SSC(J,I) =
1354 $ TTT(1,I)*TR(J,1)+TTT(2,I)*TR(J,2)+TTT(3,I)*TR(J,3)
1355 SSC(J+3,I+3) =
1356 $ TTT2(1,I)*TR(J,1)+TTT2(2,I)*TR(J,2)
1357 $ +TTT2(3,I)*TR(J,3)
1358 ENDDO
1359 ENDDO
1360 C

```

15

```

1361 RETURN
1362 END
1363 SUBROUTINE XTRSPG(IEYN, GDAT, XN, TR, BLNG)
1364 C
1365 C PURPOSE
1366 C CALC. TRANSFORMATION MATRIX FOR NONLINEAR SPRING
1367 C ( GLOBAL COORD. TO LOCAL )
1368 C
1369 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z) MU06A 9
1370 REAL XN(3, 1) TRNBE216
1371 DIMENSION TR(3, 1), TR2(3, 3)
1372 REAL GDAT(*)
1373 C
1374 COS(XXXXXX) = DCOS(XXXXXX) +COS+ 3
1375 SIN(XXXXXX) = DSIN(XXXXXX) +SIN+ 3
1376 SQRT(XXXXXX) = DSQRT(XXXXXX) +SQRT+ 3
1377 C
1378 IF (GDAT(1), EQ. 0. 0) THEN
1379 TR(1, 1) = GDAT(2)
1380 TR(1, 2) = GDAT(3)
1381 TR(1, 3) = GDAT(4)
1382 TR(2, 1) = XN(1, 3) - XN(1, 1)
1383 TR(2, 2) = XN(2, 3) - XN(2, 1)
1384 TR(2, 3) = XN(3, 3) - XN(3, 1)
1385 ELSE
1386 TR(1, 1) = XN(1, 2) - XN(1, 1)
1387 TR(2, 1) = XN(1, 3) - XN(1, 1)
1388 TR(1, 2) = XN(2, 2) - XN(2, 1)
1389 TR(2, 2) = XN(2, 3) - XN(2, 1)
1390 TR(1, 3) = XN(3, 2) - XN(3, 1)
1391 TR(2, 3) = XN(3, 3) - XN(3, 1)
1392 END IF
1393 C
1394 BLNG = TR(1, 1)**2 + TR(1, 2)**2 + TR(1, 3)**2
1395 C
1396 IF ( BLNG. EQ. 0. 0 ) GO TO 901
1397 C
1398 TR(3, 1) = TR(1, 2)*TR(2, 3) - TR(1, 3)*TR(2, 2)
1399 TR(3, 2) = TR(1, 3)*TR(2, 1) - TR(1, 1)*TR(2, 3)
1400 TR(3, 3) = TR(1, 1)*TR(2, 2) - TR(1, 2)*TR(2, 1)
1401 BZ = TR(3, 1)**2 + TR(3, 2)**2 + TR(3, 3)**2
1402 IF ( BZ. EQ. 0. 0 ) GO TO 903
1403 TR(2, 1) = TR(3, 2)*TR(1, 3) - TR(3, 3)*TR(1, 2)
1404 TR(2, 2) = TR(3, 3)*TR(1, 1) - TR(3, 1)*TR(1, 3)
1405 TR(2, 3) = TR(3, 1)*TR(1, 2) - TR(3, 2)*TR(1, 1)
1406 BY = TR(2, 1)**2 + TR(2, 2)**2 + TR(2, 3)**2
1407 IF ( BY. EQ. 0. 0 ) GO TO 902
1408 BLNG = SQRT( BLNG )
1409 BX = 1. 0/ BLNG
1410 BY = 1. 0/SQRT( BY )
1411 BZ = 1. 0/SQRT( BZ )
1412 TR(1, 1) = TR(1, 1) * BX
1413 TR(1, 2) = TR(1, 2) * BX
1414 TR(1, 3) = TR(1, 3) * BX
1415 TR(2, 1) = TR(2, 1) * BY
1416 TR(2, 2) = TR(2, 2) * BY
1417 TR(2, 3) = TR(2, 3) * BY
1418 TR(3, 1) = TR(3, 1) * BZ
1419 TR(3, 2) = TR(3, 2) * BZ
1420 TR(3, 3) = TR(3, 3) * BZ
1421
1422 GO TO 900
1423 C
1424 901 CONTINUE MU49Z 8
1425 902 CONTINUE MU49Z 9
1426 903 CALL MESSAGE(-8005, IEYN, 0 ) MU49Z 10
1427 900 RETURN TT36 94
1428 END TRNBE262
1429 SUBROUTINE YEPSPI(IEYN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME,
1430 * DTIME, TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UB, FE,
1431 * USTV, USTS, KSTYP, KDTYP, DMAT, IFLG)
1432 C
1433 C PURPOSE
1434 C TO CALCULATE THE ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
1435 C FOR ELASTO-PLASTO SPRING ELEMENT TYPE-1
1436 C
1437 C INPUT PARAMETERS
1438 C IEYN - ELEMENT NUMBER
1439 C IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
1440 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
1441 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
1442 C ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
1443 C TIME - THE CURRENT TIME
1444 C DTIME - TIME INCREMENT
1445 C TEMP - TEMPERATURE OF IP

```

```

1446 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
1447 C GEOM - GEOMETRICAL DATAS
1448 C CORD - COORDINATES DATAS
1449 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
1450 C FE - FORCE VECTOR OF IP
1451 C USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
1452 C USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
1453 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
1454 C KDTYP - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
1455 C
1456 C OUTPUT PARAMETERS
1457 C DMAT - FORCE - DISPLACEMENT MATRIX
1458 C IFLG - FLAGS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
1459 C
1460 C
1461 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
1462 DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE(1), FE(1),
1463 * USTV(6, 1), USTS(1), DMAT(NCOMP, NCOMP), AA(6)
1464 DIMENSION DKS(21), DKPS(21), DYPDF(6), RRI(21), RR2(21), RR3(6)
1465 DATA ZERO/ 1. 0D-6/
1466 C
1467 C... [KE]
1468 C
1469 CALL YEPSPO(IEYN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME,
1470 * DTIME, TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UE, FE,
1471 * USTV, USTS, KDTYP, DMAT)
1472 C
1473 IF (IFLG, EQ. 0) GO TO 9900
1474 DO 5 I = 1, NCOMP
1475 AA(I) = 0. 0
1476 5 CONTINUE
1477 C
1478 C... [KP]
1479 C
1480 IJ = 0
1481 DO 10 I = 1, NCOMP
1482 DO 20 J = I, NCOMP
1483 IJ = IJ + 1
1484 DKS(IJ) = DMAT(I, J)
1485 20 CONTINUE
1486 10 CONTINUE
1487 C
1488 C... FLOW VECTOR
1489 C
1490 UB = USTS(2)
1491 IF (KSTYP. EQ. 3) THEN
1492 DO 30 I = 1, NCOMP
1493 AA(I) = USTV(I, 3)
1494 30 CONTINUE
1495 END IF
1496 CALL YPDF(IEYN, IDMAT, FE, UE, AA, DYPDF)
1497 C
1498 C... C DEFINE
1499 C
1500 FBB = 0. 0
1501 DO 100 I = 1, NCOMP
1502 FBB = FBB + DYPDF(I) * (FE(I) - AA(I))
1503 100 CONTINUE
1504 IF (DABS(FBB). LE. ZERO) CALL YERROR(14)
1505 CALL YEQFB(IEYN, IDMAT, KSTYP, FE, AA, NCOMP, FB)
1506 C = FB/FBB
1507 C
1508 C... h, HD, HDC DEFINE
1509 C
1510 CALL YHDSH(IEYN, IDMAT, KSTYP, FB, UB, TEMP, DTEMP, H, HD, HDC)
1511 C
1512 IJ = 0
1513 DO 200 I = 1, NCOMP
1514 DO 200 J = I, NCOMP
1515 IJ = IJ + 1
1516 RRI(IJ) = DYPDF(I) * DYPDF(J)
1517 200 CONTINUE
1518 C
1519 C... [KE] [DF/DE] [DF/DE] T[KE]T
1520 C
1521 CALL SSCNGS(DKS, RRI, NCOMP, RR2)
1522 C
1523 C... [DF/DE] T[KE] [DF/DE]
1524 C
1525 CALL SSMV(DKS, DYPDF, NCOMP, RR3)
1526 RR4 = 0. 0
1527 DO 300 I = 1, NCOMP
1528 RR4 = RR4 + DYPDF(I) * RR3(I)
1529 300 CONTINUE
1530 C

```



```

1531 C... COMPOSE PLASTICITY MODULUS [KP]
1532 C
1533   HDD = (H*HD+HDC)/C
1534   RRS = -1.0/(HDD+RR4)
1535   NN = (NCOMP*(NCOMP+1))/2
1536   DO 400 I = 1, NN
1537     DKPS(I) = RRS+RR2(I)
1538 400 CONTINUE
1539   DO 450 I = 1, NN
1540     DKPS(I) = DKPS(I) + DKS(I)
1541 450 CONTINUE
1542 C
1543   IJ = 0
1544   DO 480 I = 1, NCOMP
1545     DO 490 J = I, NCOMP
1546       IJ = IJ + 1
1547       DMAT(I, J) = DKPS(IJ)
1548       DMAT(J, I) = DKPS(IJ)
1549 490 CONTINUE
1550 480 CONTINUE
1551 C
1552 C... RETURN
1553 C
1554 9900 RETURN
1555 END
1556 C-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
1557 SUBROUTINE YEPSP3 (IEXN, IECD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME,
1558 * TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UE, FE, USTV, USTS, KDTYP, DMAT, IFLG)
1559 * IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
1560 DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE(1), FE(1), USTV(6, 1), USTS(1),
1561 * DMAT(NCOMP, NCOMP), IFLG(1)
1562 CCC DIMENSION EKII(6), HDASH(1), EKP(21), DKS(21)
1563 DIMENSION EKII(6), HDASH(6), EKP(21), DKS(21)
1564 CHECK
1565   WRITE(6, '(3X, 20H* SUB.YEPSP3 START *)')
1566 C
1567 C   EVALUATE[K**e]
1568 C
1569 CALL YEPSPO(IEXN, IECD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP, DTEMP,
1570 *GEOM, CORD, UE, FE, USTV, USTS, KDTYP, DMAT)
1571 CHECK
1572   WRITE(6, '(3X, 19H* SUB.YEPSP3 NO 1 *)')
1573 C
1574 C   CHECK OF PLASTICITY
1575 C
1576   DO 10 I=1, NCOMP
1577     J=I+1
1578     IF (IFLG(J), NE. 0) GO TO 1000
1579 10 CONTINUE
1580   GO TO 9900
1581 1000 CONTINUE
1582 C
1583 C   EVALUATE[K**ep]
1584 C
1585 C   SET EKII(I)
1586   DO 1010 I=1, NCOMP
1587     EKII(I) = DMAT(I, I)
1588 1010 CONTINUE
1589 C   GET EACH HDASH(I)
1590   DO 1050 I=1, NCOMP
1591     J=I+1
1592 CHECK
1593   WRITE(6, '(3X, 19H* SUB.YEPSP3 NO 2 *)')
1594   CALL YGTHD(IEXN, IDMAT, I, IFLG(J), UE(I), FE(I), USTV, EKII(I), HDASH(I))
1595 CHECK
1596   WRITE(6, '(3X, 19H* SUB.YEPSP3 NO 3 *)')
1597 1050 CONTINUE
1598 C   SYMMETRIC MATRIX
1599   IJ=0
1600   DO 1100 I=1, NCOMP
1601     DO 1100 J=I, NCOMP
1602       IJ=IJ+1
1603       DKS(IJ) = DMAT(I, J)
1604       EKP(IJ) = 0.0
1605 1100 CONTINUE
1606 1100 CONTINUE
1607 C   EVALUATE [K**p]
1608   J=1
1609 CHECK
1610   WRITE(6, '(3X, 31H* SUB.YEPSP3 EKII(1), HDASH(1) *)')
1611   WRITE(6, '(3X, 2E12. 4)') EKII(1), HDASH(1)
1612   EKP(1) = (EKII(1)*EKII(1))/(HDASH(1)+EKII(1))
1613   DO 1150 I=2, NCOMP
1614     J=J+NCOMP-I+2
1615 CHECK

```

```

1616   WRITE(6, '(3X, 29H* SUB.YEPSP3 I, J, EKII, HDASH *)')
1617   WRITE(6, '(3X, 215, 2E12. 4)') I, J, EKII(1), HDASH(1)
1618   EKP(J) = (EKII(I)*EKII(I))/(HDASH(1)+EKII(I))
1619 1150 CONTINUE
1620 C [K**ep]
1621   IJ=0
1622   DO 1200 I=1, NCOMP
1623     DO 1210 J=I, NCOMP
1624       IJ=IJ+1
1625       DKS(IJ) = DKS(IJ) - EKP(IJ)
1626       DMAT(I, J) = DKS(IJ)
1627       DMAT(J, I) = DKS(IJ)
1628 1210 CONTINUE
1629 1200 CONTINUE
1630 9900 CONTINUE
1631 C
1632 C   RETURN
1633 C
1634 CHECK
1635   WRITE(6, '(3X, 19H* SUB.YEPSP3 DMAT *, 6E12. 4)')
1636 * ((DMAT(I, J), J=1, 6), I=1, 6)
1637   WRITE(6, '(3X, 18H* SUB.YEPSP3 END *)')
1638   RETURN
1639   END
1640 SUBROUTINE YFUCRP (IEXN, IECD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME,
1641 * DTIME, TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UE, FE,
1642 * USTV, USTS, DFC)
1643 C
1644 C   PURPOSE
1645 C   TO CALCULATE THE PSUEDO FORCE VECTOR DEPENDENT ON CREEP BEHAVIOR
1646 C
1647 C   INPUT PARAMETERS
1648 C   IEXN - ELEMENT NUMBER
1649 C   IECD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
1650 C   NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
1651 C   IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
1652 C   ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
1653 C   TIME - THE CURRENT TIME
1654 C   DTIME - TIME INCREMENT
1655 C   TEMP - TEMPERATURE OF IP
1656 C   DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
1657 C   GEOM - GEOMETRICAL DATAS
1658 C   CORD - COORDINATES DATAS
1659 C   UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
1660 C   FE - FORCE VECTOR OF IP
1661 C   USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
1662 C   USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
1663 C
1664 C   OUTPUT PARAMETERS
1665 C   DFC - PSUEDO FORCE VECTOR DEPENDENT ON CREEP BEHAVIOR
1666 C
1667   IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
1668   DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE(1), FE(1),
1669 * USTV(6, 1), USTS(1), DFC(1)
1670   DIMENSION UC(6), DUC(6), DFCDF(6), DE(6, 6), DEE(21)
1671   EQUIVALENCE (USTV(1, 3), UC(1)), (USTS(3), UC6)
1672 C
1673   DO 10 I = 1, NCOMP
1674     UC(I) = USTV(I, 4)
1675 10 CONTINUE
1676   UC6 = USTS(3)
1677 C
1678 C... FLOW VECTOR BASED ON CREEP POTENTIAL
1679 C
1680 CALL YFCDF(IEXN, IDMAT, FE, UC, DFCDF)
1681 CALL YUCB(IEXN, IDMAT, FE, UC, UC6, TIME, DTIME, TEMP, DTEMP, UC6)
1682 DO 100 I= 1, NCOMP
1683   DUC(I) = -DUC6*DFCDF(I)
1684 100 CONTINUE
1685 C
1686 C... [KE]
1687 C
1688   DO 120 I = 1, 6
1689     DO 130 J = 1, 6
1690       DE(I, J) = 0.0
1691 130 CONTINUE
1692 120 CONTINUE
1693 CALL YEPSPO(IEXN, IECD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME,
1694 * DTIME, TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UE, FE,
1695 * USTV, USTS, KDTYP, DE)
1696 C
1697 C... PSUEDO FORCE INCREMENT DEPENDENT CREEP DISPLACEMENT
1698 C
1699   IJ = 0
1700   DO I=1, 6

```

```

1701      DO J=1,6
1702         IJ = IJ + 1
1703         DEE(IJ) = DE(I, J)
1704      ENDDO
1705      ENDDO
1706      CALL SSMLV(DEE, DUC, NCOMP, DFG)
1707 C
1708 C... RETURN
1709 C
1710      RETURN
1711      END
1712      SUBROUTINE VHOKAN(XVK, XUE, UE, VK, NUM)
1713
1714      REAL*8 VK, UE, XVK(*), XUE(*)
1715      INTEGER I
1716
1717      IF (UE.LE.XUE(1)) THEN
1718         VK = XVK(1)
1719      ELSE IF (UE.GE.XUE(NUM)) THEN
1720         VK = XVK(NUM)
1721      ELSE
1722         DO I=2, NUM
1723            IF (UE.LE.XUE(I)) THEN
1724               VK = (XVK(I)-XVK(I-1))/(XUE(I)-XUE(I-1))
1725            * (UE - XUE(I-1)) + XVK(I-1)
1726            *
1727            GOTO 9900
1728         ENDDO
1729      ENDDO
1730
1731 C      WRITE(6,*) 'ERROR VK'
1732
1733 9900 RETURN
1734      END
1735      SUBROUTINE YULMT(IEYN, IDMAT, EK, U, HP, YP, HM, YM)
1736 C
1737 C      PURPOSE
1738 C      TO CHECK THE TANGENT STIFFNESS AND THE DISPLACEMENT LIMIT
1739 C
1740 C      INPUT PARAMETERS
1741 C      IEYN : ELEMENT NUMBER
1742 C      IDMAT : IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
1743 C      EK : ELASTIC COEFFICIENT
1744 C      U : DISPLACEMENT
1745 C      HP : TANGENT STIFFNESS OF PLUS REGION
1746 C      YP : YIELD FORCE OF PLUS REGION
1747 C      HM : TANGENT STIFFNESS OF MINUS REGION
1748 C      YM : YIELD FORCE OF MINUS REGION
1749 C
1750      IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
1751      DATA ZERO/1.0D-6/
1752 C
1753      * WRITE(6, '(3X, 28H* SUB. YULMT EK, U, HP, YP, HM, YM, 6E12. 4)')
1754      * EK, U, HP, YP, HM, YM
1755 C
1756 C      CALCULATE DISPLACEMENT LIMIT
1757 C
1758      A = EK*(HP-HM)
1759      IF(DABS(A).LE.ZERO) CALL YERROR(15)
1760 C
1761      B = (YP-YM)*EK-HM*YM+HP*YP
1762      B = (YM-YP)*EK-HM*YM+HP*YP
1763      ULMT = B/A
1764 C
1765 C      CHECK THE DISP-FORCE RELATION
1766 C
1767      HDEL = DABS(HP-HM)
1768      * WRITE(6, '(3X, 25H* SUB. YULMT A, B, ULMT, HDEL, 4E12. 4)')
1769      * A, B, ULMT, HDEL
1770      IF(HDEL.LE.ZERO) CALL YERROR(15)
1771      IF(HP.GT.HM.AND.U.LT.ULMT) CALL YERROR(16)
1772      IF(HP.LT.HM.AND.U.GT.ULMT) CALL YERROR(17)
1773 C
1774 C      RETURN
1775 C
1776      * WRITE(6, '(3X, 15H* SUB. YULMT END)')
1777      RETURN
1778      END

```

```

1 * 4-1
2 * 非線形弾性/木
3 *
4 SUBROUTINE YEQFB(IEYN, IDMAT, KSTYP, FE, AA, NCOMP, FEB)
5 C
6 C PURPOSE
7 C TO CALCULATE THE EQUIVALENT FORCE BY USER
8 C
9 C INPUT PARAMETERS
10 C IEYN - ELEMENT NUMBER
11 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
12 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
13 C FE - FORCE VECTOR OF IP
14 C AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
15 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
16 C
17 C OUTPUT PARAMETERS
18 C FEB - EQUIVALENT FORCE VECTOR
19 C
20 C
21 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
22 C DIMENSION FE(1), AA(1)
23 C
24 C FEB = DABS(FE(1)-AA(1))
25 C
26 C RETURN
27 C END
28 C SUBROUTINE YNESP(IEYN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME,
29 C * DTIME, TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UE, FE,
30 C * USTV, USTS, KSTYP, KDTY, DMAT, FQ, IFLG)
31 C
32 C PURPOSE
33 C TO CALCULATE THE NON ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
34 C
35 C INPUT PARAMETERS
36 C IEYN - ELEMENT NUMBER
37 C IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
38 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
39 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
40 C ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
41 C TIME - THE CURRENT TIME
42 C DTIME - TIME INCREMENT
43 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
44 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
45 C GEOM - GEOMETRICAL DATAS
46 C CORD - COORDINATES DATAS
47 C DISP - NODAL DISPLACEMENT VECTOR
48 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
49 C FE - FORCE VECTOR OF IP
50 C USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
51 C USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
52 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
53 C KDTY - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
54 C
55 C OUTPUT PARAMETERS
56 C DMAT - CE - DISPLACEMENT MATRIX
57 C FQ - TRUE FORCE
58 C IFLG - FLAGS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
59 C
60 C
61 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
62 C DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE(1), FE(1), DMAT(NCOMP, NCOMP)
63 C DIMENSION USTV(6, 1), USTS(1)
64 C DIMENSION FQ(1)
65 C
66 C DIMENSION XVK(5), XUE(5)
67 C DATA XVK / 2.0, 1.0, 0.5, 0.25, 0.167/
68 C DATA XUE / 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0/
69 C
70 C NUM = 5
71 C
72 C CALL YHOKAN(XVK, XUE, UE(1), VK, NUM)
73 C
74 C... USER DEFINITION OF D(I, J) MATRIX
75 C
76 C
77 C DO 10 I = 1, NCOMP
78 C DO 20 J = 1, NCOMP
79 C IF(I.EQ.J) THEN
80 C DMAT(I, J) = VK
81 C ELSE
82 C DMAT(I, J) = 0.0
83 C END IF
84 C 20 CONTINUE
85 C 10 CONTINUE

```

```

86 CALL SRMLV(DMAT, UE, NCOMP, NCOMP, FQ)
87
88 RETURN
89 END

```

```

1 * 4-2
2 * 線形弾性パネ+弾クリーブパネの静的挙動
3 *
4 * SUBROUTINE YEYPSO(IEYN,IECOD,NCOMP,IDMAT,ISTEP,TIME,DTIME,TEMP,
5 * DTEMP,GEOM,CORD,UE1,FE,USTV,USTS,KDTY,DMAT)
6 C
7 IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
8 DIMENSION GEOM(1),CORD(1),UE1(1),FE(1),USTV(6,1),USTS(1),DMAT(6,6)
9 C
10 DO 10 I = 1, NCOMP
11 DO 20 J = 1, NCOMP
12 IF(I.EQ.J) THEN
13 DMAT(I,J) = 16.0
14 ELSE
15 DMAT(I,J) = 0.0
16 END IF
17 20 CONTINUE
18 10 CONTINUE
19 C
20 WRITE(6,'(3X,21H== SUB.YEYPSO:DMAT ==)')
21 WRITE(6,'(3X,6F10.1)') ((DMAT(I,J),J=1,6),I=1,6)
22 C
23 RETURN
24 END
25 SUBROUTINE YEQFB(IEYN,IDMAT,KSTYP,FE,AA,NCOMP,FEB)
26 C
27 C PURPOSE
28 C TO CALCULATE THE EQUIVALENT FORCE BY USER
29 C
30 C INPUT PARAMETERS
31 C IEYN - ELEMENT NUMBER
32 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
33 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
34 C FE - FORCE VECTOR OF IP
35 C AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
36 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
37 C
38 C OUTPUT PARAMETERS
39 C FEB - EQUIVALENT FORCE VECTOR
40 C
41 C
42 IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
43 DIMENSION FE(1),AA(1)
44 C
45 FEB = DABS(FE(1)-AA(1))
46 C
47 RETURN
48 END
49 SUBROUTINE YPCDF(IEYN,IDMAT,FE,UE,DFCDF)
50 C
51 C PURPOSE
52 C TO SET THE FLOW VECTOR OF CREEP DISPLACEMENT POTENTIAL BY USER
53 C
54 C INPUT PARAMETERS
55 C IEYN - ELEMENT NUMBER
56 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
57 C FE - FORCE VECTOR OF IP
58 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
59 C
60 C OUTPUT PARAMETERS
61 C DFCDF - FLOW VECTOR OF CREEP DISPLACEMENT POTENTIAL
62 C
63 IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
64 DIMENSION FE(1),UE(1),DFCDF(6)
65 C
66 DFCDF(1) = 1.0
67 DFCDF(2) = 0.0
68 DFCDF(3) = 0.0
69 DFCDF(4) = 0.0
70 DFCDF(5) = 0.0
71 DFCDF(6) = 0.0
72 C
73 RETURN
74 END
75 SUBROUTINE YNESP(IEYN,IECOD,NCOMP,IDMAT,ISTEP,TIME,
76 * DTIME,TEMP,DTEMP,GEOM,CORD,UE,FE,
77 * USTV,USTS,KSTYP,KDTY,DMAT,FQ,IFLG)
78 C
79 C PURPOSE
80 C TO CALCULATE THE NON ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
81 C
82 C INPUT PARAMETERS
83 C IEYN - ELEMENT NUMBER
84 C IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
85 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT

```

```

86 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
87 C ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
88 C TIME - THE CURRENT TIME
89 C DTIME - TIME INCREMENT
90 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
91 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
92 C GEOM - GEOMETRICAL DATAS
93 C CORD - COORDINATES DATAS
94 C DISP - NODAL DISPLACEMENT VECTOR
95 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
96 C FE - FORCE VECTOR OF IP
97 C USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
98 C USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
99 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
100 C KDTY - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
101 C
102 C OUTPUT PARAMETERS
103 C DMAT - CE - DISPLACEMENT MATRIX
104 C FQ - TRUE FORCE
105 C IFLG - FLAGS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
106 C
107 C
108 IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
109 DIMENSION GEOM(1),CORD(1),UE(1),FE(1),DMAT(NCOMP,NCOMP)
110 DIMENSION USTV(6,1),USTS(1)
111 DIMENSION FQ(1)
112 C
113 C... CALCULATION OF 4-2 E-C SPRING'S STIFFNESS
114 C
115 C
116 C... USER DEFINITION OF D(I,J) MATRIX
117 C
118 DO 10 I = 1, NCOMP
119 DO 20 J = 1, NCOMP
120 IF(I.EQ.J) THEN
121 DMAT(I,J) = 16.0
122 ELSE
123 DMAT(I,J) = 0.0
124 END IF
125 20 CONTINUE
126 10 CONTINUE
127 CALL SRMLY(DMAT,UE,NCOMP,NCOMP,FQ)
128 CHECK
129 WRITE(6,'(3X,17H* SUB.YEYPSO:VK *,E12.4)') VK
130 CHECK
131 RETURN
132 END
133 SUBROUTINE YUCB(IEYN,IDMAT,FE,USTV,UCB,TIME,
134 $ DTIME,TEMP,DTEMP,DUCEB)
135 C
136 C IEYN - ELEMENT NUMBER
137 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
138 C
139 IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
140 DIMENSION FE(1),USTV(6,1)
141 C
142 FEB = DABS(FE(1))
143 BETA = (8.0E-11)*FEB**3.61
144 DDTIM = (TIME + DTIME)**1.06 - TIME**1.06
145 DUCEB = BETA+DDTIM
146 CHECK
147 WRITE(6,'(3X,19H== SUB.YUCB:DUCEB ==)')
148 WRITE(6,'(3X,E12.4)') DUCEB
149 CHECK
150 RETURN
151 END

```

```

1 * 4-3, 4, 5, 6
2 * 弾塑性パネ
3 * 注：複合硬化の場合、sub. YHDSHのHD, HDCの変更。
4 *
5 SUBROUTINE YEYSP0(IEYN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP,
6 * DTEMP, GEOM, CORD, UE1, FE, USTV, USTS, KDTY, DMAT)
7 C
8 C PURPOSE
9 C TO CALCULATE THE ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
10 C
11 C INPUT PARAMETERS
12 C IEYN - ELEMENT NUMBER
13 C IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
14 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
15 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
16 C ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
17 C TIME - THE CURRENT TIME
18 C DTIME - TIME INCREMENT
19 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
20 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
21 C GEOM - GEOMETRICAL DATAS
22 C CORD - COORDINATES DATAS
23 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
24 C FE - FORCE VECTOR OF IP
25 C USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
26 C USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
27 C KDTY - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
28 C
29 C OUTPUT PARAMETERS
30 C DMAT - FORCE - DISPLACEMENT MATRIX
31 C
32 C
33 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
34 DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE1(1), FE(1), USTV(6, 1), USTS(1), DMAT(6, 6)
35 C
36 DO 10 I = 1, NCOMP
37 DO 20 J = 1, NCOMP
38 IF(1.EQ.J) THEN
39 DMAT(I, J) = 20000.0
40 ELSE
41 DMAT(I, J) = 0.0
42 END IF
43 20 CONTINUE
44 10 CONTINUE
45 C
46 RETURN
47 END
48 SUBROUTINE YEYQB(IEYN, IDMAT, KSTYP, FE, AA, NCOMP, FEB)
49 C
50 C PURPOSE
51 C TO CALCULATE THE EQUIVALENT FORCE BY USER
52 C
53 C INPUT PARAMETERS
54 C IEYN - ELEMENT NUMBER
55 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
56 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
57 C FE - FORCE VECTOR OF IP
58 C AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
59 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
60 C
61 C OUTPUT PARAMETERS
62 C FEB - EQUIVALENT FORCE VECTOR
63 C
64 C
65 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
66 DIMENSION FE(1), AA(1)
67 C
68 FEB = DABS(FE(1)-AA(1))
69 C
70 RETURN
71 END
72 SUBROUTINE YEYQB(IEYN, IDMAT, KSTYP, UP, NCOMP, UPB)
73 C
74 C PURPOSE
75 C TO CALCULATE THE EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT BY USER
76 C
77 C INPUT PARAMETERS
78 C IEYN - ELEMENT NUMBER
79 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
80 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
81 C UP - DISPLACEMENT VECTOR DEPENDED ON PLASTICITY
82 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
83 C
84 C OUTPUT PARAMETERS
85 C UPB - EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT

```

```

86 C
87 C
88 C ... CALCULATION OF EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
89 C
90 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
91 DIMENSION UP(1)
92 C
93 UPB = DABS(UP(1))
94 C
95 RETURN
96 END
97 SUBROUTINE YDFD(IEYN, IDMAT, FE, UE, AA, DYDFD)
98 C
99 C PURPOSE
100 C TO SET THE FLOW VECTOR OF PLASTIC DISPLACEMENT POTENTIAL BY USER
101 C
102 C INPUT PARAMETERS
103 C IEYN - ELEMENT NUMBER
104 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
105 C FE - FORCE VECTOR OF IP
106 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
107 C AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
108 C
109 C OUTPUT PARAMETERS
110 C DYDFD - FLOW VECTOR OF PLASTIC DISPLACEMENT POTENTIAL
111 C
112 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
113 DIMENSION UE(1), FE(1), DYDFD(1), AA(1)
114 C
115 FF = FE(1) - AA(1)
116 IF(FF.GE.0.0) THEN
117 DYDFD(1) = 1.0
118 DYDFD(2) = 0.0
119 DYDFD(3) = 0.0
120 DYDFD(4) = 0.0
121 DYDFD(5) = 0.0
122 DYDFD(6) = 0.0
123 ELSE
124 DYDFD(1) = -1.0
125 DYDFD(2) = 0.0
126 DYDFD(3) = 0.0
127 DYDFD(4) = 0.0
128 DYDFD(5) = 0.0
129 DYDFD(6) = 0.0
130 END IF
131 C
132 RETURN
133 END
134 SUBROUTINE YGTHD(IEYN, IDMAT, IC, ISTAT, U, F, USTV, EK, HD)
135 C
136 C PURPOSE
137 C TO EVALUATE PLASTIC-HARDENING COEFFICIENT OF EACH COMPONENT
138 C
139 C OUTPUT PARAMETER
140 C HD : PLASTIC-HARDENING COEFFICIENT
141 C
142 C INPUT PARAMETER
143 C IEYN : ELEMENT NUMBER
144 C IDMAT : IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
145 C IC : COMPONENT NUMBER
146 C ISTAT : STATUS OF THE IC-TH COMPONENT
147 C U : TOTAL DISPLACEMENT OF THE IC-TH COMPONENT
148 C F : TOTAL FORCE OF THE IC-TH COMPONENT
149 C USTV : INTERNAL VARIABLES
150 C EK : ELASTIC STIFFNESS COEFFICIENT
151 C
152 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
153 CCC DIMENSION USTV(6, 1), H
154 DIMENSION USTV(6, 1)
155 CCC DIMENSION HHP(6), FYP(6), HHM(6), FYP(6)
156 DIMENSION HHP(6), FYP(6), HHM(6), FYM(6)
157 DATA ZEROT/0.0/
158 C
159 C GET HP, YP, HM, YM
160 C
161 CALL YGTHY(IEYN, IDMAT, HHP, FYP, HHM, FYM)
162 HP=HHP(IC)
163 YP=FYP(IC)
164 HM=HHM(IC)
165 YM=FYM(IC)
166 C
167 C GET ULNT & CHECK
168 C
169 CALL YULNT(IEYN, IDMAT, EK, U, HP, YP, HM, YM, ULNT)
170 C

```

```

171 C EVALUATE HD
172 C
173 HD=0.0
174 IF (ISTAT.EQ.0) GO TO 9900
175 C CHECK OF PLUS-LOADING SIDE OR MINUS-LOADING SIDE
176 FP = HP*U + YP
177 FM = HM*U + YM
178 DEFP = DABS(FP-F)
179 DEFM = DABS(FM-F)
180 IF (DEFM.LT.DEFP) GO TO 200
181 HD=EK*HP/(EK-HP)
182 GO TO 9900
183 200 CONTINUE
184 C
185 HD=EK*HM/(EK-HM)
186 C
187 C RETURN
188 C
189 9900 CONTINUE
190 RETURN
191 END
192 SUBROUTINE YGTHY (IEXN, IDMAT, HHP, FYP, HHM, FYM)
193 C
194 C PURPOSE
195 C TO DEFINE INPUT DATAS HHP(I), FYP(I), HHM(I), FTYP(I) BY USER
196 C
197 C OUTPUT PARAMETERS
198 C IEXN : ELEMENT NUMBER
199 C IDMAT : IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
200 C HHP : TANGENT STIFFNESS OF PLUS REGION
201 C FYP : YIELD FORCE OF PLUS REGION
202 C HHM : TANGENT STIFFNESS OF MINUS REGION
203 C FYM : YIELD FORCE OF MINUS REGION
204 C
205 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
206 DIMENSION HHP(6), FYP(6), HHM(6), FYM(6)
207 C
208 HHP(1) = 500.0
209 HHP(2) = 500.0
210 HHP(3) = 500.0
211 HHP(4) = 500.0
212 HHP(5) = 500.0
213 HHP(6) = 500.0
214 FYP(1) = 12.0
215 FYP(2) = 12.0
216 FYP(3) = 12.0
217 FYP(4) = 12.0
218 FYP(5) = 12.0
219 FYP(6) = 12.0
220 C
221 HHM(1) = 50.0
222 HHM(2) = 50.0
223 HHM(3) = 50.0
224 HHM(4) = 50.0
225 HHM(5) = 50.0
226 HHM(6) = 50.0
227 FYM(1) = -5.0
228 FYM(2) = -5.0
229 FYM(3) = -5.0
230 FYM(4) = -5.0
231 FYM(5) = -5.0
232 FYM(6) = -5.0
233 C
234 WRITE(6, '(3X, 15H* SUB. YGTHY: HHP, 6E12.4)') (HHP(I), I=1, 6)
235 WRITE(6, '(3X, 15H* SUB. YGTHY: FYP, 6E12.4)') (FYP(I), I=1, 6)
236 WRITE(6, '(3X, 15H* SUB. YGTHY: HHM, 6E12.4)') (HHM(I), I=1, 6)
237 WRITE(6, '(3X, 15H* SUB. YGTHY: FYM, 6E12.4)') (FYM(I), I=1, 6)
238 C
239 RETURN
240 END
241 SUBROUTINE YHDSH (IEXN, IDMAT, KSTYP, FB, UPB, TEMP, DTEMP, H, HD, HDC)
242 C
243 C PURPOSE
244 C TO SET THE PLASTICITY PARAMETER (H, HD, HDC) BY USER
245 C
246 C INPUT PARAMETERS
247 C IEXN - ELEMENT NUMBER
248 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
249 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
250 C FB - EQUIVALENT FORCE
251 C UPB - EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
252 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
253 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
254 C
255 C OUTPUT PARAMETERS

```

```

256 C H - ISOTROPIC HARDENING COEFFICIENT
257 C HD - WORK HARDENING COEFFICIENT
258 C HDC - MOVING HARDENING COEFFICIENT
259 C
260 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
261 C
262 GO TO (100, 200, 300, 400), KSTYP
263 C
264 C... NON-LINEAR ELASTIC VALUE
265 C
266 100 H = 0.0
267 HD = 0.0
268 HDC = 0.0
269 GO TO 9900
270 C
271 C... ISOTROPIC HARDENING VALUE
272 C
273 200 H = 1.0
274 HD = 235.0
275 HDC = 0.0
276 GO TO 9900
277 C
278 C... COMBINED HARDENING VALUE
279 C
280 300 H = 1.0
281 HD = 235.0
282 HD = 0.0
283 HDC = 257.0
284 C HDC = 157.0
285 GO TO 9900
286 C
287 C... NON-SYMMETRIC HARDENING VALUE
288 C
289 400 H = 0.0
290 HD = 0.0
291 HDC = 0.0
292 GO TO 9900
293 C
294 9900 CONTINUE
295 RETURN
296 END
297 SUBROUTINE YKAPP (IEXN, IDMAT, KSTYP, UPB, H, HD, HDC, RKAPP)
298 C
299 C PURPOSE
300 C TO SIZE OF THE YIELD SUPALL BY USER
301 C
302 C INPUT PARAMETERS
303 C IEXN - ELEMENT NUMBER
304 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
305 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
306 C UPB - EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
307 C H - ISOTROPIC HARDENING COEFFICIENT
308 C HD - WORK HARDENING COEFFICIENT
309 C HDC - MOVING HARDENING COEFFICIENT
310 C
311 C OUTPUT PARAMETERS
312 C RKAPP - SIZE OF THE YIELD SUPALL
313 C
314 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
315 C
316 GO TO (100, 200, 300, 400), KSTYP
317 C
318 C... NON-LINEAR ELASTIC HARDENING RULE
319 C
320 100 RKAPP = 1.0E+50
321 GO TO 9900
322 C
323 C... ISOTROPIC HARDENING RULE
324 C
325 200 FY = 12.0
326 RKAPP = FY + HD*UPB
327 GO TO 9900
328 C
329 C... COMBINED HARDENING RULE
330 C
331 300 FY = 12.0
332 RKAPP = FY + HD*UPB
333 GO TO 9900
334 C
335 C... NON-AXISYMMETRIC HARDENING RULE
336 C
337 400 FY = 12.0
338 RKAPP = FY + HD*UPB
339 GO TO 9900
340 C

```

```

341 9900 CONTINUE
342 RETURN
343 END
344 SUBROUTINE YULMT(IEYN, IDMAT, EK, U, HP, YP, HM, YM)
345 C
346 C PURPOSE
347 C TO CHECK THE TANGENT STIFFNESS AND THE DISPLACEMENT LIMIT
348 C
349 C INPUT PARAMETERS
350 C EK : ELASTIC COEFFICIENT
351 C U : DISPLACEMENT
352 C HP : TANGENT STIFFNESS OF PLUS REGION
353 C YP : YIELD FORCE OF PLUS REGION
354 C HM : TANGENT STIFFNESS OF MINUS REGION
355 C YM : YIELD FORCE OF MINUS REGION
356 C
357 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
358 DATA ZERO/1.0D-6/
359 C
360 WRITE(6, '(3X, 28H* SUB. YULMT EK, U, HP, YP, HM, YM, 6E12. 4)')
361 * EK, U, HP, YP, HM, YM
362 C
363 C CALCULATE DISPLACEMENT LIMIT
364 C
365 A = EK*(HP-HM)
366 IF(DABS(A).LE.ZERO) CALL YERROR(15)
367 CCC B = (YP-YM)*EK-HM*YM+HP*YP
368 B = (YM-YP)*EK-HM*YM+HP*YP
369 ULMT = B/A
370 C
371 C CHECK THE DISP-FORCE RELATION
372 C
373 HDEL = DABS(HP-HM)
374 WRITE(6, '(3X, 25H* SUB. YULMT A, B, ULMT, HDEL, 4E12. 4)')
375 * A, B, ULMT, HDEL
376 IF(HDEL.LE.ZERO) CALL YERROR(15)
377 IF(HP.GT.HM.AND.U.LT.ULMT) CALL YERROR(16)
378 IF(HP.LT.HM.AND.U.GT.ULMT) CALL YERROR(17)
379 C
380 C RETURN
381 C
382 WRITE(6, '(3X, 15H* SUB. YULMT END)')
383 RETURN
384 END

```

```

1 * 4-7
2 * 非線形弾性挙動を示す皿バネ
3 *
4 SUBROUTINE YEQPB(IEKN, IDMAT, KSTYP, FE, AA, NCOMP, FEB)
5 C
6 C PURPOSE
7 C TO CALCULATE THE EQUIVALENT FORCE BY USER
8 C
9 C INPUT PARAMETERS
10 C IEKN - ELEMENT NUMBER
11 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
12 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
13 C FE - FORCE VECTOR OF IP
14 C AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
15 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
16 C
17 C OUTPUT PARAMETERS
18 C FEB - EQUIVALENT FORCE VECTOR
19 C
20 C
21 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
22 DIMENSION FE(1), AA(1)
23 C
24 FEB = DABS(FE(1))-AA(1)
25 C
26 RETURN
27 END
28 SUBROUTINE YNESP(IEKN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME,
29 * DTIME, TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UE, FE,
30 * USTV, USTS, KSTYP, KDTY, DMAT, FQ, IFLG)
31 C
32 C PURPOSE
33 C TO CALCULATE THE NON ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
34 C
35 C INPUT PARAMETERS
36 C IEKN - ELEMENT NUMBER
37 C IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
38 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
39 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
40 C ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
41 C TIME - THE CURRENT TIME
42 C DTIME - TIME INCREMENT
43 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
44 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
45 C GEOM - GEOMETRICAL DATAS
46 C CORD - COORDINATES DATAS
47 C DISP - NODAL DISPLACEMENT VECTOR
48 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
49 C FE - FORCE VECTOR OF IP
50 C USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
51 C USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
52 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
53 C KDTY - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
54 C
55 C OUTPUT PARAMETERS
56 C DMAT - CE - DISPLACEMENT MATRIX
57 C FQ - TRUE FORCE
58 C IFLG - FLAGS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
59 C
60 C
61 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
62 DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE(1), FE(1), DMAT(NCOMP, NCOMP)
63 DIMENSION USTV(6, 1), USTS(1)
64 DIMENSION FQ(1)
65 C
66 C... CALCULATION OF COIL SPRING'S STIFFNESS
67 C
68 G = 0.6E6
69 RO = 0.8
70 N = 5
71 R = 7.5
72 VK = (G*RO**4)/(8*N*R**3)
73 C
74 C... USER DEFINITION OF D(I, J) MATRIX
75 C
76 DO 10 I = 1, NCOMP
77 DO 20 J = 1, NCOMP
78 IF(I.EQ.J) THEN
79 DMAT(I, J) = VK
80 ELSE
81 DMAT(I, J) = 0.0
82 END IF
83 20 CONTINUE
84 10 CONTINUE
85 CALL SRMLV(DMAT, UE, NCOMP, NCOMP, FQ)

```

```

86 CHECK
87 WRITE(6, '(3X, 17H+ SUB. YEPSPO:VK *, B12.4)') VK
88 CHECK
89 RETURN
90 END

```



```

1 * 4-8 クリープ挙動を示すコイルバネ
2 *
3 *
4 SUBROUTINE YEPSPO(IEYN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP,
5 * DTEMP, GEOM, CORD, UE1, FE, USTV, USTS, KDTY, DMAT)
6 C
7 C PURPOSE
8 C TO CALCULATE THE ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
9 C
10 C INPUT PARAMETERS
11 C IEYN - ELEMENT NUMBER
12 C IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
13 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
14 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
15 C ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
16 C TIME - THE CURRENT TIME
17 C DTIME - TIME INCREMENT
18 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
19 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
20 C GEOM - GEOMETRICAL DATAS
21 C CORD - COORDINATES DATAS
22 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
23 C FE - FORCE VECTOR OF IP
24 C USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
25 C USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
26 C KDTY - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
27 C
28 C OUTPUT PARAMETERS
29 C DMAT - FORCE - DISPLACEMENT MATRIX
30 C
31 C
32 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
33 C DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE1(1), FE(1), USTV(6, 1), USTS(1), DMAT(6, 6)
34 C .. CALCULATION OF COIL SPRING'S STIFFNESS
35 C
36 C
37 C G = 0.6E6
38 C RO = 0.8
39 C N = 5
40 C R = 7.5
41 C VK = (G*RO**4)/(8*N*R**3)
42 C
43 C DO 10 I = 1, NCOMP
44 C DO 20 J = 1, NCOMP
45 C IF(I.EQ.J) THEN
46 C DMAT(I, J) = VK
47 C ELSE
48 C DMAT(I, J) = 0.0
49 C END IF
50 C 20 CONTINUE
51 C 10 CONTINUE
52 C CHECK WRITE(6, '(3X, 17H* SUB.YEPSPO:VK *, E12.4)') VK
53 C
54 C CHECK
55 C RETURN
56 C END
57 C SUBROUTINE YEQFB(IEYN, IDMAT, KSTYP, FE, AA, NCOMP, FEB)
58 C
59 C PURPOSE
60 C TO CALCULATE THE EQUIVALENT FORCE BY USER
61 C
62 C INPUT PARAMETERS
63 C IEYN - ELEMENT NUMBER
64 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
65 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
66 C FE - FORCE VECTOR OF IP
67 C AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
68 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
69 C
70 C OUTPUT PARAMETERS
71 C FEB - EQUIVALENT FORCE VECTOR
72 C
73 C
74 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
75 C DIMENSION FE(1), AA(1)
76 C
77 C FEB = DABS(FE(1)-AA(1))
78 C
79 C RETURN
80 C END
81 C SUBROUTINE YPCDF(IEYN, IDMAT, FE, UE, DFCDF)
82 C
83 C PURPOSE
84 C TO SET THE FLOW VECTOR OF CREEP DISPLACEMENT POTENTIAL BY USER
85 C

```

```

86 C INPUT PARAMETERS
87 C IEYN - ELEMENT NUMBER
88 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
89 C FE - FORCE VECTOR OF IP
90 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
91 C
92 C OUTPUT PARAMETERS
93 C DFCDF - FLOW VECTOR OF CREEP DISPLACEMENT POTENTIAL
94 C
95 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
96 C DIMENSION FE(1), UE(1), DFCDF(6)
97 C
98 C DFCDF(1) = 1.0
99 C DFCDF(2) = 0.0
100 C DFCDF(3) = 0.0
101 C DFCDF(4) = 0.0
102 C DFCDF(5) = 0.0
103 C DFCDF(6) = 0.0
104 C
105 C RETURN
106 C END
107 C SUBROUTINE YNESP(IEYN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME,
108 * DTIME, TEMP, DTMP, GEOM, CORD, UE, FE,
109 * USTV, USTS, KSTYP, KDTY, DMAT, FQ, IFLG)
110 C
111 C PURPOSE
112 C TO CALCULATE THE NON ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
113 C
114 C INPUT PARAMETERS
115 C IEYN - ELEMENT NUMBER
116 C IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
117 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
118 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
119 C ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
120 C TIME - THE CURRENT TIME
121 C DTIME - TIME INCREMENT
122 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
123 C DTMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
124 C GEOM - GEOMETRICAL DATAS
125 C CORD - COORDINATES DATAS
126 C DISP - NODAL DISPLACEMENT VECTOR
127 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
128 C FE - FORCE VECTOR OF IP
129 C USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
130 C USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
131 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
132 C KDTY - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
133 C
134 C OUTPUT PARAMETERS
135 C DMAT - CE - DISPLACEMENT MATRIX
136 C FQ - TRUE FORCE
137 C IFLG - FLAGS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
138 C
139 C
140 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
141 C DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE(1), FE(1), DMAT(NCOMP, NCOMP)
142 C DIMENSION USTV(6, 1), USTS(1)
143 C DIMENSION FQ(1)
144 C .. CALCULATION OF COIL SPRING'S STIFFNESS
145 C
146 C
147 C G = 0.6E6
148 C RO = 0.8
149 C N = 5
150 C R = 7.5
151 C VK = (G*RO**4)/(8*N*R**3)
152 C
153 C .. USER DEFINITION OF D(I, J) MATRIX
154 C
155 C DO 10 I = 1, NCOMP
156 C DO 20 J = 1, NCOMP
157 C IF(I.EQ.J) THEN
158 C DMAT(I, J) = VK
159 C ELSE
160 C DMAT(I, J) = 0.0
161 C END IF
162 C 20 CONTINUE
163 C 10 CONTINUE
164 C CALL SRMLV(DMAT, UE, NCOMP, NCOMP, FQ)
165 C CHECK WRITE(6, '(3X, 17H* SUB.YEPSPO:VK *, E12.4)') VK
166 C
167 C CHECK
168 C RETURN
169 C END
170 C SUBROUTINE YUCB(IEYN, IDMAT, FE, UC, UCB, DTIME, TEMP, DTMP, DUCB)

```

```

171 C
172 C
173 C PURPOSE
174 C TO CALCULATE THE EQUIVALENT CREEP DISPLACEMENT BY USER
175 C
176 C INPUT PARAMETERS
177 C IEXN - ELEMENT NUMBER
178 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
179 C FE - FORCE VECTOR OF IP
180 C UC - CREEP DISPLACEMENT VECTOR
181 C UCB - EQUIVALENT CREEP DISPLACEMENT
182 C TIME - THE CURRENT TIME
183 C DTIME - TIME INCREMENT
184 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
185 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
186 C
187 C OUTPUT PARAMETERS
188 C DUCB - EQUIVALENT CREEP DISPLACEMENT INCREMENT
189 C
190 C IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
191 C DIMENSION FE(1),UC(6)
192 C
193 C PI = 3.141592654
194 C... DEFINITION OF COIL SPRING'S CREEP-DISPLACEMENT
195 C
196 C FEB = DABS(PE(1))
197 C R = 7.5
198 C RO = 0.8
199 C N = 5
200 C SK = 1.024E-9
201 C SK = 1.0E-17
202 C KAP = 3.0
203 C SK = 1.06E-32
204 C KAP = 3.0
205 C DELTI = 1.72
206 C
207 C BNUM = 3.0**((KAP+1)/2)*(3*KAP+1)**KAP*N*R**((KAP+2)*SK
208 C BDEN = 2.0**((KAP-1)*PI**((KAP-1)+KAP**KAP*RO**((3*KAP+1)
209 C DDTIM = DTIME
210 C DUCB = (BNUM/BDEN)*FEB**KAP*DDTIM
211 C DUCB = (BNUM/BDEN)*FEB**KAP*DDTIM + DELTI
212 C CHECK
213 C WRITE(6, '(3X,37H* SUB.YUCB:FEB,DDTIM,BNUM,BDEN,DUCE *)')
214 C WRITE(6, '(3X,5E12.4)') FEB,DDTIM,BNUM,BDEN,DUCE
215 C CHECK
216 C RETURN
217 C END

```

```

1 * 4-9
2 *  ねじりと引張りが達成した荷重を受ける非線形パネ
3 *
4   SUBROUTINE YEPSPO(IEYN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP,
5   *   DTEMP, GEOM, CORD, UE1, FE, USTV, USTS, KDTY, DMAT)
6 C
7   IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
8   DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE1(1), FE(1), USTV(6, 1), USTS(1), DMAT(6, 6)
9 C
10  DO 10 I = 1, NCOMP
11    DO 20 J = 1, NCOMP
12      DMAT(I, J) = 0.0
13 20 CONTINUE
14 10 CONTINUE
15 C
16  DO I=1,3
17    DMAT(I, 1) = 10000
18    DMAT(I+3, I+3) = 1000
19  ENDDO
20
21  WRITE(6, '(3x, 21h== SUB.YEPSPO:DMAT ==)')
22  WRITE(6, '(3x, 6F10.1)') ((DMAT(I, J), J=1, 6), I=1, 6)
23 C
24  RETURN
25  END
26  SUBROUTINE YEQFB(IEYN, IDMAT, KSTYP, FE, AA, NCOMP, FEB)
27 C
28 C  PURPOSE
29 C    TO CALCULATE THE EQUIVALENT FORCE BY USER
30 C
31 C  INPUT PARAMETERS
32 C    IEYN - ELEMENT NUMBER
33 C    IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
34 C    KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
35 C    FE - FORCE VECTOR OF IP
36 C    AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
37 C    NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
38 C
39 C  OUTPUT PARAMETERS
40 C    FEB - EQUIVALENT FORCE VECTOR
41 C
42 C
43  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
44  DIMENSION FE(1), AA(1)
45  REAL*8 NO, TO
46 C
47  NO = 100.0
48  TO = 10.0
49 C
50  FEB = (FE(1)/NO)**2.0 + (FE(4)/TO)**2.0
51 C
52  RETURN
53  END
54  SUBROUTINE YEQUB(IEYN, IDMAT, KSTYP, UP, NCOMP, UPB)
55 C
56 C  PURPOSE
57 C    TO CALCULATE THE EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT BY USER
58 C
59 C  INPUT PARAMETERS
60 C    IEYN - ELEMENT NUMBER
61 C    IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
62 C    KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
63 C    UP - DISPLACEMENT VECTOR DEPENDED ON PLASTICITY
64 C    NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
65 C
66 C  OUTPUT PARAMETERS
67 C    UPB - EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
68 C
69 C
70 C.. CALCULATION OF EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
71 C
72  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
73  DIMENSION UP(1)
74 C
75  UPB = 0.0
76 C
77  RETURN
78  END
79  SUBROUTINE YPDF(IEYN, IDMAT, FE, UE, AA, DYPDF)
80 C
81 C  PURPOSE
82 C    TO SET THE FLOW VECTOR OF PLASTIC DISPLACEMENT POTENTIAL BY USER
83 C
84 C  INPUT PARAMETERS
85 C    IEYN - ELEMENT NUMBER

```

```

86 C    IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
87 C    FE - FORCE VECTOR OF IP
88 C    UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
89 C    AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
90 C
91 C  OUTPUT PARAMETERS
92 C    DYPDF - FLOW VECTOR OF PLASTIC DISPLACEMENT POTENTIAL
93 C
94  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
95  DIMENSION UE(1), FE(1), DYPDF(1), AA(1)
96  REAL*8 NO, TO
97 C
98  NO = 100.0
99  TO = 10.0
100 C
101  YPDF = 2.0 / (NO**2.0) * FE(1)
102  YPDM = 2.0 / (TO**2.0) * FE(4)
103 C
104  DYPDF(1) = YPDF
105  DYPDF(2) = 0.0
106  DYPDF(3) = 0.0
107  DYPDF(4) = YPDM
108  DYPDF(5) = 0.0
109  DYPDF(6) = 0.0
110 C
111  RETURN
112  END
113  SUBROUTINE YGAMM(IEYN, IDMAT, KSTYP, NCOMP, FE, DPE, AA,
114  $  RKAPP, GAM, IYSTAT)
115 C
116 C  PURPOSE
117 C    TO CALCULATE THE RATIO OF THE ELASTICITY
118 C
119 C  INPUT PARAMETERS
120 C    IEYN - ELEMENT NUMBER
121 C    IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
122 C    KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
123 C    NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
124 C    FE - FORCE VECTOR OF IP
125 C    DPE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
126 C    AA - ORIGIN SHIFT VECTOR
127 C    RKAPP - SIZE OF THE YIELD SURFACE
128 C
129 C  OUTPUT PARAMETERS
130 C    GAM - RATIO OF THE ELASTICITY
131 C    IYSTAT - JUDGMENT SWITCH (ELASTIC STATE OR PLASTIC STATE)
132 C             (=0:ELASTIC, =1:ELASTIC-PLASTIC TRANSIENT)
133 C
134  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
135  DIMENSION FE(1), DPE(1), AA(1)
136  DIMENSION FE1(6), ZZ(6)
137  REAL*8 NO, TO, A, B, C
138 C
139  DO 10 I = 1, NCOMP
140    ZZ(I) = 0.0
141 10 CONTINUE
142 C
143 C.. ISOTROPIC HARDENING RULE
144 C
145  DO 210 I = 1, NCOMP
146    FE1(I) = FE(I) + DPE(I)
147 210 CONTINUE
148  CALL YEQFB(IEYN, IDMAT, KSTYP, FE1, ZZ, NCOMP, FE1B)
149
150  IF (FE1B.GE. RKAPP) THEN
151 C
152    NO = 100.0
153    TO = 10.0
154 C
155    A = (DPE(1)/NO)**2.0 + (DPE(4)/TO)**2.0
156    B = FE(1)*DPE(1)/(NO**2.0) + FE(4)*DPE(4)/(TO**2.0)
157    C = (FE(1)/NO)**2.0 + (FE(4)/TO)**2.0 - 1.0
158 C
159    ABC = B*B - A*C
160 C
161    IF (ABC.LT. 0.0) THEN
162      GAM = 1.0
163    ELSE
164      GAM = (-B+DSQRT(ABC)) / A
165    ENDIF
166 C
167    IF (GAM.GT. 1.0) THEN
168      GAM = 1.0
169    ELSE IF (GAM.LT. 0.0) THEN
170      GAM = 0.0

```

```

171      ENDIF
172 C
173      IYSTAT = 1.0
174      ELSE
175      GAN = 1.0
176      IYSTAT = 0.0
177      END IF
178 C
179      RETURN
180      END
181      SUBROUTINE YHDSH(IEYN, IDMAT, KSTYP, FB, UPB, TEMP, DTEMP, H, HD, HDC)
182 C
183 C      PURPOSE
184 C      TO SET THE PLASTICITY PARAMETER (H, HD, HDC) BY USER
185 C
186 C      INPUT PARAMETERS
187 C      IEYN - ELEMENT NUMBER
188 C      IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
189 C      KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
190 C      FB - EQUIVALENT FORCE
191 C      UPB - EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
192 C      TEMP - TEMPERATURE OF IP
193 C      DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
194 C
195 C      OUTPUT PARAMETERS
196 C      H - ISOTROPIC HARDENING COEFFICIENT
197 C      HD - WORK HARDENING COEFFICIENT
198 C      HDC - MOVING HARDENING COEFFICIENT
199 C
200      IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
201
202      H = 1.0
203      HD = 1.0E-3
204      HDC = 0.0
205
206      RETURN
207      END
208      SUBROUTINE YKAPP(IEYN, IDMAT, KSTYP, UPB, H, HD, HDC, RKAPP)
209 C
210 C      PURPOSE
211 C      TO SIZE OF THE YIELD SUPALL BY USER
212 C
213 C      INPUT PARAMETERS
214 C      IEYN - ELEMENT NUMBER
215 C      IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
216 C      KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
217 C      UPB - EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
218 C      H - ISOTROPIC HARDENING COEFFICIENT
219 C      HD - WORK HARDENING COEFFICIENT
220 C      HDC - MOVING HARDENING COEFFICIENT
221 C
222 C      OUTPUT PARAMETERS
223 C      RKAPP - SIZE OF THE YIELD SUPALL
224 C
225      IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
226 C
227      RKAPP = 1.0
228 C
229      RETURN
230      END

```

```

1 * 4-10
2 * ベローズ継手付き配管の弾性追従モデル
3 *
4 * SUBROUTINE YEPSPO(IEYN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP,
5 * DTEMP, GEOM, CORD, UE1, FE, USTV, USTS, KDTY, DMAT)
6 C
7 C PURPOSE
8 C TO CALCULATE THE ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
9 C
10 C INPUT PARAMETERS
11 C IEYN - ELEMENT NUMBER
12 C IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
13 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
14 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
15 C ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
16 C TIME - THE CURRENT TIME
17 C DTIME - TIME INCREMENT
18 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
19 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
20 C GEOM - GEOMETRICAL DATAS
21 C CORD - COORDINATES DATAS
22 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
23 C FE - FORCE VECTOR OF IP
24 C USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
25 C USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
26 C KDTY - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
27 C
28 C OUTPUT PARAMETERS
29 C DMAT - FORCE - DISPLACEMENT MATRIX
30 C
31 C
32 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
33 C DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE1(1), FE(1), USTV(6, 1), USTS(1), DMAT(6, 6)
34 C
35 C DO 10 I = 1, NCOMP
36 C DO 20 J = 1, NCOMP
37 C IF(I.EQ.J) THEN
38 C DMAT(I, J) = 7.95E6
39 C ELSE
40 C DMAT(I, J) = 0.0
41 C END IF
42 C 20 CONTINUE
43 C 10 CONTINUE
44 C CHECK
45 C WRITE(6, '(3X, 17H+ SUB. YEPSPO:VK *, E12.4)') VK
46 C CHECK
47 C RETURN
48 C END
49 C SUBROUTINE YEQFB(IEYN, IDMAT, KSTYP, FE, AA, NCOMP, FEB)
50 C
51 C PURPOSE
52 C TO CALCULATE THE EQUIVALENT FORCE BY USER
53 C
54 C INPUT PARAMETERS
55 C IEYN - ELEMENT NUMBER
56 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
57 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
58 C FE - FORCE VECTOR OF IP
59 C AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
60 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
61 C
62 C OUTPUT PARAMETERS
63 C FEB - EQUIVALENT FORCE VECTOR
64 C
65 C
66 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
67 C DIMENSION FE(1), AA(1)
68 C
69 C FEB = DABS(FE(6))-AA(6)
70 C
71 C RETURN
72 C END
73 C SUBROUTINE YFCDF(IEYN, IDMAT, FE, UE, DFCDF)
74 C
75 C PURPOSE
76 C TO SET THE FLOW VECTOR OF CREEP DISPLACEMENT POTENTIAL BY USER
77 C
78 C INPUT PARAMETERS
79 C IEYN - ELEMENT NUMBER
80 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
81 C FE - FORCE VECTOR OF IP
82 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
83 C
84 C OUTPUT PARAMETERS
85 C DFCDF - FLOW VECTOR OF CREEP DISPLACEMENT POTENTIAL

```

```

86 C
87 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
88 C DIMENSION FE(1), UE(1), DFCDF(6)
89 C
90 C DFCDF(1) = 0.0
91 C DFCDF(2) = 0.0
92 C DFCDF(3) = 0.0
93 C DFCDF(4) = 0.0
94 C DFCDF(5) = 0.0
95 C DFCDF(6) = 1.0
96 C
97 C RETURN
98 C END
99 C SUBROUTINE YNESP(IEYN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME,
100 * DTIME, TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UE, FE,
101 * USTV, USTS, KSTYP, KDTY, DMAT, FQ, IFLG)
102 C
103 C PURPOSE
104 C TO CALCULATE THE NON ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
105 C
106 C INPUT PARAMETERS
107 C IEYN - ELEMENT NUMBER
108 C IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
109 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
110 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
111 C ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
112 C TIME - THE CURRENT TIME
113 C DTIME - TIME INCREMENT
114 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
115 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
116 C GEOM - GEOMETRICAL DATAS
117 C CORD - COORDINATES DATAS
118 C DISP - NODAL DISPLACEMENT VECTOR
119 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
120 C FE - FORCE VECTOR OF IP
121 C USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
122 C USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
123 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
124 C KDTY - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
125 C
126 C OUTPUT PARAMETERS
127 C DMAT - CE - DISPLACEMENT MATRIX
128 C FQ - TRUE FORCE
129 C IFLG - FLAGS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
130 C
131 C
132 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
133 C DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE(1), FE(1), DMAT(NCOMP, NCOMP)
134 C DIMENSION USTV(6, 1), USTS(1)
135 C DIMENSION FQ(1)
136 C
137 C .. USER DEFINITION OF D(I, J) MATRIX
138 C
139 C
140 C DO 10 I = 1, NCOMP
141 C DO 20 J = 1, NCOMP
142 C IF(I.EQ.J) THEN
143 C DMAT(I, J) = 7.95E6
144 C ELSE
145 C DMAT(I, J) = 0.0
146 C END IF
147 C 20 CONTINUE
148 C 10 CONTINUE
149 C
150 C CALL SRMLV(DMAT, UE, NCOMP, NCOMP, FQ)
151 C RETURN
152 C END
153 C SUBROUTINE YUCB(IEYN, IDMAT, FE, UC, UCB, TIME, DTIME,
154 * TEMP, DTEMP, DUCB)
155 C
156 C PURPOSE
157 C TO CALCULATE THE EQUIVALENT CREEP DISPLACEMENT BY USER
158 C
159 C INPUT PARAMETERS
160 C IEYN - ELEMENT NUMBER
161 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
162 C FE - FORCE VECTOR OF IP
163 C UC - CREEP DISPLACEMENT VECTOR
164 C UCB - EQUIVALENT CREEP DISPLACEMENT
165 C TIME - THE CURRENT TIME
166 C DTIME - TIME INCREMENT
167 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
168 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
169 C
170 C OUTPUT PARAMETERS

```

```

171 C      DUCB - EQUIVALENT CREEP DISPLACEMENT INCREMENT
172 C
173 C      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
174 C      DIMENSION FE(1), UC(6)
175 C
176 C      REAL*8 A, B, Y1(0:100), Y2(0:100)
177 C      INTEGER NUM, I
178 C      REAL*8 X, N, KO, K, H, Q, LENG, BETA, RR, RRR, DP
179 C
180 C      PI = 3.141592654
181 C
182 C      Q = 50.0
183 C      H = 60.0
184 C      SH = 1.95
185 C      LENG = 700.0
186 C      DP = 1160.0
187 C
188 C      K = 1.024E-9
189 C      KO = 4.0 / Q
190 C      N = 2.05
191 C
192 C      A = -SH/2.0
193 C      B = SH/2.0
194 C      NUM = 50
195 C
196 C      DO I=0, NUM
197 C          X = (B-A) / REAL(NUM) * REAL(I) + A
198 C          Y1(I) = DABS( X / (1.0 + KO * X) )** (1.0/N) *DABS( X )
199 C          Y2(I) = DABS(X)**((N+1.0)/N)
200 C      ENDDO
201 C
202 C      FINKO = YSIMP(Y1, A, B, NUM)
203 C      FINO = YSIMP(Y2, A, B, NUM)
204 C
205 C      A = 0.0
206 C      B = PI / 2.0
207 C      NUM = 50
208 C
209 C      DO I=0, NUM
210 C          X = (B-A) / REAL(NUM) * REAL(I) + A
211 C          Y1(I) = (H/2.0 - Q/4.0*(1.0-DCOS(X)))**N * DCOS(X)
212 C          Y2(I) = (H/2.0 - Q/4.0*(1.0-DCOS(X)))**N
213 C      ENDDO
214 C
215 C      FJN1 = YSIMP(Y1, A, B, NUM)
216 C      FJN0 = YSIMP(Y2, A, B, NUM)
217 C
218 C      A = 0.0
219 C      B = PI
220 C      NUM = 50
221 C
222 C      DO I=0, NUM
223 C          X = (B-A) / REAL(NUM) * REAL(I) + A
224 C          DSN = DSIN(X)
225 C
226 C          IF (DSN.LT.0.0) THEN
227 C              DSN=0.0
228 C          ENDIF
229 C
230 C          Y1(I) = DSN**((N+1.0)/N)
231 C      ENDDO
232 C
233 C      FSN = YSIMP(Y1, A, B, NUM)
234 C
235 C      GUZAI = (Q/4.0)**2.0 * FJN1 / (FINKO**N)
236 C      S = Q/4.0*(H/2.0-Q/4.0) * FJN0 / (FINKO**N)
237 C      S = ((H/2.0-Q/4.0)**(N+2.0))/((N+2.0) * (FINO**N))
238 C
239 C      RR = (DP**2.0)/2.0 * ((DP*Q/(8.0*GUZAI* K))**(1.0/N)) *FSN
240 C      RRR = RR**(-N) * LENG
241 C
242 C      DUCB = RRR*(FE(6)**N) * DTIME
243 C
244 C      RETURN
245 C      END
246 C
247 C      FUNCTION YSIMP(Y, A, B, N)
248 C
249 C      REAL*8 A, B, Y(0:*), YSIMP
250 C      INTEGER N, I
251 C      REAL*8 DX, S, S1, S2
252 C
253 C      DX = (B-A)/REAL(N)
254 C
255 C      S1=0.0

```

```

256 C      S2=0.0
257 C
258 C      DO I=1, N-1, 2
259 C          S1 = S1 + Y(I)
260 C      ENDDO
261 C
262 C      DO I=2, N-1, 2
263 C          S2 = S2 + Y(I)
264 C      ENDDO
265 C
266 C      S=Y(0)+Y(N)+4.0*S1+2.0*S2
267 C      YSIMP = S*DX/3.0
268 C
269 C      RETURN
270 C      END
271 C

```

```

1 * 4-11      基本梁モデルを用いた動的解析
2 *
3 *
4 SUBROUTINE XCNTRX(IEYN, IDMAT, CORD, GDAT, LSC, SC)
5 C
6 C-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----
7 C      PURPOSE
8 C      USER SET OF DAMPING MATRIX [C]
9 C
10 C     INPUT
11 C     IEYN - ELEMENT NUMBER
12 C     IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
13 C     CORD - COORDINATES DATAS
14 C     GDAT - GEOMETRY DATA
15 C     LSC - DATA LENGTH OF (SC)
16 C
17 C     OUTPUT
18 C     SC - DAMPING MATRIX
19 C
20 C-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----
21 C
22 REAL*8 SC(1), SSC(6,6), TR(3,3), BLNG
23 REAL CORD(*), GDAT(*)
24 INTEGER LSC, IEYN
25 C
26 DO I=1,6
27   DO J=1,6
28     IF (1.EQ.J) THEN
29       SSC(I,J) = 4.051
30     ELSE
31       SSC(I,J) = 0.0
32     ENDDIF
33   ENDDO
34 ENDDO
35 C
36 CALL XTRSPG(IEYN, GDAT, CORD, TR, BLNG)
37 CALL XTRC(TR, SSC)
38 C
39 IJ=0
40 DO I=1,6
41   DO J=1,6
42     IJ=IJ+1
43     SC(IJ) = SSC(I,J)
44   ENDDO
45 ENDDO
46
47 RETURN
48 END
49 SUBROUTINE YEPSPO(IEYN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP,
50 * DTEMP, GEOM, CORD, UE1, FE, USTV, USTS, KDTY, DNAT)
51 C
52 C      PURPOSE
53 C      TO CALCULATE THE ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
54 C
55 C     INPUT PARAMETERS
56 C     IEYN - ELEMENT NUMBER
57 C     IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
58 C     NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
59 C     IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
60 C     ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
61 C     TIME - THE CURRENT TIME
62 C     DTIME - TIME INCREMENT
63 C     TEMP - TEMPERATURE OF IP
64 C     DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
65 C     GEOM - GEOMETRICAL DATAS
66 C     CORD - COORDINATES DATAS
67 C     UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
68 C     FE - FORCE VECTOR OF IP
69 C     USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
70 C     USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
71 C     KDTY - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
72 C
73 C     OUTPUT PARAMETERS
74 C     DNAT - FORCE - DISPLACEMENT MATRIX
75 C
76 C
77 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
78 DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE1(1), FE(1), USTV(6,1), USTS(1), DNAT(6,6)
79 C
80 DO 10 I = 1, NCOMP
81   DO 20 J = 1, NCOMP
82     IF(I.EQ.J) THEN
83       DNAT(I,J) = 16407
84     ELSE
85       DNAT(I,J) = 0.0

```

```

86       END IF
87   20 CONTINUE
88   10 CONTINUE
89 CHECK WRITE(6, '(3X, 17H* SUB. YEPSPO:VK *, E12. 4)') VK
90
91 CHECK RETURN
92
93 END
94 SUBROUTINE YEQPB(IEYN, IDMAT, KSTYP, FE, AA, NCOMP, FEB)
95 C
96 C     PURPOSE
97 C     TO CALCULATE THE EQUIVALENT FORCE BY USER
98 C
99 C     INPUT PARAMETERS
100 C     IEYN - ELEMENT NUMBER
101 C     IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
102 C     KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
103 C     FE - FORCE VECTOR OF IP
104 C     AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
105 C     NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
106 C
107 C     OUTPUT PARAMETERS
108 C     FEB - EQUIVALENT FORCE VECTOR
109 C
110 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
111 DIMENSION FE(1), AA(1)
112 C
113 FEB = DABS(FE(1)-AA(1))
114 C
115 RETURN
116 END
117 SUBROUTINE YEQUB(IEYN, IDMAT, KSTYP, UP, NCOMP, UPB)
118 C
119 C     PURPOSE
120 C     TO CALCULATE THE EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT BY USER
121 C
122 C     INPUT PARAMETERS
123 C     IEYN - ELEMENT NUMBER
124 C     IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
125 C     KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
126 C     UP - DISPLACEMENT VECTOR DEPENDED ON PLASTICITY
127 C     NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
128 C
129 C     OUTPUT PARAMETERS
130 C     UPB - EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
131 C
132 C
133 C... CALCULATION OF EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
134 C
135 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
136 DIMENSION UP(1)
137 C
138 UPB = DABS(UP(1))
139 C
140 RETURN
141 END
142 SUBROUTINE YPDF(IEYN, IDMAT, FE, UE, AA, DYDFD)
143 C
144 C     PURPOSE
145 C     TO SET THE FLOW VECTOR OF PLASTIC DISPLACEMENT POTENTIAL BY USER
146 C
147 C     INPUT PARAMETERS
148 C     IEYN - ELEMENT NUMBER
149 C     IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
150 C     FE - FORCE VECTOR OF IP
151 C     UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
152 C     AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
153 C
154 C     OUTPUT PARAMETERS
155 C     DYDFD - FLOW VECTOR OF PLASTIC DISPLACEMENT POTENTIAL
156 C
157 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
158 DIMENSION UE(1), FE(1), DYDFD(1), AA(1)
159 C
160 FF = FE(1) - AA(1)
161 IF(FF.GE.0.0) THEN
162   DYDFD(1) = 1.0
163   DYDFD(2) = 0.0
164   DYDFD(3) = 0.0
165   DYDFD(4) = 0.0
166   DYDFD(5) = 0.0
167   DYDFD(6) = 0.0
168 ELSE
169   DYDFD(1) = -1.0
170   DYDFD(2) = 0.0

```

```

171      DYPDF(3) = 0.0
172      DYPDF(4) = 0.0
173      DYPDF(5) = 0.0
174      DYPDF(6) = 0.0
175      END IF
176 C
177      RETURN
178      END
179      SUBROUTINE YHDSH(IEYN, IDMAT, KSTYP, FB, UPB, TEMP, DTEMP, H, HD, HDC)
180 C
181 C      PURPOSE
182 C      TO SET THE PLASTICITY PARAMETER (H, HD, HDC) BY USER
183 C
184 C      INPUT PARAMETERS
185 C      IEYN - ELEMENT NUMBER
186 C      IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
187 C      KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
188 C      FB - EQUIVALENT FORCE
189 C      UPB - EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
190 C      TEMP - TEMPERATURE OF IP
191 C      DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
192 C
193 C      OUTPUT PARAMETERS
194 C      H - ISOTROPIC HARDENING COEFFICIENT
195 C      HD - WORK HARDENING COEFFICIENT
196 C      HDC - MOVING HARDENING COEFFICIENT
197 C
198 C      IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
199 C
200 C... ISOTROPIC HARDENING VALUE
201 C
202 C      H = 1.0
203 C      HD = 0.0
204 C      HDC = 1640.7
205 C
206 C      RETURN
207 C      END
208 C      SUBROUTINE YKAPP(IEYN, IDMAT, KSTYP, UPB, H, HD, HDC, RKAPP)
209 C
210 C      PURPOSE
211 C      TO SIZE OF THE YIELD SUPALL BY USER
212 C
213 C      INPUT PARAMETERS
214 C      IEYN - ELEMENT NUMBER
215 C      IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
216 C      KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
217 C      UPB - EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
218 C      H - ISOTROPIC HARDENING COEFFICIENT
219 C      HD - WORK HARDENING COEFFICIENT
220 C      HDC - MOVING HARDENING COEFFICIENT
221 C
222 C      OUTPUT PARAMETERS
223 C      RKAPP - SIZE OF THE YIELD SUPALL
224 C
225 C      IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
226 C
227 C      GO TO (100, 200, 300, 400) , KSTYP
228 C
229 C... NON-LINEAR ELASTIC HARDENING RULE
230 C
231 C      100 RKAPP = 1.0E+50
232 C      GO TO 9900
233 C
234 C... ISOTROPIC HARDENING RULE
235 C
236 C      200 FY = 100000
237 C      RKAPP = FY + HD*UPB
238 C      GO TO 9900
239 C
240 C... COMBINED HARDENING RULE
241 C
242 C      300 FY = 100000
243 C      RKAPP = FY + HD*UPB
244 C      GO TO 9900
245 C
246 C... NON-AXISYMMETRIC HARDENING RULE
247 C
248 C      400 FY = 100000
249 C      RKAPP = FY + HD*UPB
250 C      GO TO 9900
251 C
252 C      9900 CONTINUE
253 C      RETURN
254 C      END
255 C      SUBROUTINE YNESP(IEYN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME,

```

```

256 C      *          DTIME, TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UE, FE,
257 C      *          USTV, USTS, KSTYP, KDTY, DMAT, FQ, IFLG)
258 C
259 C      PURPOSE
260 C      TO CALCULATE THE NON ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
261 C
262 C      INPUT PARAMETERS
263 C      IEYN - ELEMENT NUMBER
264 C      IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
265 C      NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
266 C      IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
267 C      ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
268 C      TIME - THE CURRENT TIME
269 C      DTIME - TIME INCREMENT
270 C      TEMP - TEMPERATURE OF IP
271 C      DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
272 C      GEOM - GEOMETRICAL DATAS
273 C      CORD - COORDINATES DATAS
274 C      DISP - NODAL DISPLACEMENT VECTOR
275 C      UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
276 C      FE - FORCE VECTOR OF IP
277 C      USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
278 C      USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
279 C      KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
280 C      KDTY - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
281 C
282 C      OUTPUT PARAMETERS
283 C      DMAT - CE - DISPLACEMENT MATRIX
284 C      FQ - TRUE FORCE
285 C      IFLG - FLAGS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
286 C
287 C
288 C      IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
289 C      DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE(1), FE(1), DMAT(NCOMP, NCOMP)
290 C      DIMENSION USTV(6, 1), USTS(1)
291 C      DIMENSION FQ(1)
292 C
293 C
294 C... USER DEFINITION OF D(I, J) MATRIX
295 C
296 C      DO 10 I = 1, NCOMP
297 C      DO 20 J = 1, NCOMP
298 C      IF(I.EQ.J) THEN
299 C      DMAT(I, J) = 16407
300 C      ELSE
301 C      DMAT(I, J) = 0.0
302 C      END IF
303 C
304 C      10 CONTINUE
305 C
306 C      CALL SRMLV(DMAT, UE, NCOMP, NCOMP, FQ)
307 C      RETURN
308 C      END

```



```

1 * 4-12
2 * L字配管の動的応答解析
3 *
4 SUBROUTINE YEPSPO(IEYN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME, DTIME, TEMP,
5 * DTEMP, GEOM, CORD, UE1, FE, USTV, USTS, KDTY, DMAT)
6 C
7 C PURPOSE
8 C TO CALCULATE THE ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
9 C
10 C INPUT PARAMETERS
11 C IEYN - ELEMENT NUMBER
12 C IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
13 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
14 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
15 C ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
16 C TIME - THE CURRENT TIME
17 C DTIME - TIME INCREMENT
18 C TEMP - TEMPERATURE OF IP
19 C DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
20 C GEOM - GEOMETRICAL DATAS
21 C CORD - COORDINATES DATAS
22 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
23 C FE - FORCE VECTOR OF IP
24 C USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
25 C USTS - SCALAR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
26 C KDTY - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
27 C
28 C OUTPUT PARAMETERS
29 C DMAT - FORCE - DISPLACEMENT MATRIX
30 C
31 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
32 C DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UE1(1), FE(1), USTV(6, 1), USTS(1), DMAT(6, 6)
33 C DIMENSION XVK(4)
34 C
35 C DATA XVK /2.5E11, 2.23E11, 1.13E9, 1.00E3/
36 C
37 C IF (IEYN.LT.101.OR.IEYN.GT.104) THEN
38 C WRITE(6,*) 'ERER yeppo error IEYN = '
39 C WRITE(6,*) IEYN
40 C ENDIF
41 C
42 C DO 10 I = 1, NCOMP
43 C DO 20 J = 1, NCOMP
44 C IF(I.EQ.J) THEN
45 C DMAT(I, J) = XVK(IEYN-100)
46 C ELSE
47 C DMAT(I, J) = 0.0
48 C END IF
49 C 20 CONTINUE
50 C 10 CONTINUE
51 C CHECK
52 C WRITE(6,*) '(3X, 17H+ SUB.YEPSPO:VK *, E12.4)' VK
53 C CHECK
54 C RETURN
55 C END
56 C SUBROUTINE YEQPB(IEYN, IDMAT, KSTYP, FE, AA, NCOMP, FEB)
57 C
58 C PURPOSE
59 C TO CALCULATE THE EQUIVALENT FORCE BY USER
60 C
61 C INPUT PARAMETERS
62 C IEYN - ELEMENT NUMBER
63 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
64 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
65 C FE - FORCE VECTOR OF IP
66 C AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
67 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
68 C
69 C OUTPUT PARAMETERS
70 C FEB - EQUIVALENT FORCE VECTOR
71 C
72 C
73 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
74 C DIMENSION FE(1), AA(1)
75 C
76 C IF (IEYN.LT.101.OR.IEYN.GT.104) THEN
77 C WRITE(6,*) 'ERER yeafb error IEYN = '
78 C WRITE(6,*) IEYN
79 C ENDIF
80 C
81 C IF (IEYN.EQ.104) THEN
82 C FEB = DABS(FE(1)-AA(1))
83 C ELSE
84 C FEB = DABS(FE(6)-AA(6))
85 C ENDIF

```

```

86 C
87 C RETURN
88 C END
89 C SUBROUTINE YEQUB(IEYN, IDMAT, KSTYP, UP, NCOMP, UPB)
90 C
91 C PURPOSE
92 C TO CALCULATE THE EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT BY USER
93 C
94 C INPUT PARAMETERS
95 C IEYN - ELEMENT NUMBER
96 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
97 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
98 C UP - DISPLACEMENT VECTOR DEPENDED ON PLASTICITY
99 C NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
100 C
101 C OUTPUT PARAMETERS
102 C UPB - EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
103 C
104 C
105 C .. CALCULATION OF EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
106 C
107 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
108 C DIMENSION UP(1)
109 C INTEGER IEYN, IDMAT
110 C
111 C IF (IEYN.LT.102.OR.IEYN.GT.103) THEN
112 C WRITE(6,*) 'ERER yequb error IEYN = '
113 C WRITE(6,*) IEYN
114 C ENDIF
115 C
116 C UPB = DABS(UP(6))
117 C
118 C RETURN
119 C END
120 C SUBROUTINE YFDF(IEYN, IDMAT, FE, UE, AA, DYDFD)
121 C
122 C PURPOSE
123 C TO SET THE FLOW VECTOR OF PLASTIC DISPLACEMENT POTENTIAL BY USER
124 C
125 C INPUT PARAMETERS
126 C IEYN - ELEMENT NUMBER
127 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
128 C FE - FORCE VECTOR OF IP
129 C UE - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
130 C AA - ORIGIN SHIFT VECTOR OF IP
131 C
132 C OUTPUT PARAMETERS
133 C DYDFD - FLOW VECTOR OF PLASTIC DISPLACEMENT POTENTIAL
134 C
135 C IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
136 C DIMENSION UE(1), FE(1), DYDFD(1), AA(1)
137 C
138 C DYDFD(1) = 0.0
139 C DYDFD(2) = 0.0
140 C DYDFD(3) = 0.0
141 C DYDFD(4) = 0.0
142 C DYDFD(5) = 0.0
143 C DYDFD(6) = 0.0
144 C
145 C IF (IEYN.EQ.104) THEN
146 C NNN = 1
147 C ELSE
148 C NNN = 6
149 C ENDIF
150 C
151 C IF(FE(NNN).GE.0.0) THEN
152 C DYDFD(NNN) = 1.0
153 C ELSE
154 C DYDFD(NNN) = -1.0
155 C ENDIF
156 C
157 C RETURN
158 C END
159 C SUBROUTINE YHDSH(IEYN, IDMAT, KSTYP, FB, UPB, TEMP, DTEMP, H, HD, HDC)
160 C
161 C PURPOSE
162 C TO SET THE PLASTICITY PARAMETER (H, HD, HDC) BY USER
163 C
164 C INPUT PARAMETERS
165 C IEYN - ELEMENT NUMBER
166 C IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
167 C KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
168 C FB - EQUIVALENT FORCE
169 C UPB - EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
170 C TEMP - TEMPERATURE OF IP

```

```

171 C      DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
172 C
173 C      OUTPUT PARAMETERS
174 C      H      - ISOTROPIC HARDENING COEFFICIENT
175 C      HD     - WORK HARDENING COEFFICIENT
176 C      HDC    - MOVING HARDENING COEFFICIENT
177 C
178 C      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
179 C      DIMENSION XVN(4)
180 C
181 C      DATA XVN / 0, 1.115E9, 7.533E7, 0 /
182 C
183 C... ISOTROPIC HARDENING VALUE
184 C
185 C      IF (IEXN.LT.102.OR.IEXN.GT.103) THEN
186 C        WRITE(6,*) 'ERER yhdsh error IEXN = '
187 C        WRITE(6,*) IEXN
188 C      ENDIF
189 C
190 C      H = 1.0
191 C      HD = 0.0
192 C      HDC = XVN(IEXN-100)
193 C
194 C      RETURN
195 C      END
196 C      SUBROUTINE YKAPP(IEXN, IDMAT, KSTYP, UPB, H, HD, HDC, RKAPP)
197 C
198 C      PURPOSE
199 C      TO SIZE OF THE YIELD SUFALL BY USER
200 C
201 C      INPUT PARAMETERS
202 C      KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
203 C      UPB   - EQUIVALENT PLASTIC DISPLACEMENT
204 C      H     - ISOTROPIC HARDENING COEFFICIENT
205 C      HD    - WORK HARDENING COEFFICIENT
206 C      HDC   - MOVING HARDENING COEFFICIENT
207 C
208 C      OUTPUT PARAMETERS
209 C      RKAPP - SIZE OF THE YIELD SUFALL
210 C
211 C      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
212 C      DIMENSION XVN(4)
213 C
214 C      DATA XVN / 0, 1.0E8, 2.0E7, 0 /
215 C
216 C... ISOTROPIC HARDENING RULE
217 C
218 C      FY = XVN(IEXN-100)
219 C
220 C      IF (IEXN.LT.102.OR.IEXN.GT.103) THEN
221 C        WRITE(6,*) 'ERER ykapp error IEXN = '
222 C        WRITE(6,*) IEXN
223 C      ENDIF
224 C
225 C      RKAPP = FY + HD*UPB
226 C
227 C      RETURN
228 C      END
229 C      SUBROUTINE YNESP(IEXN, IECOD, NCOMP, IDMAT, ISTEP, TIME,
230 C      *              DTIME, TEMP, DTEMP, GEOM, CORD, UR, FE,
231 C      *              USTV, USTS, KSTYP, KDTY, DMAT, FQ, IFLG)
232 C
233 C      PURPOSE
234 C      TO CALCULATE THE NON ELASTICITY STIFFNESS MATRIX BY USER
235 C
236 C      INPUT PARAMETERS
237 C      IEXN - ELEMENT NUMBER
238 C      IECOD - ELEMENT INTERNAL CODE (=59)
239 C      NCOMP - NUMBER OF COMPONENT
240 C      IDMAT - IDENTITY NUMBER OF MATRIX DATA
241 C      ISTEP - ANALYTICAL STEP NUMBER
242 C      TIME - THE CURRENT TIME
243 C      DTIME - TIME INCREMENT
244 C      TEMP - TEMPERATURE OF IP
245 C      DTEMP - TEMPERATURE INCREMENT OF IP
246 C      GEOM - GEOMETRICAL DATAS
247 C      CORD - COORDINATES DATAS
248 C      DISP - NODAL DISPLACEMENT VECTOR
249 C      UR   - DISPLACEMENT VECTOR OF IP
250 C      FE   - FORCE VECTOR OF IP
251 C      USTV - VECTORS OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
252 C      USTS - SCALOR OF INTERNAL STATE VARIABLES DEFINED BY USER
253 C      KSTYP - NON-LINEAR SPRING TYPE
254 C      KDTY - CHARACTERISTIC DATA TYPE OF NON-LINEAR SPRING
255 C

```

```

256 C      OUTPUT PARAMETERS
257 C      DMAT - CE - DISPLACEMENT MATRIX
258 C      FQ   - TRUE FORCE
259 C      IFLG - FLAGS OF INTERNAL STATE VALIABLES DEFINED BY USER
260 C
261 C
262 C      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
263 C      DIMENSION GEOM(1), CORD(1), UR(1), FE(1), DMAT(NCOMP, NCOMP)
264 C      DIMENSION USTV(6, 1), USTS(1)
265 C      DIMENSION FQ(1), XVK(4)
266 C
267 C
268 C... USER DEFINITION OF D(I, J) MATRIX
269 C
270 C      DATA XVK / 2.5E11, 2.23E11, 1.13E9, 1.00E3 /
271 C
272 C      IF (IEXN.LT.101.OR.IEXN.GT.104) THEN
273 C        WRITE(6,*) 'ERER ynesp error IEXN = '
274 C        WRITE(6,*) IEXN
275 C      ENDIF
276 C
277 C      DO 10 I = 1, NCOMP
278 C        DO 20 J = 1, NCOMP
279 C          IF(I.EQ.J) THEN
280 C            DMAT(I, J) = XVK(IEXN-100)
281 C          ELSE
282 C            DMAT(I, J) = 0.0
283 C          END IF
284 C        CONTINUE
285 C      CONTINUE
286 C
287 C      IF (IEXN.EQ.104) THEN
288 C        DMAT(2, 2) = 0.0
289 C        DMAT(6, 6) = 0.0
290 C      ENDIF
291 C
292 C      CALL SRMLY(DMAT, UR, NCOMP, NCOMP, FQ)
293 C      RETURN
294 C      END

```

## 付録 C. 検証問題入力データリスト

```

1 $
2 $ 4-1 非線形弾性ばね
3 $
4 $
5 $SYSTEM 0/0
6 DIAG 4/1
7 FINAS
8 $OPTIONS ISEQOPT=10
9 TITLE SPRING WILL COME SOON.
10 STATIC E
11 NOPRINT DESCR
12 MODEL
13 NODE
14 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
15 1 0. 0. 0.
16 2 1. 0. 0.
17 3 10. 0. 0.
18 10 0. 10. 0.
19 ELEMENT TYPE
20 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
21 1 USER 10 0 0
22 3 3 6 4 1 1
23 2 BEAM2 0
24 CONNECTION
25 1 1 1 1 1 2 10
26 2 2 2 2 2 3 10
27 GEOMETRY
28 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
29 1 4 1.0
30 2 2 1.0 1.0
31 MATERIAL
32 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
33 1 USER MODEL 4 3 7
34 2
35 E 1.0E+07
36 NU 0.3
37 BOUNDARY
38 1
39 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
40 1 1 6 0.0
41 2 3 2 6 0.0
42 FORCE
43 1
44 3 1 1 1.0
45 HISTORY
46 INTERVAL
47 BOUN 1 1.000
48 FORC 1 1.000
49 INTERVAL
50 BOUN 1 1.000
51 FORC 1 0.500
52 INTERVAL
53 BOUN 1 1.000
54 FORC 1 0.500
55 INTERVAL
56 BOUN 1 1.000
57 FORC 1 0.500
58 INTERVAL
59 BOUN 1 1.000
60 FORC 1 0.500
61 END MODEL
62 $OUTPUT
63 $POST TAPE
64 $DISP ALL
65 $ELK ALL
66 $END OUTPUT
67 END FINAS

```

```

1 $
2 $ 4-2 球クリープばね
3 $
4 $SYSTEM 0/0
5 $DIAG 4/1
6 $FINAS
7 $OPTIONS ISEQOPT=10
8 $TITLE SPRING WILL COME SOON.
9 $STATIC E
10 $NOPRINT DESCR
11 $MODEL
12 $NODE
13 $ 1 2 3 4 5 6 7 8
14 1 0. 0. 0.
15 2 1. 0. 0.
16 3 10. 0. 0.
17 10 0. 10. 0.
18 $ELEMENT TYPE
19 $ 1 2 3 4 5 6 7 8
20 1 USER 11 0 0
21 3 3 6 4 1 1
22 2 BEAM2 0
23 $CONNECTION
24 1 1 1 1 1 2 10
25 2 2 2 2 2 3 10
26 $GEOMETRY
27 $ 1 2 3 4 5 6 7 8
28 1 4 1.0
29 2 2 1.0 1.0
30 $MATERIAL
31 $ 1 2 3 4 5 6 7 8
32 1 USER MODEL 4 3 1
33 2
34 E 1.0E+12
35 NU 0.3
36 $BOUNDARY
37 1
38 $ 1 2 3 4 5 6 7 8
39 1 1 6 0.0
40 2 3 2 6 0.0
41 $FORCE
42 1
43 3 1 1 1.0
44 $HISTORY
45 $ 1 2 3 4 5 6 7 8
46 $INTERVAL
47 BOUN 1 1.000
48 FORC 1 50.000
49 INTERVAL 50 100000.0
50 $ 1 2 3 4 5 6 7 8
51 BOUN 1 1.000
52 $END MODEL
53 $OUTPUT
54 $STRUCTURE PLOT
55 $IPLT
56 $XYPLT
57 $ 1 2 3 4 5 6 7 8
58 $PLOT1 DISP1 2
59 $POST TAPE
60 $DISP ALL
61 $ELM ALL
62 $END OUTPUT
63 $END FINAS

```

```

1 $
2 $ 4-3 弾塑性ばね(等方硬化)
3 $
4 SYSTEM 0/0
5 DIAG 4/1
6 FINAS
7 $OPTIONS ISEQOPT=10
8 TITLE SPRING WILL COME SOON.
9 STATIC E
10 $UPDATE 5
11 $ SET STO, KPIPE, 2 $
12 $ENDUPDATE
13 NOPRINT DESCR
14 MODEL
15 NODE
16 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
17 1 0. 0. 0.
18 2 1. 0. 0.
19 3 10. 0. 0.
20 10 0. 10. 0.
21 ELEMENT TYPE
22 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
23 1 USER 20 0 0
24 3 3 6 4 1 1
25 2 BEAM2 0
26 CONNECTION
27 1 1 1 1 1 2 10
28 2 2 2 2 2 3 10
29 GEOMETRY
30 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
31 1 4 1.0
32 2 2 1.0 1.0
33 MATERIAL
34 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
35 1 USER MODEL 4 3 1
36 2
37 E 1.0E+07
38 NU 0.3
39 BOUNDARY
40 1
41 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
42 1 1 6 0.0
43 2 3 2 6 0.0
44 FORCE
45 1
46 3 1 1 1.0
47 HISTORY
48 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
49 INTERVAL
50 BOUN 1 1.000
51 FORC 1 5.000
52 INTERVAL
53 BOUN 1 1.000
54 FORC 1 6.000
55 INTERVAL
56 BOUN 1 1.000
57 FORC 1 2.000
58 INTERVAL
59 BOUN 1 1.000
60 FORC 1 0.000
61 $
62 INTERVAL
63 BOUN 1 1.000
64 FORC 1 -0.01
65 INTERVAL
66 BOUN 1 1.000
67 FORC 1 -12.99
68 INTERVAL
69 BOUN 1 1.000
70 FORC 1 -12.00
71 INTERVAL
72 BOUN 1 1.000
73 FORC 1 -2.00
74 INTERVAL
75 BOUN 1 1.000
76 FORC 1 -1.00
77 INTERVAL
78 BOUN 1 1.000
79 FORC 1 0.00
80 INTERVAL
81 BOUN 1 1.000
82 FORC 1 0.01
83 INTERVAL
84 BOUN 1 1.000
85 FORC 1 14.99

```

```

86 INTERVAL
87 BOUN 1 1.000
88 FORC 1 14.00
89 INTERVAL
90 BOUN 1 1.000
91 FORC 1 2.00
92 INTERVAL
93 BOUN 1 1.000
94 FORC 1 1.00
95 END MODEL
96 $OUTPUT
97 $STRUCTURE PLOT
98 $IPLOT
99 $XPLOT
100 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
101 $PLOT1 DISP1 2
102 $POST TAPE
103 $DISP ALL
104 $ELW ALL
105 $END OUTPUT
106 END FINAS

```

```

1 $
2 $ 4-4 弾塑性ばね(移動硬化)
3 $
4 SYSTEM 0/0
5 DIAG 4/1
6 FINAS
7 $OPTIONS ISBOOPT=10
8 $TITLE SPRING WILL COME SOON.
9 $STATIC E
10 $NOPRINT DESCR
11 MODEL
12 NODE
13 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
14 $ 1 0. 0. 0.
15 $ 2 1. 0. 0.
16 $ 3 10. 0. 0.
17 $ 10 0. 10. 0.
18 ELEMENT TYPE
19 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
20 $ 1 USER 30 0 0
21 $ 2 BEAM2 3 6 4 1 1
22 $ 3 0
23 CONNECTION
24 $ 1 1 1 1 2 10
25 $ 2 2 2 2 3 10
26 GEOMETRY
27 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
28 $ 1 4 1.0
29 $ 2 2 1.0 1.0
30 MATERIAL
31 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
32 $ 1 USER MODEL 4 3 1
33 $ 2
34 $ E 1.0E+07
35 $ NU 0.3
36 BOUNDARY
37 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
38 $ 1
39 $ 1 1 6 0.0
40 $ 2 3 2 6 0.0
41 FORCE
42 $ 1
43 $ 3 1 1 1.0
44 HISTORY
45 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
46 INTERVAL
47 $ BOUN 1 1.000
48 $ FORC 1 5.000
49 INTERVAL
50 $ BOUN 1 1.000
51 $ FORC 1 6.000
52 INTERVAL
53 $ BOUN 1 1.000
54 $ FORC 1 2.000
55 INTERVAL
56 $ BOUN 1 1.000
57 $ FORC 1 0.000
58 $
59 INTERVAL
60 $ BOUN 1 1.000
61 $ FORC 1 -0.01
62 INTERVAL
63 $ BOUN 1 1.000
64 $ FORC 1 -12.99
65 INTERVAL
66 $ BOUN 1 1.000
67 $ FORC 1 -10.00
68 INTERVAL
69 $ BOUN 1 1.000
70 $ FORC 1 -2.00
71 INTERVAL
72 $ BOUN 1 1.000
73 $ FORC 1 0.00
74 INTERVAL
75 $ BOUN 1 1.000
76 $ FORC 1 -3.00
77 INTERVAL
78 $ BOUN 1 1.000
79 $ FORC 1 0.01
80 INTERVAL
81 $ BOUN 1 1.000
82 $ FORC 1 14.99
83 INTERVAL
84 $ BOUN 1 1.000
85 $ FORC 1 8.00

```

```

86 INTERVAL
87 $ BOUN 1 1.000
88 $ FORC 1 2.00
89 INTERVAL
90 $ BOUN 1 1.000
91 $ FORC 1 4.00
92 END MODEL
93 $OUTPUT
94 $STRUCTURE PLOT
95 $IPLT
96 $XYPLT
97 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
98 $ PLOT1 DISP1 2
99 $POST TAPE
100 $DISP ALL
101 $ELN ALL
102 $END OUTPUT
103 END FINAS

```

```

1 $
2 $ 4-5 弾塑性ばね(複合硬化)
3 $
4 SYSTEM 0/0
5 DIAG 4/1
6 FINAS
7 $OPTIONS ISEQOPT=10
8 TITLE SPRING WILL COME SOON.
9 STATIC E
10 NOPRINT DESCR
11 MODEL
12 NODE
13 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
14 1 0. 0. 0.
15 2 1. 0. 0.
16 3 10. 0. 0.
17 10 0. 10. 0.
18 ELEMENT TYPE
19 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
20 1 USER 30 0 0
21 3 3 6 4 1 1
22 2 BEAM2 0
23 CONNECTION
24 1 1 1 1 2 10
25 2 2 2 2 2 3 10
26 GEOMETRY
27 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
28 1 4 1.0
29 2 2 1.0
30 MATERIAL
31 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
32 1 USER MODEL 4 3 1
33 2
34 E 1.0E+07
35 NU 0.3
36 BOUNDARY
37 1
38 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
39 1 1 6 0.0
40 2 3 2 6 0.0
41 FORCE
42 1
43 3 1 1 1.0
44 HISTORY
45 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
46 INTERVAL
47 BOUN 1 1.000
48 FORC 1 5.000
49 INTERVAL
50 BOUN 1 1.000
51 FORC 1 6.000
52 INTERVAL
53 BOUN 1 1.000
54 FORC 1 2.000
55 INTERVAL
56 BOUN 1 1.000
57 FORC 1 0.000
58 $
59 INTERVAL
60 BOUN 1 1.000
61 FORC 1 -0.01
62 INTERVAL
63 BOUN 1 1.000
64 FORC 1 -12.99
65 INTERVAL
66 BOUN 1 1.000
67 FORC 1 -12.00
68 INTERVAL
69 BOUN 1 1.000
70 FORC 1 -1.00
71 INTERVAL
72 BOUN 1 1.000
73 FORC 1 0.01
74 INTERVAL
75 BOUN 1 1.000
76 FORC 1 12.99
77 INTERVAL
78 BOUN 1 1.000
79 FORC 1 13.00
80 INTERVAL
81 BOUN 1 1.000
82 FORC 1 1.00
83 END MODEL
84 $OUTPUT
85 $STRUCTURE PLOT
    
```

```

86 $IPL0T
87 $XYPLOT
88 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
89 $PLOT1 DISP 2
90 $POST TAPE ALL
91 $DISP ALL
92 $ELM ALL
93 $END OUTPUT
94 END FINAS
    
```



```

1 $
2 $ 4-6 弾塑性ばね(非対称硬化)
3 $
4 SYSTEM 0/0
5 DIAG 4/1
6 FINAS
7 $OPTIONS ISEQOPT=10
8 TITLE SPRING WILL COME SOON.
9 STATIC E
10 NOPRINT DESCR
11 CONTROL
12 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
13 $ LARGE DISP 1
14 $ CONVERGE BOTH 1
15 MODEL
16 NODE
17 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
18 $ 1 0. 0. 0.
19 $ 2 1. 0. 0.
20 $ 3 10. 0. 0.
21 $ 10 0. 10. 0.
22 ELEMENT TYPE
23 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
24 $ 1 USER 3 40 0 0
25 $ 2 BEAM2 3 6 4 1 1
26 $ 0
27 CONNECTION
28 $ 1 1 1 1 2 10
29 $ 2 2 2 2 3 10
30 GEOMETRY
31 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
32 $ 1 1.0
33 $ 2 1.0 1.0
34 MATERIAL
35 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
36 $ 1 USER MODEL 4 9 9
37 $ 2 E 1.0E+07
38 $ NU 0.3
39 BOUNDARY
40 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
41 $ 1
42 $ 1 1 6 0.0
43 $ 2 3 2 6 0.0
44 FORCE
45 $ 1 3 1 1 1.0
46 HISTORY
47 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
48 $ 1
49 $ 1 1 1.000
50 $ 2 1 10.000
51 $ 7
52 $ 1 1 1.000
53 $ 1 1 5.000
54 $INTERVAL 1
55 $ BOUN 1 1.000
56 $ FORC 1 -0.01
57 $ 1
58 $ BOUN 1 1.000
59 $ FORC 1 -15.00
60 $ 1
61 $ BOUN 1 1.000
62 $ FORC 1 -4.990
63 $ 1
64 $ BOUN 1 1.000
65 $ FORC 1 -0.010
66 $ 5
67 $ BOUN 1 1.000
68 $ FORC 1 -1.000
69 $ 1
70 $ BOUN 1 1.000
71 $ FORC 1 6.000
72 $ 10
73 $ BOUN 1 1.000
74 $ FORC 1 12.000
75 $
76 $
77 $
78 END MODEL
79 $OUTPUT
80 $STRUCTURE PLOT
81 $IPLT
82 $XYPLT
83 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
84 $PLOT1 DISP1 2
85 $POST TAPE

```

```

86 $DISP ALL
87 $ELM ALL
88 $END OUTPUT
89 END FINAS

```

dish\_s~1.dat

```

1 $
2 $ 4-7 皿はね
3 $
4 $SYSTEM 0/0
5 $DIAG 4/1
6 $FINAS
7 $OPTIONS ISEQOPT=10
8 $TITLE DISH SPRING (NON-LINEAR ELASTIC SPRING)
9 $STATIC E
10 $NOPRINT DESCR
11 $MODEL
12 $NODE
13 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
14 1 0. 0. 0.
15 2 2.5 0. 0.
16 3 10. 0. 0.
17 10 0. 10. 0.
18 $ELEMENT TYPE
19 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
20 1 USER 10 0 0
21 3 3 6 4 1 1
22 2 BEAM2 0
23 $CONNECTION
24 1 1 1 1 1 2 10
25 2 2 2 2 2 3 10
26 $GEOMETRY
27 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
28 1 4 1.0
29 2 2 1.0
30 $MATERIAL
31 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
32 1 USER MODEL 4 3 1
33 2
34 $ E 1.0E+07
35 $ E 1.0E+20
36 $ NU 0.3
37 $BOUNDARY
38 1
39 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
40 1 1 6 0.0
41 2 3 2 6 0.0
42 2
43 3 1 1 1.875
44 $HISTORY
45 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
46 $INTERVAL 50
47 $INTERVAL BOUN 1 1.000 2 1.0
48 $INTERVAL BOUN 200
49 $INTERVAL BOUN 1 1.000 2 -2.0
50 $INTERVAL BOUN 100
51 $INTERVAL BOUN 1 1.000 2 1.0
52 $END MODEL
53 $OUTPUT
54 $STRUCTURE PLOT
55 $I PLOT
56 $XY PLOT
57 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
58 $PLOT1 DISP1 2
59 $POST TAPE
60 $DISP ALL
61 $BLM ALL
62 $END OUTPUT
63 $END FINAS

```

coil\_s~1.dat

```

1 $
2 $ 4-8 =イルばね
3 $
4 $SYSTEM 0/0
5 $DIAC 4/1
6 $FINAS
7 $OPTIONS ISEQOPT=10
8 $TITLE SPRING WILL COME SOON.
9 $STATIC E
10 $NOPRINT DESCR
11 $MODEL
12 $NODE
13 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
14 1 0. 0. 0.
15 2 1. 0. 0.
16 3 10. 0. 0.
17 10 0. 10. 0.
18 $ELEMENT TYPE
19 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
20 1 USER 11 0 0
21 3 3 6 4 1 1
22 2 BEAM2 0
23 $CONNECTION
24 1 1 1 1 1 2 10
25 2 2 2 2 2 3 10
26 $GEOMETRY
27 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
28 1 4 1.0
29 2 2 1.0 1.0
30 $MATERIAL
31 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
32 1 USER MODEL 4 3 1
33 2
34 E 1.0E+12
35 NU 0.3
36 $BOUNDARY
37 1
38 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
39 1 1 6 0.0
40 2 3 2 6 0.0
41 $FORCE
42 1
43 3 1 1 1.0
44 $HISTORY
45 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
46 $INTERVAL
47 BOUN 1 1.000
48 FORC 1 50.000
49 INTERVAL 50 100000.0
50 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
51 BOUN 1 1.000
52 $END MODEL
53 $OUTPUT
54 $STRUCTURE PLOT
55 $PLOT
56 $XYPLOT
57 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
58 $PLOT1 DISP1 2
59 $POST TAPE
60 $DISP ALL
61 $ELM ALL
62 $END OUTPUT
63 $END FINAS

```

```

1 $
2 $ 4-9  ねじり+引ひ張りの連成
3 $
4 $
5 $SYSTEM 0/0
6 DIAG 4/1
7 FINAS
8 $OPTIONS ISEQOPT=10
9 TITLE   SPRING WILL COME SOON.
10 STATIC E
11 NOPRINT DESCR
12 MODEL
13 NODE
14 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
15 1          0.          0.          0.
16 2          1.          0.          0.
17 3          10.         0.          0.
18 10         0.          10.         0.
19 ELEMENT TYPE
20 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
21 1  USER      20  0  0
22 2  BEAM2     3  3  6  4  1  1
23 3  BEAM2     0
24 CONNECTION
25 1  1  1  1  1  1  2  10
26 2  2  2  2  2  2  3  10
27 GEOMETRY
28 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
29 1  4          1.0
30 2  2          1.0  1.0
31 MATERIAL
32 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
33 1  USER MODEL 4  3  1
34 2
35 E          1.0E+14
36 NU         0.3
37 BOUNDARY
38 1
39 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
40 1          1  6          0.0
41 2          2  3          0.0
42 3          2  3          0.0
43 2          5  6          0.0
44 3          1          1.0
45 3          1          1.0
46 3          4          1.0
47 HISTORY
48 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
49 INTERVAL 50
50 BOUN 1  1.000
51 BOUN 2  0.015
52 BOUN 3  0.015
53 INTERVAL 100
54 BOUN 1  1.000
55 BOUN 2 -0.030
56 BOUN 3 -0.030
57 INTERVAL 50
58 BOUN 1  1.000
59 BOUN 2  0.015
60 BOUN 3  0.015
61 END MODEL
62 $OUTPUT
63 $STRUCTURE PLOT
64 $IPLT
65 $XYPLOT
66 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
67 $PLOT1  DISP1  2
68 $POST TAPE
69 $DISP  ALL
70 $ELM  ALL
71 $END OUTPUT
72 END FINAS

```

```

1 * 4-10
2 * ベローズ継手付き配管の弾性追従モデル
3 * K1:弾塑性バネ K2:弾性バネ
4 $SYSTEM 0/0
5 DIAG 4/1
6 FINAS
7 $OPTIONS ISEQOPT=10
8 TITLE SPRING WILL COME SOON.
9 STATIC E
10 NOPRINT DESCR
11 MODEL
12 NODE
13 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
14 1 0. 0. 0.
15 2 0. 0. 0.
16 3 5.0E+3 0. 0.
17 4 5.0E+3 0. 0.
18 5 10.0E+3 0. 0.
19 10 0. 1.0E+3 0.
20 ELEMENT TYPE
21 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
22 1 USER 11 0 0
23 3 3 6 4 1 1
24 3 USER 10 0 0
25 3 3 6 4 1 1
26 2 BEAM2 1
27 CONNECTION
28 1 1 1 1 1 2 10
29 2 3 1 1 3 4 10
30 3 2 2 2 2 3 10
31 4 2 2 2 4 5 10
32 GEOMETRY
33 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
34 1 4 0.0 1.0E+3 0.0 0.0
35 2 2 548.04 550.0
36 MATERIAL
37 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
38 1 USER MODEL 4 3 1
39 2
40 E 1.52E+4
41 NU 0.3
42 FASTENING
43 1
44 F1 3 2 4 2
45 F1 2 6 3 6
46 F1 4 6 5 6
47 BOUNDARY
48 1
49 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
50 1 1 6 0.0
51 2 2 0.0
52 2 5 1 0.0
53 2 5 3 5 0.0
54 2
55 5 2 50.0
56 3
57 5 2 0.0
58 HISTORY
59 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
60 INTERVAL
61 BOUN 1 1.000
62 BOUN 2 1.000
63 FAS 1
64 INTERVAL 20 2.0E+5
65 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
66 BOUN 1 1.000
67 BOUN 3 1.000
68 FAS 1
69 END MODEL
70 $OUTPUT
71 $STRUCTURE PLOT
72 $IPLT
73 $XYPLOT
74 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
75 $PLOT1 DISP1 2
76 $POST TAPE
77 $DISP ALL
78 $ELM ALL
79 $END OUTPUT
80 END FINAS

```

```

1 * 4-10
2 *      ペローズ継手付き配管の弾性追従モデル
3 *      両ペローズ共に弾塑性パネ
4 *
5 $SYSTEM 0/0
6 DIAG 4/1
7 FINAS
8 $OPTIONS ISEQOPT=10
9 TITLE   SPRING WILL COME SOON.
10 STATIC E
11 NOPRINT
12 MODEL  DESCR
13 NODE
14 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
15 1
16 2
17 3
18 4
19 5
20 10
21 ELEMENT TYPE
22 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
23 1 USER
24 3 3 11 0 0
25 2 BEAM2 1 1
26 CONNECTION
27 1 1 1 1 1 2 10
28 2 1 1 1 3 4 10
29 3 2 2 2 2 3 10
30 4 2 2 2 4 5 10
31 GEOMETRY
32 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
33 1 4 0.0 1.0E+3 0.0 0.0
34 2 2 548.04 550.0
35 MATERIAL
36 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
37 1 USER MODEL 4 3 1
38 2
39 E 1.52E4
40 NU 0.3
41 FASTENING
42 1
43 F1 3 2 4 2
44 F1 2 6 3 6
45 F1 4 6 5 6
46 BOUNDARY
47 1
48 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
49 1
50 2 1 6 0.0
51 2 2 2 0.0
52 2 5 1 0.0
53 2 5 3 5 0.0
54 5 2 50.0
55 3 5 2 0.0
56 5 2 0.0
57 HISTORY
58 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
59 INTERVAL
60 BOUN 1 1.000
61 BOUN 2 1.000
62 FAS 1
63 INTERVAL 20 2.0E+5
64 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
65 BOUN 1 1.000
66 BOUN 3 1.000
67 FAS 1
68 END MODEL
69 $OUTPUT
70 $STRUCTURE PLOT
71 $IPLT
72 $XYPLT
73 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
74 $PLOT1 DISP 2
75 $POST TAPE
76 $DISP ALL
77 $ELM ALL
78 $END OUTPUT
79 END FINAS

```

```

1 * 4-11
2 *      基本梁モデルを用いた動的解析
3 *
4 $SYSTEM 0/0
5 DIAG 4/1
6 FINAS
7 $OPTIONS ISEQOPT=10
8 TITLE  SPRING WILL COME SOON.
9 DYNAMIC      ND  E
10 UPDATE 16, 16
11          TAI      ECHA, CONE, INCD, BOUN, EGED, NODC, MATN/
12          EQIX, ADIC, EST, ECT/
13          ISEQOPT=0, IDFS=0, ISEQLVL=5 $
14 ENDUPDATE
15 CONTROL
16      LUMP MASS
17 NOPRINT  DESCR
18 MODEL
19 NODE
20 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
21 1      0.      0.      0.
22 2      1.      0.      0.
23 $ 3      10.     0.      0.
24 10     0.      1.      0.
25 ELEMENT TYPE
26 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
27 1      USER      30 0 1
28 3      3 3 6 4 1 1
29 CONNECTION
30 1 1 1 1 1 2 10
31 GEOMETRY
32 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
33 1 4      1.0
34 MATERIAL
35 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
36 1      USER MODEL 4 3 7
37 ADD MASS
38      F1 2      1      10
39 BOUNDARY
40 1
41 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
42 1      1 2      2 6      0.0
43 2
44      1      1      1.0
45 TIME SERIES
46 1
47      F1 1001
48      0 1.71E+02      0.01 -1.70E+02      0.02 -5.28E+02
49      0.03 -2.21E+02      0.04 -1.89E+02      0.05 -6.98E+02
50      0.06 -8.68E+02      0.07 -9.65E+02      0.08 -7.06E+02
51      0.09 -4.35E+02      0.1 -1.28E+02      0.11 -8.91E+01
52      0.12 -9.34E+00      0.13 1.25E+02      0.14 -1.17E+02
53      0.15 -1.70E+02      0.16 -2.09E+02      0.17 -1.90E+02
54      0.18 -1.31E+02      0.19 -1.17E+02      0.2 -1.59E+02
55      0.21 -3.57E+02      0.22 -5.69E+02      0.23 -1.03E+03
56      0.24 -1.31E+03      0.25 -1.07E+03      0.26 -5.18E+02
57      0.27 -3.64E+02      0.28 -2.62E+02      0.29 1.57E+02
58      0.3 4.10E+02      0.31 5.90E+02      0.32 6.25E+02
59      0.33 4.33E+02      0.34 3.03E+02      0.35 1.73E+02
60      0.36 2.27E+01      0.37 -4.77E+02      0.38 -5.14E+02
61      0.39 -4.83E+02      0.4 -4.41E+02      0.41 -4.15E+02
62      0.42 -7.00E+02      0.43 -8.16E+02      0.44 -7.92E+02
63      0.45 -1.04E+03      0.46 -1.08E+03      0.47 -6.55E+02
64      0.48 -3.48E+02      0.49 -2.93E+01      0.5 6.84E+02
65      0.51 1.05E+03      0.52 1.14E+03      0.53 1.25E+03
66      0.54 7.03E+02      0.55 4.28E+02      0.56 4.32E+02
67      0.57 5.64E+02      0.58 4.90E+02      0.59 1.16E+02
68      0.6 -2.30E+02      0.61 -2.57E+02      0.62 -5.86E+02
69      0.63 -7.05E+02      0.64 -6.28E+02      0.65 -5.92E+02
70      0.66 -4.43E+02      0.67 -1.83E+02      0.68 -1.83E+02
71      0.69 -3.27E+02      0.7 -2.89E+02      0.71 3.81E+02
72      0.72 9.39E+02      0.73 1.18E+03      0.74 1.52E+03
73      0.75 1.64E+03      0.76 1.75E+03      0.77 1.71E+03
74      0.78 1.77E+03      0.79 1.45E+03      0.8 7.87E+02
75      0.81 2.65E+02      0.82 1.10E+02      0.83 2.40E+02
76      0.84 -2.71E+01      0.85 -4.53E+02      0.86 -1.02E+03
77      0.87 -1.10E+03      0.88 -8.67E+02      0.89 -6.70E+02
78      0.9 -3.22E+02      0.91 -3.23E+02      0.92 -5.44E+02
79      0.93 -4.22E+02      0.94 -1.93E+02      0.95 -3.60E+02
80      0.96 -3.00E+02      0.97 2.98E+01      0.98 3.80E+01
81      0.99 2.09E+02      1 7.48E+01      1.01 -1.44E+02
82      1.02 -1.43E+02      1.03 -2.59E+02      1.04 -3.03E+02
83      1.05 -3.77E+02      1.06 -5.33E+02      1.07 -4.03E+02
84      1.08 -1.57E+02      1.09 -1.39E+02      1.1 -2.37E+02
85      1.11 -8.16E+02      1.12 -1.27E+03      1.13 -1.64E+03

```

```

86      1.14 -1.48E+03      1.15 -1.04E+03      1.16 -8.72E+02
87      1.17 -5.79E+02      1.18 -2.89E+02      1.19 -3.60E+02
88      1.2 -1.80E+02      1.21 3.03E+02      1.22 6.02E+02
89      1.23 4.20E+02      1.24 5.11E+02      1.25 5.45E+02
90      1.26 5.74E+02      1.27 3.57E+02      1.28 -3.10E+02
91      1.29 -7.59E+02      1.3 -1.47E+03      1.31 -1.97E+03
92      1.32 -1.42E+03      1.33 -6.49E+02      1.34 -2.53E+02
93      1.35 -2.43E+02      1.36 -6.97E+01      1.37 4.13E+02
94      1.38 7.27E+02      1.39 1.16E+03      1.4 1.67E+03
95      1.41 1.95E+03      1.42 1.95E+03      1.43 1.61E+03
96      1.44 1.21E+03      1.45 8.65E+02      1.46 5.09E+02
97      1.47 4.86E+01      1.48 -1.36E+02      1.49 2.16E+02
98      1.5 2.97E+02      1.51 3.44E+02      1.52 6.87E+01
99      1.53 -3.58E+02      1.54 -4.94E+02      1.55 -5.40E+02
100     1.56 -3.28E+02      1.57 2.81E+00      1.58 1.53E+02
101     1.59 1.11E+01      1.6 -3.14E+02      1.61 -9.05E+02
102     1.62 -9.69E+02      1.63 -1.20E+03      1.64 -1.16E+03
103     1.65 -7.79E+02      1.66 -9.44E+02      1.67 -8.16E+02
104     1.68 -5.67E+02      1.69 -7.74E+02      1.7 -9.84E+02
105     1.71 -8.25E+02      1.72 -4.05E+02      1.73 -1.42E+01
106     1.74 5.19E+02      1.75 9.47E+02      1.76 1.04E+03
107     1.77 1.25E+03      1.78 1.10E+03      1.79 8.08E+02
108     1.8 8.30E+02      1.81 8.20E+02      1.82 4.36E+02
109     1.83 1.74E+02      1.84 5.27E+02      1.85 5.00E+02
110     1.86 -1.17E+01      1.87 -4.19E+02      1.88 -7.87E+02
111     1.89 -9.50E+02      1.9 -1.44E+03      1.91 -1.68E+03
112     1.92 -1.62E+03      1.93 -1.48E+03      1.94 -1.16E+03
113     1.95 -3.84E+02      1.96 2.46E+02      1.97 1.00E+03
114     1.98 1.68E+03      1.99 1.71E+03      2 1.58E+03
115     2.01 1.90E+03      2.02 1.88E+03      2.03 1.81E+03
116     2.04 1.43E+03      2.05 9.41E+02      2.06 6.25E+02
117     2.07 1.01E+02      2.08 -4.78E+02      2.09 -4.44E+02
118     2.1 -6.31E+02      2.11 -8.35E+02      2.12 -9.66E+02
119     2.13 -1.11E+03      2.14 -8.16E+02      2.15 -6.41E+02
120     2.16 -5.30E+02      2.17 -2.87E+02      2.18 -4.82E+01
121     2.19 3.30E+02      2.2 9.65E+02      2.21 1.04E+03
122     2.22 6.69E+02      2.23 1.88E+02      2.24 -5.27E+02
123     2.25 -9.01E+02      2.26 -1.12E+03      2.27 -9.85E+02
124     2.28 -7.18E+02      2.29 -3.90E+02      2.3 -4.77E+02
125     2.31 -4.43E+02      2.32 -1.78E+02      2.33 3.82E+01
126     2.34 3.38E+02      2.35 5.00E+02      2.36 2.16E+02
127     2.37 1.39E+02      2.38 2.65E+02      2.39 3.94E+02
128     2.4 2.99E+02      2.41 4.91E+02      2.42 6.44E+02
129     2.43 7.62E+02      2.44 1.21E+03      2.45 1.43E+03
130     2.46 1.51E+03      2.47 1.09E+03      2.48 4.71E+02
131     2.49 3.11E+02      2.5 1.79E+01      2.51 -1.34E+02
132     2.52 -3.22E+02      2.53 -9.35E+02      2.54 -1.29E+03
133     2.55 -1.42E+03      2.56 -1.40E+03      2.57 -1.11E+03
134     2.58 -4.06E+02      2.59 -1.95E+02      2.6 3.92E+02
135     2.61 1.38E+03      2.62 1.64E+03      2.63 1.81E+03
136     2.64 1.76E+03      2.65 1.73E+03      2.66 1.65E+03
137     2.67 1.43E+03      2.68 1.27E+03      2.69 9.65E+02
138     2.7 5.68E+02      2.71 1.67E+02      2.72 4.27E+02
139     2.73 7.32E+02      2.74 4.18E+02      2.75 4.61E+02
140     2.76 2.53E+02      2.77 -2.47E+02      2.78 -1.87E+02
141     2.79 -1.65E+02      2.8 -5.08E+02      2.81 -9.55E+02
142     2.82 -1.12E+03      2.83 -1.29E+03      2.84 -1.29E+03
143     2.85 -1.44E+03      2.86 -1.94E+03      2.87 -1.94E+03
144     2.88 -1.78E+03      2.89 -1.35E+03      2.9 -6.23E+02
145     2.91 1.15E+02      2.92 3.42E+02      2.93 4.61E+02
146     2.94 6.66E+02      2.95 7.57E+02      2.96 7.87E+02
147     2.97 8.15E+02      2.98 5.26E+02      2.99 -1.05E+02
148     3 -3.46E+02      3.01 -5.91E+02      3.02 -3.33E+02
149     3.03 2.29E+02      3.04 7.20E+02      3.05 8.83E+02
150     3.06 8.24E+02      3.07 7.34E+02      3.08 8.57E+02
151     3.09 8.01E+02      3.1 6.77E+02      3.11 6.22E+02
152     3.12 2.49E+02      3.13 -1.45E+02      3.14 -6.04E+02
153     3.15 -1.12E+03      3.16 -1.67E+03      3.17 -2.14E+03
154     3.18 -2.43E+03      3.19 -2.66E+03      3.2 -2.23E+03
155     3.21 -1.62E+03      3.22 -9.09E+02      3.23 -6.69E+02
156     3.24 -6.03E+02      3.25 -3.59E+02      3.26 1.95E+02
157     3.27 4.36E+02      3.28 5.36E+02      3.29 6.70E+02
158     3.3 6.88E+02      3.31 5.83E+02      3.32 6.89E+02
159     3.33 5.53E+02      3.34 1.41E+02      3.35 -1.78E+02
160     3.36 -3.57E+02      3.37 -4.52E+02      3.38 -4.39E+02
161     3.39 -6.87E+01      3.4 1.72E+02      3.41 4.93E+02
162     3.42 7.59E+02      3.43 5.38E+02      3.44 2.41E+02
163     3.45 3.66E+02      3.46 2.86E+02      3.47 -5.04E+01
164     3.48 -1.22E+02      3.49 -4.31E+02      3.5 -7.87E+02
165     3.51 -1.39E+03      3.52 -1.52E+03      3.53 -1.20E+03
166     3.54 -7.68E+02      3.55 -4.85E+02      3.56 -3.00E+02
167     3.57 5.50E+01      3.58 5.29E+02      3.59 1.24E+03
168     3.6 1.56E+03      3.61 1.95E+03      3.62 2.10E+03
169     3.63 2.01E+03      3.64 1.89E+03      3.65 1.65E+03
170     3.66 8.75E+02      3.67 4.80E+02      3.68 5.32E+01

```

171	3.69	-3.90E+02	3.7	-4.94E+02	3.71	-6.55E+02
172	3.72	-5.66E+02	3.73	-4.06E+02	3.74	-3.18E+02
173	3.75	-3.22E+02	3.76	-2.96E+02	3.77	-3.14E+02
174	3.78	-1.91E+02	3.79	1.23E+01	3.8	-1.35E+02
175	3.81	-3.98E+01	3.82	-1.95E+02	3.83	-5.72E+02
176	3.84	-6.27E+02	3.85	-2.99E+02	3.86	-1.61E+01
177	3.87	4.61E+02	3.88	8.16E+02	3.89	9.29E+02
178	3.9	1.10E+03	3.91	9.78E+02	3.92	9.03E+02
179	3.93	5.88E+02	3.94	4.35E+02	3.95	-1.21E+02
180	3.96	-3.40E+02	3.97	-2.96E+02	3.98	-7.03E+02
181	3.99	-9.63E+02	4	-1.24E+03	4.01	-1.21E+03
182	4.02	-1.27E+03	4.03	-1.36E+03	4.04	-1.17E+03
183	4.05	-1.04E+03	4.06	-9.24E+02	4.07	-6.21E+02
184	4.08	-9.81E+01	4.09	1.29E+02	4.1	1.90E+02
185	4.11	9.21E+01	4.12	-1.90E+02	4.13	-2.31E+02
186	4.14	-1.98E+02	4.15	-5.28E+02	4.16	-8.29E+02
187	4.17	-4.77E+02	4.18	-3.56E+02	4.19	-2.76E+01
188	4.2	1.90E+02	4.21	4.86E+01	4.22	-1.19E+02
189	4.23	-8.29E+01	4.24	2.98E+02	4.25	8.21E+02
190	4.26	1.14E+03	4.27	1.24E+03	4.28	8.58E+02
191	4.29	6.09E+02	4.3	5.97E+02	4.31	6.21E+02
192	4.32	7.42E+02	4.33	4.11E+02	4.34	-5.87E+01
193	4.35	-5.25E+02	4.36	-9.80E+02	4.37	-1.18E+03
194	4.38	-1.32E+03	4.39	-1.73E+03	4.4	-1.70E+03
195	4.41	-9.70E+02	4.42	-3.20E+02	4.43	-2.35E+02
196	4.44	1.38E+01	4.45	4.21E+01	4.46	-1.64E+02
197	4.47	5.36E+01	4.48	5.97E+02	4.49	1.15E+03
198	4.5	1.73E+03	4.51	1.66E+03	4.52	1.75E+03
199	4.53	1.65E+03	4.54	9.99E+02	4.55	-4.76E+01
200	4.56	-1.08E+03	4.57	-1.61E+03	4.58	-1.44E+03
201	4.59	-9.43E+02	4.6	-8.02E+02	4.61	-6.70E+02
202	4.62	-2.09E+02	4.63	4.46E+02	4.64	9.89E+02
203	4.65	1.28E+03	4.66	1.34E+03	4.67	1.17E+03
204	4.68	9.69E+02	4.69	5.69E+02	4.7	2.43E+02
205	4.71	-3.99E+02	4.72	-1.10E+03	4.73	-1.57E+03
206	4.74	-1.89E+03	4.75	-2.20E+03	4.76	-2.01E+03
207	4.77	-1.50E+03	4.78	-5.72E+02	4.79	2.74E+02
208	4.8	4.60E+02	4.81	8.22E+02	4.82	8.18E+02
209	4.83	5.84E+02	4.84	8.35E+02	4.85	8.58E+02
210	4.86	8.10E+02	4.87	8.09E+02	4.88	4.07E+02
211	4.89	4.53E+02	4.9	4.81E+02	4.91	4.87E+02
212	4.92	5.25E+02	4.93	4.70E+02	4.94	8.76E+02
213	4.95	1.13E+03	4.96	1.25E+03	4.97	1.45E+03
214	4.98	1.70E+03	4.99	1.46E+03	5	1.04E+03
215	5.01	9.37E+02	5.02	7.15E+02	5.03	4.13E+02
216	5.04	2.38E+02	5.05	-2.71E+02	5.06	-5.49E+02
217	5.07	-3.88E+02	5.08	-9.72E+01	5.09	6.57E+01
218	5.1	1.61E+02	5.11	2.76E+01	5.12	-2.39E+02
219	5.13	-1.72E+02	5.14	1.11E+02	5.15	6.36E+02
220	5.16	1.00E+03	5.17	8.72E+02	5.18	5.00E+02
221	5.19	2.29E+02	5.2	-5.13E+02	5.21	-7.61E+02
222	5.22	-8.58E+02	5.23	-6.41E+02	5.24	2.50E+01
223	5.25	2.07E+02	5.26	3.68E+02	5.27	5.70E+02
224	5.28	2.91E+02	5.29	-7.54E+01	5.3	-1.31E+01
225	5.31	-2.22E+01	5.32	-9.81E+01	5.33	-3.98E+02
226	5.34	-6.41E+02	5.35	-8.08E+02	5.36	-1.00E+03
227	5.37	-1.21E+03	5.38	-1.42E+03	5.39	-1.54E+03
228	5.4	-1.42E+03	5.41	-1.27E+03	5.42	-1.02E+03
229	5.43	-8.03E+02	5.44	-7.15E+02	5.45	-9.55E+02
230	5.46	-8.10E+02	5.47	-4.49E+02	5.48	-6.07E+01
231	5.49	4.34E+02	5.5	2.56E+02	5.51	3.65E+02
232	5.52	2.77E+02	5.53	5.93E+01	5.54	-4.21E+02
233	5.55	-9.70E+02	5.56	-1.20E+03	5.57	-1.29E+03
234	5.58	-1.35E+03	5.59	-1.39E+03	5.6	-6.99E+02
235	5.61	-6.45E+01	5.62	1.46E+02	5.63	1.67E+02
236	5.64	3.94E+02	5.65	5.49E+02	5.66	5.66E+02
237	5.67	4.71E+02	5.68	5.59E+02	5.69	4.56E+02
238	5.7	3.04E+02	5.71	1.48E+02	5.72	2.39E+02
239	5.73	9.03E+02	5.74	1.64E+03	5.75	1.88E+03
240	5.76	1.63E+03	5.77	1.63E+03	5.78	1.91E+03
241	5.79	1.97E+03	5.8	2.04E+03	5.81	1.98E+03
242	5.82	2.20E+03	5.83	2.31E+03	5.84	1.84E+03
243	5.85	9.78E+02	5.86	-1.80E+02	5.87	-1.39E+03
244	5.88	-2.04E+03	5.89	-2.14E+03	5.9	-2.12E+03
245	5.91	-2.35E+03	5.92	-2.64E+03	5.93	-2.76E+03
246	5.94	-2.33E+03	5.95	-2.00E+03	5.96	-1.43E+03
247	5.97	-9.30E+02	5.98	-5.71E+02	5.99	-2.75E+01
248	6	1.67E+02	6.01	2.39E+02	6.02	1.42E+02
249	6.03	-1.87E+02	6.04	-4.73E+02	6.05	-4.05E+02
250	6.06	3.00E+02	6.07	9.93E+02	6.08	1.32E+03
251	6.09	1.61E+03	6.1	1.50E+03	6.11	1.62E+03
252	6.12	1.73E+03	6.13	1.48E+03	6.14	1.40E+03
253	6.15	9.30E+02	6.16	-4.04E+01	6.17	-7.65E+02
254	6.18	-1.17E+03	6.19	-1.19E+03	6.2	-1.53E+03
255	6.21	-1.81E+03	6.22	-1.63E+03	6.23	-1.19E+03

256	6.24	-1.03E+03	6.25	-8.23E+02	6.26	-3.45E+02
257	6.27	4.04E+02	6.28	3.92E+02	6.29	4.83E+01
258	6.3	4.01E+02	6.31	8.57E+02	6.32	5.91E+02
259	6.33	2.03E+02	6.34	7.96E+01	6.35	6.20E+01
260	6.36	3.58E+02	6.37	2.08E+02	6.38	-1.66E+02
261	6.39	-9.85E+01	6.4	5.15E+02	6.41	5.60E+02
262	6.42	2.63E+02	6.43	6.63E+02	6.44	1.17E+03
263	6.45	1.13E+03	6.46	8.18E+02	6.47	7.03E+02
264	6.48	9.43E+02	6.49	5.58E+02	6.5	2.08E+02
265	6.51	5.77E+02	6.52	7.23E+02	6.53	6.47E+02
266	6.54	4.33E+02	6.55	2.66E+01	6.56	7.13E+00
267	6.57	-1.25E+02	6.58	-2.18E+02	6.59	-7.64E+02
268	6.6	-1.25E+03	6.61	-1.64E+03	6.62	-1.94E+03
269	6.63	-1.80E+03	6.64	-1.23E+03	6.65	-6.68E+02
270	6.66	-2.59E+02	6.67	7.00E+01	6.68	2.61E+02
271	6.69	3.74E+02	6.7	8.25E+02	6.71	1.22E+03
272	6.72	1.00E+03	6.73	7.28E+02	6.74	4.03E+02
273	6.75	-3.22E+01	6.76	-6.98E+02	6.77	-1.07E+03
274	6.78	-9.76E+02	6.79	-3.73E+02	6.8	9.88E+01
275	6.81	4.67E+02	6.82	4.58E+02	6.83	4.44E+02
276	6.84	4.91E+02	6.85	3.57E+02	6.86	1.51E+01
277	6.87	-2.74E+02	6.88	-8.68E+01	6.89	2.45E+02
278	6.9	5.09E+02	6.91	4.36E+02	6.92	8.15E+02
279	6.93	1.18E+03	6.94	9.56E+02	6.95	1.33E+03
280	6.96	2.16E+03	6.97	2.51E+03	6.98	2.55E+03
281	6.99	2.29E+03	7	1.90E+03	7.01	1.36E+03
282	7.02	7.29E+02	7.03	-6.83E+01	7.04	-6.41E+02
283	7.05	-1.44E+03	7.06	-2.30E+03	7.07	-2.78E+03
284	7.08	-3.09E+03	7.09	-2.92E+03	7.1	-2.66E+03
285	7.11	-2.23E+03	7.12	-1.93E+03	7.13	-1.58E+03
286	7.14	-1.20E+03	7.15	-9.44E+02	7.16	-4.41E+02
287	7.17	-1.09E+02	7.18	4.25E+02	7.19	4.93E+02
288	7.2	-2.70E+01	7.21	-3.20E+01	7.22	1.97E+02
289	7.23	4.13E+02	7.24	4.21E+01	7.25	-8.56E+01
290	7.26	9.56E+00	7.27	2.73E+02	7.28	5.59E+02
291	7.29	9.88E+02	7.3	8.93E+02	7.31	4.17E+02
292	7.32	1.83E+01	7.33	-4.85E+02	7.34	-7.04E+02
293	7.35	-1.07E+03	7.36	-1.48E+03	7.37	-2.13E+03
294	7.38	-2.43E+03	7.39	-2.29E+03	7.4	-2.11E+03
295	7.41	-1.84E+03	7.42	-1.27E+03	7.43	-7.42E+02
296	7.44	-4.35E+02	7.45	-8.18E+01	7.46	5.49E+02
297	7.47	8.43E+02	7.48	7.52E+02	7.49	6.05E+02
298	7.5	3.77E+02	7.51	5.02E+02	7.52	5.40E+02
299	7.53	4.64E+02	7.54	3.39E+02	7.55	2.90E+02
300	7.56	7.39E+02	7.57	7.34E+02	7.58	7.49E+02
301	7.59	1.23E+03	7.6	1.62E+03	7.61	2.09E+03
302	7.62	2.23E+03	7.63	1.83E+03	7.64	1.28E+03
303	7.65	7.21E+02	7.66	4.41E+02	7.67	4.85E+02
304	7.68	3.34E+02	7.69	-5.63E+01	7.7	-4.94E+02
305	7.71	-8.64E+02	7.72	-1.25E+03	7.73	-1.51E+03
306	7.74	-1.36E+03	7.75	-4.70E+02	7.76	-3.34E+01
307	7.77	-1.36E+02	7.78	3.12E+02	7.79	6.31E+02
308	7.8	5.58E+02	7.81	1.08E+02	7.82	-4.87E+02
309	7.83	-4.43E+02	7.84	-3.32E+02	7.85	-3.30E+02
310	7.86	2.31E+02	7.87	2.39E+02	7.88	-1.73E+02
311	7.89	-1.95E+02	7.9	-9.01E+01	7.91	-1.32E+01
312	7.92	1.04E+02	7.93	3.01E+02	7.94	2.15E+02
313	7.95	2.21E+01	7.96	2.14E+01	7.97	4.49E+01
314	7.98	1.48E+02	7.99	1.03E+02	8	1.54E+02
315	8.01	-2.51E+02	8.02	-2.17E+02	8.03	2.65E+02
316	8.04	3.69E+02	8.05	4.54E+02	8.06	3.58E+02
317	8.07	4.34E+02	8.08	3.44E+02	8.09	-2.32E+01
318	8.1	-3.02E+02	8.11	-3.80E+02	8.12	1.02E+02
319	8.13	4.23E+02	8.14	7.66E+02	8.15	8.02E+02
320	8.16	6.95E+02	8.17	4.43E+02	8.18	1.42E+02
321	8.19	-2.52E+02	8.2	-3.34E+02	8.21	-1.06E+02
322	8.22	-3.14E+02	8.23	-1.70E+02	8.24	8.15E+01
323	8.25	2.66E+02	8.26	2.57E+02	8.27	3.97E+02
324	8.28	4.22E+02	8.29	6.19E+02	8.3	1.40E+03
325	8.31	1.86E+03	8.32	1.41E+03	8.33	4.99E+02
326	8.34	2.80E+02	8.35	-1.85E+02	8.36	-6.



341	8.79	-4.05E+02	8.8	-4.54E+02	8.81	-3.65E+02
342	8.82	-5.23E+02	8.83	-7.73E+02	8.84	-8.48E+02
343	8.85	-8.62E+02	8.86	-1.09E+03	8.87	-9.21E+02
344	8.88	-4.77E+02	8.89	-5.91E+01	8.9	-2.85E+01
345	8.91	-2.56E+02	8.92	-2.44E+02	8.93	-2.11E+02
346	8.94	8.76E+01	8.95	4.58E+02	8.96	7.69E+02
347	8.97	8.87E+02	8.98	9.94E+02	8.99	1.19E+03
348	9	1.52E+03	9.01	1.65E+03	9.02	1.11E+03
349	9.03	3.92E+02	9.04	2.22E+02	9.05	-4.43E+02
350	9.06	-7.89E+02	9.07	-5.74E+02	9.08	-5.58E+02
351	9.09	-3.27E+02	9.1	-1.87E+02	9.11	-2.40E+02
352	9.12	-3.22E+02	9.13	-1.47E+02	9.14	-1.52E+01
353	9.15	-4.31E+02	9.16	-6.87E+02	9.17	-6.00E+02
354	9.18	-3.55E+02	9.19	-3.35E+02	9.2	1.11E+02
355	9.21	6.75E+02	9.22	8.91E+02	9.23	1.35E+03
356	9.24	1.31E+03	9.25	1.46E+03	9.26	1.73E+03
357	9.27	1.74E+03	9.28	1.48E+03	9.29	8.93E+02
358	9.3	2.81E+02	9.31	-6.02E+02	9.32	-1.11E+03
359	9.33	-1.30E+03	9.34	-1.52E+03	9.35	-1.70E+03
360	9.36	-1.90E+03	9.37	-1.40E+03	9.38	-4.83E+02
361	9.39	3.34E+02	9.4	3.87E+02	9.41	2.55E+02
362	9.42	2.01E+01	9.43	-1.81E+02	9.44	6.14E+01
363	9.45	4.10E+01	9.46	-2.11E+02	9.47	-2.90E+02
364	9.48	-8.24E+02	9.49	-1.15E+03	9.5	-1.22E+03
365	9.51	-1.39E+03	9.52	-1.13E+03	9.53	-6.42E+02
366	9.54	-3.45E+02	9.55	3.49E+02	9.56	1.07E+03
367	9.57	1.48E+03	9.58	1.68E+03	9.59	1.61E+03
368	9.6	1.12E+03	9.61	5.33E+02	9.62	5.33E+02
369	9.63	4.73E+02	9.64	2.61E+02	9.65	-1.73E+02
370	9.66	-4.67E+02	9.67	-5.92E+02	9.68	-6.27E+02
371	9.69	-7.82E+02	9.7	-6.50E+02	9.71	-3.84E+02
372	9.72	-4.52E+02	9.73	-5.49E+02	9.74	-1.35E+02
373	9.75	1.31E+02	9.76	5.81E+02	9.77	6.84E+02
374	9.78	4.60E+02	9.79	5.76E+02	9.8	4.13E+02
375	9.81	2.55E+02	9.82	1.04E+02	9.83	-2.54E+02
376	9.84	-5.29E+02	9.85	-8.77E+02	9.86	-9.82E+02
377	9.87	-5.82E+02	9.88	-3.59E+02	9.89	-4.41E+02
378	9.9	-2.25E+02	9.91	1.46E+02	9.92	7.05E+02
379	9.93	1.16E+03	9.94	1.58E+03	9.95	1.34E+03
380	9.96	4.36E+02	9.97	-3.18E+02	9.98	-8.91E+02
381	9.99	-1.26E+03	10	-1.26E+03		

382 RESPONSE  
383 \$.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8  
384 TIME 10 50 1  
385 BOUN 1 1.0  
386 ACCE 2 1.0 1  
387 END MODEL  
388 OUTPUT  
389 OTIME2 1 112500 50  
390 XY PLOT  
391 CURVE 1 1 0  
392 PLOT1 DISP1 2  
393 PLOT1 ACCEL 2 RTIME  
394 PRINT SELECT  
395 DISP NONE  
396 VELO NONE  
397 ACCE NONE  
398 ELM ALL  
399 END OUTPUT  
400 END FINAS

```

1 * 4-12
2 * L字配管の動的応答解析
3 *
4 $SYSTEM O/O
5 DIAG 4/1
6 FINAS
7 $OPTIONS ISEQOPT=10
8 TITLE SPRING WILL COME SOON.
9 DYNAMIC ND E
10 UPDATE 16,16
11 TA1 ECHA, CONE, INCD, BOUN, EGED, NODC, MATN/
12 EQIX, ADIC, EST, ECT/
13 ISEQOPT=0, IDFS=0, ISEQLVL=5 $
14 ENDUPDATE
15 NOPRINT DESCR
16 MODEL
17 NODE
18 1 5562.0 7500.0 0.0
19 2 5562.0 7500.0 0.0
20 3 5562.0 7500.0 0.0
21 4 4602.0 7500.0 0.0
22 5 3642.0 7500.0 0.0
23 6 2682.0 7500.0 0.0
24 7 1722.0 7500.0 0.0
25 8 762.0 7500.0 0.0
26 9 223.2 7276.8 0.0
27 10 223.2 7276.8 0.0
28 11 0.0 6738.0 0.0
29 12 0.0 5825.3 0.0
30 13 0.0 4912.7 0.0
31 14 0.0 4000.0 0.0
32 15 0.0 3000.0 0.0
33 16 0.0 2000.0 0.0
34 17 0.0 1000.0 0.0
35 18 0.0 0.0 0.0
36 19 0.0 0.0 0.0
37 20 5562.0 1000.0 0.0
38 ELEMENT TYPE
39 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
40 1 USER 30 0 0
41 3 3 6 4 1 1
42 2 SBEAM2
43 3, USER 10 0 0
44 3 3 6 4 1 1
45 CONNECTION
46 101 3 101 101 2 1 20
47 102 1 102 102 3 2 20
48 103 1 103 103 10 9 20
49 104 3 104 104 18 19 20
50 3 2 1 1 3 4 20
51 4 2 1 1 4 5 20
52 5 2 1 1 5 6 20
53 6 2 1 1 6 7 20
54 7 2 1 1 7 8 20
55 8 2 4 4 8 9 20
56 10 2 4 4 10 11 20
57 11 2 2 2 11 12 20
58 12 2 2 2 12 13 20
59 13 2 2 2 13 14 20
60 14 2 3 3 14 15 20
61 15 2 3 3 15 16 20
62 16 2 3 3 16 17 20
63 17 2 3 3 17 18 20
64 GEOMETRY
65 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
66 1 5 2.9896E4 1.4948E4 1.4948E4 2.0987E9 2.0987E9
67 2 5 2.9896E4 1.4948E4 1.4948E4 2.0987E9 2.0987E9
68 3 5 2.9896E4 1.4948E4 1.4948E4 2.0987E9 2.0987E9
69 4 5 2.9896E4 1.4948E4 1.4948E4 2.0987E9 2.0987E9
70 101 4 0.0 0.0 0.0 0.0
71 102 4 0.0 0.0 0.0 0.0
72 103 4 0.0 0.0 0.0 0.0
73 104 4 0.0 0.0 0.0 0.0
74 MATERIAL
75 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
76 1 E 15900.0
77 NU 0.304
78 RHO 2.369E-9
79 2 E 15900.0
80 NU 0.304
81 RHO 2.017E-9
82 3 E 15900.0
83 NU 0.304
84 RHO 2.017E-9
85 E 15900.0

```

```

86 NU 0.304
87 RHO 3.301E-9
88 4 E 1.59E7
89 NU 0.304
90 RHO 2.369E-9
91 101 USER MODEL 4 3 1
92 102 USER MODEL 4 3 1
93 103 USER MODEL 4 3 1
94 104 USER MODEL 4 3 1
95 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
96 BOUNDARY
97 1
98 1 1 2
99 1 1 6
100 2 3 1 2
101 19 2
102 19 16
103 1 19 3 5
104 1 1 1.0
105 19 1 1.0
106 $-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
107 DAMPING
108 F2 1 0.198639 1.1075E-4
109 FASTENING
110 1
111 F1 10 1 9 1
112 F1 10 2 9 2
113 TIME SERIES
114 1
115 F1 1001
116 0 1.71E+02 0.01 -1.70E+02 0.02 -5.28E+02
117 0.03 -2.21E+02 0.04 -1.89E+02 0.05 -6.98E+02
118 0.06 -8.68E+02 0.07 -9.65E+02 0.08 -7.06E+02
119 0.09 -4.35E+02 0.1 -1.28E+02 0.11 -8.91E+01
120 0.12 -9.34E+00 0.13 1.25E+02 0.14 -1.17E+02
121 0.15 -1.70E+02 0.16 -2.09E+02 0.17 -1.90E+02
122 0.18 -1.31E+02 0.19 -1.17E+02 0.2 -1.59E+02
123 0.21 -3.57E+02 0.22 -5.69E+02 0.23 -1.03E+03
124 0.24 -1.31E+03 0.25 -1.07E+03 0.26 -5.18E+02
125 0.27 -3.64E+02 0.28 -2.62E+02 0.29 1.57E+02
126 0.3 4.10E+02 0.31 5.90E+02 0.32 6.25E+02
127 0.33 4.33E+02 0.34 3.03E+02 0.35 1.73E+02
128 0.36 2.27E+01 0.37 -4.77E+02 0.38 -5.14E+02
129 0.39 -4.83E+02 0.4 -4.41E+02 0.41 -4.15E+02
130 0.42 -7.00E+02 0.43 -8.16E+02 0.44 -7.92E+02
131 0.45 -1.04E+03 0.46 -1.08E+03 0.47 -6.55E+02
132 0.48 -3.48E+02 0.49 -2.93E+01 0.5 6.84E+02
133 0.51 1.05E+03 0.52 1.14E+03 0.53 1.25E+03
134 0.54 7.03E+02 0.55 4.28E+02 0.56 4.32E+02
135 0.57 5.64E+02 0.58 4.90E+02 0.59 1.16E+02
136 0.6 -2.30E+02 0.61 -2.57E+02 0.62 -5.86E+02
137 0.63 -7.05E+02 0.64 -6.28E+02 0.65 -5.92E+02
138 0.66 -4.43E+02 0.67 -1.83E+02 0.68 -1.83E+02
139 0.69 -3.27E+02 0.7 -2.89E+02 0.71 3.81E+02
140 0.72 9.39E+02 0.73 1.18E+03 0.74 1.52E+03
141 0.75 1.64E+03 0.76 1.75E+03 0.77 1.71E+03
142 0.78 1.77E+03 0.79 1.45E+03 0.8 7.87E+02
143 0.81 2.65E+02 0.82 1.10E+02 0.83 2.40E+02
144 0.84 -2.71E+01 0.85 -4.53E+02 0.86 -1.02E+03
145 0.87 -1.10E+03 0.88 -8.67E+02 0.89 -6.70E+02
146 0.9 -3.22E+02 0.91 -3.23E+02 0.92 -5.44E+02
147 0.93 -4.22E+02 0.94 -1.93E+02 0.95 -3.60E+02
148 0.96 -3.00E+02 0.97 2.98E+01 0.98 3.80E+01
149 0.99 2.09E+02 1 7.48E+01 1.01 -1.44E+02
150 1.02 -1.43E+02 1.03 -2.59E+02 1.04 -3.03E+02
151 1.05 -3.77E+02 1.06 -5.33E+02 1.07 -4.03E+02
152 1.08 -1.57E+02 1.09 -1.39E+02 1.1 -2.37E+02
153 1.11 -8.16E+02 1.12 -1.27E+03 1.13 -1.64E+03
154 1.14 -1.48E+03 1.15 -1.04E+03 1.16 -8.72E+02
155 1.17 -5.79E+02 1.18 -2.83E+02 1.19 -3.60E+02
156 1.2 -1.80E+02 1.21 3.03E+02 1.22 6.02E+02
157 1.23 4.20E+02 1.24 5.11E+02 1.25 5.45E+02
158 1.26 5.74E+02 1.27 3.57E+02 1.28 -3.10E+02
159 1.29 -7.59E+02 1.3 -1.47E+03 1.31 -1.97E+03
160 1.32 -1.42E+03 1.33 -6.49E+02 1.34 -2.53E+02
161 1.35 -2.43E+02 1.36 -6.97E+01 1.37 4.13E+02
162 1.38 7.27E+02 1.39 1.16E+03 1.4 1.67E+03
163 1.41 1.95E+03 1.42 1.95E+03 1.43 1.61E+03
164 1.44 1.21E+03 1.45 8.65E+02 1.46 5.09E+02
165 1.47 4.86E+01 1.48 -1.36E+02 1.49 2.16E+02
166 1.5 2.97E+02 1.51 3.44E+02 1.52 6.87E+01
167 1.53 -3.58E+02 1.54 -4.94E+02 1.55 -5.40E+02
168 1.56 -3.28E+02 1.57 2.81E+00 1.58 1.53E+02

```

171	1.59	1.11E+01	1.6	-3.14E+02	1.61	-9.05E+02	256	4.14	-1.98E+02	4.15	-5.28E+02	4.16	-8.29E+02
172	1.62	-9.69E+02	1.63	-1.20E+03	1.64	-1.16E+03	257	4.17	-4.77E+02	4.18	-3.56E+02	4.19	-2.76E+01
173	1.65	-7.79E+02	1.66	-9.44E+02	1.67	-8.16E+02	258	4.2	1.90E+02	4.21	4.86E+01	4.22	-1.19E+02
174	1.68	-5.67E+02	1.69	-7.74E+02	1.7	-9.84E+02	259	4.23	-8.29E+01	4.24	2.98E+02	4.25	8.21E+02
175	1.71	-8.25E+02	1.72	-4.05E+02	1.73	-1.42E+01	260	4.26	1.14E+03	4.27	1.24E+03	4.28	8.58E+02
176	1.74	5.19E+02	1.75	9.47E+02	1.76	1.04E+03	261	4.29	6.09E+02	4.3	5.97E+02	4.31	6.21E+02
177	1.77	1.25E+03	1.78	1.10E+03	1.79	8.05E+02	262	4.32	7.42E+02	4.33	4.11E+02	4.34	-5.87E+01
178	1.8	8.30E+02	1.81	6.20E+02	1.82	4.36E+02	263	4.35	-5.25E+02	4.36	-9.80E+02	4.37	-1.18E+03
179	1.83	1.74E+02	1.84	5.27E+02	1.85	5.00E+02	264	4.38	-1.32E+03	4.39	-1.73E+03	4.4	-1.70E+03
180	1.86	-1.17E+01	1.87	-4.19E+02	1.88	-7.87E+02	265	4.41	-9.70E+02	4.42	-3.20E+02	4.43	-2.35E+02
181	1.89	-9.50E+02	1.9	-1.44E+03	1.91	-1.68E+03	266	4.44	1.38E+01	4.45	4.21E+01	4.46	-1.64E+02
182	1.92	-1.62E+03	1.93	-1.48E+03	1.94	-1.16E+03	267	4.47	5.36E+01	4.48	5.97E+02	4.49	1.15E+03
183	1.95	-3.84E+02	1.96	2.46E+02	1.97	1.00E+03	268	4.5	1.73E+03	4.51	1.66E+03	4.52	1.75E+03
184	1.98	1.68E+03	1.99	1.71E+03	2	1.59E+03	269	4.53	1.65E+03	4.54	9.99E+02	4.55	-4.76E+01
185	2.01	1.90E+03	2.02	1.88E+03	2.03	1.81E+03	270	4.56	-1.08E+03	4.57	-1.61E+03	4.58	-1.44E+03
186	2.04	1.43E+03	2.05	9.41E+02	2.06	6.25E+02	271	4.59	-9.43E+02	4.6	-8.02E+02	4.61	-6.70E+02
187	2.07	1.01E+02	2.08	-4.78E+02	2.09	-4.44E+02	272	4.62	-2.09E+02	4.63	4.46E+02	4.64	9.89E+02
188	2.1	-6.31E+02	2.11	-8.35E+02	2.12	-9.66E+02	273	4.65	1.28E+03	4.66	1.34E+03	4.67	1.17E+03
189	2.13	-1.11E+03	2.14	-8.16E+02	2.15	-6.41E+02	274	4.68	9.69E+02	4.69	5.69E+02	4.7	2.43E+02
190	2.16	-5.30E+02	2.17	-2.87E+02	2.18	-4.82E+01	275	4.71	-3.99E+02	4.72	-1.10E+03	4.73	-1.57E+03
191	2.19	3.30E+02	2.2	9.65E+02	2.21	1.04E+03	276	4.74	-1.89E+03	4.75	-2.20E+03	4.76	-2.01E+03
192	2.22	6.69E+02	2.23	1.88E+02	2.24	-5.27E+02	277	4.77	-1.60E+03	4.78	-5.72E+02	4.79	2.74E+02
193	2.25	-9.01E+02	2.26	-1.12E+03	2.27	-9.85E+02	278	4.8	4.60E+02	4.81	8.22E+02	4.82	8.18E+02
194	2.28	-7.18E+02	2.29	-3.90E+02	2.3	-4.77E+02	279	4.83	5.84E+02	4.84	8.35E+02	4.85	8.58E+02
195	2.31	-4.43E+02	2.32	-1.78E+02	2.33	3.82E+01	280	4.86	8.10E+02	4.87	8.09E+02	4.88	4.07E+02
196	2.34	3.38E+02	2.35	5.00E+02	2.36	2.16E+02	281	4.89	4.53E+02	4.9	4.81E+02	4.91	4.87E+02
197	2.37	1.39E+02	2.38	2.65E+02	2.39	3.94E+02	282	4.92	5.25E+02	4.93	4.70E+02	4.94	8.76E+02
198	2.4	2.99E+02	2.41	4.91E+02	2.42	6.44E+02	283	4.95	1.13E+03	4.96	1.25E+03	4.97	1.45E+03
199	2.43	7.62E+02	2.44	1.21E+03	2.45	1.43E+03	284	4.98	1.70E+03	4.99	1.46E+03	5	1.04E+03
200	2.46	1.51E+03	2.47	1.09E+03	2.48	4.71E+02	285	5.01	9.37E+02	5.02	7.15E+02	5.03	4.13E+02
201	2.49	3.11E+02	2.5	1.79E+01	2.51	-1.34E+02	286	5.04	2.38E+02	5.05	-2.71E+02	5.06	-5.49E+02
202	2.52	-3.22E+02	2.53	-9.35E+02	2.54	-1.29E+03	287	5.07	-3.88E+02	5.08	-9.72E+01	5.09	6.57E+01
203	2.55	-1.42E+03	2.56	-1.40E+03	2.57	-1.11E+03	288	5.1	1.61E+02	5.11	2.76E+01	5.12	-2.39E+02
204	2.58	-4.06E+02	2.59	-1.95E+02	2.6	3.92E+02	289	5.13	-1.72E+02	5.14	1.11E+02	5.15	6.36E+02
205	2.61	1.38E+03	2.62	1.64E+03	2.63	1.81E+03	290	5.16	1.00E+03	5.17	8.72E+02	5.18	5.00E+02
206	2.64	1.76E+03	2.65	1.73E+03	2.66	1.65E+03	291	5.19	2.29E+02	5.2	-5.13E+02	5.21	-7.61E+02
207	2.67	1.43E+03	2.68	1.27E+03	2.69	9.65E+02	292	5.22	-8.58E+02	5.23	-6.41E+02	5.24	2.60E+01
208	2.7	5.68E+02	2.71	1.67E+02	2.72	4.27E+02	293	5.25	2.07E+02	5.26	3.68E+02	5.27	5.70E+02
209	2.73	7.32E+02	2.74	4.18E+02	2.75	4.61E+02	294	5.28	2.91E+02	5.29	-7.54E+01	5.3	-1.31E+01
210	2.76	2.53E+02	2.77	-2.47E+02	2.78	-1.87E+02	295	5.31	-2.22E+01	5.32	-9.81E+01	5.33	-3.98E+02
211	2.79	-1.65E+02	2.8	-5.08E+02	2.81	-9.55E+02	296	5.34	-6.41E+02	5.35	-8.08E+02	5.36	-1.00E+03
212	2.82	-1.12E+03	2.83	-1.29E+03	2.84	-1.29E+03	297	5.37	-1.21E+03	5.38	-1.42E+03	5.39	-1.54E+03
213	2.85	-1.44E+03	2.86	-1.94E+03	2.87	-1.94E+03	298	5.4	-1.42E+03	5.41	-1.27E+03	5.42	-1.02E+03
214	2.88	-1.78E+03	2.89	-1.35E+03	2.9	-6.23E+02	299	5.43	-8.03E+02	5.44	-7.15E+02	5.45	-9.55E+02
215	2.91	1.15E+02	2.92	3.42E+02	2.93	4.61E+02	300	5.46	-8.10E+02	5.47	-4.49E+02	5.48	-6.07E+01
216	2.94	6.66E+02	2.95	7.57E+02	2.96	7.87E+02	301	5.49	4.34E+02	5.5	2.56E+02	5.51	3.65E+02
217	2.97	8.15E+02	2.98	5.26E+02	2.99	-1.05E+02	302	5.52	2.77E+02	5.53	5.93E+01	5.54	-4.21E+02
218	3	-3.46E+02	3.01	-5.91E+02	3.02	-3.33E+02	303	5.55	-9.70E+02	5.56	-1.20E+03	5.57	-1.29E+03
219	3.03	2.29E+02	3.04	7.20E+02	3.05	8.83E+02	304	5.58	-1.35E+03	5.59	-1.39E+03	5.6	-6.99E+02
220	3.06	8.24E+02	3.07	7.34E+02	3.08	8.57E+02	305	5.61	-6.45E+01	5.62	1.46E+02	5.63	1.67E+02
221	3.09	8.01E+02	3.1	6.77E+02	3.11	6.22E+02	306	5.64	3.94E+02	5.65	5.49E+02	5.66	5.66E+02
222	3.12	2.49E+02	3.13	-1.45E+02	3.14	-6.04E+02	307	5.67	4.71E+02	5.68	5.59E+02	5.69	4.56E+02
223	3.15	-1.12E+03	3.16	-1.67E+03	3.17	-2.14E+03	308	5.7	3.04E+02	5.71	1.48E+02	5.72	2.39E+02
224	3.18	-2.43E+03	3.19	-2.66E+03	3.2	-2.23E+03	309	5.73	9.03E+02	5.74	1.64E+03	5.75	1.88E+03
225	3.21	-1.62E+03	3.22	-9.09E+02	3.23	-6.69E+02	310	5.76	1.63E+03	5.77	1.63E+03	5.78	1.91E+03
226	3.24	-6.03E+02	3.25	-3.59E+02	3.26	1.95E+02	311	5.79	1.97E+03	5.8	2.04E+03	5.81	1.98E+03
227	3.27	4.36E+02	3.28	5.36E+02	3.29	6.70E+02	312	5.82	2.20E+03	5.83	2.31E+03	5.84	1.84E+03
228	3.3	6.88E+02	3.31	5.83E+02	3.32	6.89E+02	313	5.85	9.78E+02	5.86	-1.80E+02	5.87	-1.39E+03
229	3.33	5.53E+02	3.34	1.41E+02	3.35	-1.78E+02	314	5.88	-2.04E+03	5.89	-2.14E+03	5.9	-2.12E+03
230	3.36	-3.57E+02	3.37	-4.52E+02	3.38	-4.39E+02	315	5.91	-2.35E+03	5.92	-2.64E+03	5.93	-2.76E+03
231	3.39	-6.67E+01	3.4	1.72E+02	3.41	4.93E+02	316	5.94	-2.33E+03	5.95	-2.00E+03	5.96	-1.43E+03
232	3.42	7.59E+02	3.43	5.38E+02	3.44	2.41E+02	317	5.97	-9.30E+02	5.98	-5.71E+02	5.99	-2.75E+01
233	3.45	3.66E+02	3.46	2.86E+02	3.47	-5.04E+01	318	6	1.67E+02	6.01	2.39E+02	6.02	1.42E+02
234	3.48	-1.22E+02	3.49	-4.31E+02	3.5	-7.87E+02	319	6.03	-1.87E+02	6.04	-4.73E+02	6.05	-4.05E+02
235	3.51	-1.39E+03	3.52	-1.52E+03	3.53	-1.20E+03	320	6.06	3.00E+02	6.07	9.93E+02	6.08	1.32E+03
236	3.54	-7.68E+02	3.55	-4.85E+02	3.56	-3.00E+02	321	6.09	1.61E+03	6.1	1.50E+03	6.11	1.62E+03
237	3.57	5.50E+01	3.58	5.29E+02	3.59	1.24E+03	322	6.12	1.73E+03	6.13	1.48E+03	6.14	1.40E+03
238	3.6	1.56E+03	3.61	1.95E+03	3.62	2.10E+03	323	6.15	9.30E+02	6.16	-4.04E+01	6.17	-7.65E+02
239	3.63	2.01E+03	3.64	1.89E+03	3.65	1.65E+03	324	6.18	-1.17E+03	6.19	-1.19E+03	6.2	-1.53E+03
240	3.66	8.75E+02	3.67	4.80E+02	3.68	5.32E+01	325	6.21	-1.81E+03	6.22	-1.63E+03	6.23	-1.19E+03
241	3.69	-3.90E+02	3.7	-4.94E+02	3.71	-6.55E+02	326	6.24	-1.03E+03	6.25	-8.23E+02	6.26	-3.45E+02
242	3.72	-5.66E+02	3.73	-4.06E+02	3.74	-3.18E+02	327	6.27	4.04E+02	6.28	3.92E+02	6.29	4.83E+01
243	3.75	-3.22E+02	3.76	-2.96E+02	3.77	-3.14E+02	328	6.3	4.01E+02	6.31	8.57E+02	6.32	5.91E+02
244	3.78	-1.91E+02	3.79	1.23E+01	3.8	-1.35E+02	329	6.33	2.03E+02	6.34	7.96E+01	6.35	6.20E+01
245	3.81	-3.98E+01	3.82	-1.95E+02	3.83	-5.72E+02	330	6.36	3.58E+02	6.37	2.08E+02	6.38	-1.66E+02
246	3.84	-6.27E+02	3.85	-2.99E+02	3.86	-1.61E+01	331	6.39	-9.85E+01	6.4	5.15E+02	6.41	5.60E+02
247	3.87	4.61E+02	3.88	8.16E+02	3.89	9.29E+02	332	6.42	2.63E+02	6.43	6.63E+02	6.44	1.17E+03
248	3.9	1.10E+03	3.91	9.78E+02	3.92	9.03E+02	333	6.45	1.13E+03	6.46	8.18E+02	6.47	7.03E+02
249	3.93	5.88E+02	3.94	4.35E+02	3.95	-1.21E+02	334	6.48	9.43E+02	6.49	5.58E+02	6.5	2.08E+02
250	3.96	-3.40E+02	3.97	-2.96E+02	3.98	-7.03E+02	335	6.51	5.77E+02	6.52	7.23E+02	6.53	6.47E+02
251	3.99	-9.63E+02	4	-1.24E+03	4.01	-1.21E+03	336	6.54	4.33E+02	6.55	2.66E+01		