

土木研究所資料

液状化にともなう間隙水圧の発生特性の検討
—ひずみ制御による繰り返し三軸圧縮試験結果に基づく検討—

平成3年3月

建設省土木研究所
地震防災部振動研究室

Copyright © 1991 by P. W. R. I.

All rights reserved, No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

液状化にともなう間隙水圧の発生特性の検討

—ひずみ制御による繰返し三軸圧縮試験結果に基づく検討—

地震防災部	部 長	佐々木	康
振動研究室	室 長	常 田	賢 一
	研究員	松 本	秀 應
		佐 谷	祥 一

要旨：液状化の機構がせん断変形時のダイラタンシー特性に基因する現象であること、土の応力とひずみ関係の非線形性などを考慮すると、応力制御による試験よりも、ひずみ制御による試験の方がより直接的に液状化特性を整理できると考えられ、ひずみ制御による繰返し三軸圧縮試験により、間隙水圧の発生特性について検討した。

キーワード：液状化，間隙水圧，ひずみ，繰返し三軸圧縮試験，相対密度，拘束圧，細粒分

まえがき

砂の液状化試験には、三軸圧縮試験、単純せん断試験、ねじり試験、振動砂箱による試験など各種のものがある。いずれの試験も、正弦波状の一定振幅の応力を繰返し載荷する応力制御によるものが主流となっている。

しかし、液状化の機構がせん断変形時のダイラタンシー特性に基因する現象であること、土の応力とひずみ関係の非線形性などを考慮すると、応力制御による試験よりもひずみ制御による試験の方がより直接的に液状化特性を整理できると考えられる。

従来、応力制御による試験が主として用いられてきたのは、地震動の観測やその値の整理に加速度が用いられていること（その主たる理由は構造物の設計照査が応力によりなされ、外力としての地震力は慣性力として考慮されるため、工学分野の地震観測は慣性力と直接的に結びつく加速度が地震動の指標として用いられてきたためである）、地盤の地震時応答の解析は応答加速度に着目して進められてきたこと、従って地盤内の応答ひずみには余り関心が払われなかったことなどの理由によると考えられる。

このため、液状化特性に関するこれまでの研究ではひずみとの関係を整理したものは少ない。

これまでにDobry¹⁾、吉田²⁾がひずみ振幅と間隙水圧の関係を検討している。また、柳沢³⁾は、実地盤での地震時の間隙水圧と観測速度から、蓄積される間隙水圧と速度との線形関係が認められることを報告している。速度との線形関係は地盤内のひずみとの線形関係を示唆するものであり、液状化特性の表現や検討がひずみとの関係でなされることの必要性を示していると考えられる。

また一方、大型振動台を用いた液状化実験データを整理した結果⁴⁾によれば、5Hz 200gal加振よりも2Hz 150gal加振の方がやや間隙水圧の発生は早く、応力による説明よりも地盤内に生じるひずみを用いた方がうまく現象を説明できることを明らかにしている。

そこで、豊浦標準砂と浅間山砂を用いた繰返し三軸圧縮試験をひずみ制御で実施し、液状化特性とひずみとの関係を明らかにすることを試みた。

検討の目的は、

①繰返し載荷に伴う間隙水圧の上昇が生じないひずみ（Threshold Strain, 識関ひずみ）は存在するか。

②識関ひずみや間隙水圧の上昇に寄与する有効累積ひずみは、相対密度や有効拘束圧や細粒分含有率によって変わるのか。

③応力制御による試験とひずみ制御による試験とは試験法としてどちらがどんな点で有利か。

などの点を明らかにしようとするものである。

目 次

1. 試験方法	1
1.1 試料	1
1.2 三軸試験装置	2
1.3 供試体の作成方法	4
1.3.1 空中落下法	4
1.3.2 凍結試料	4
1.4 試験条件	5
2. 試験結果の整理法	6
2.1 測定項目	6
2.1.1 繰返し回数	6
2.1.2 ひずみ振幅	6
2.1.3 累積ひずみ	6
2.1.4 応力振幅	6
2.1.5 間隙水圧	6
2.2 記録データの整理方法	7
3. 試験結果	10
3.1 波形結果	10
3.2 過剰間隙水圧の上昇の予測	10
3.2.1 有効拘束圧比と繰返し回数の関係	12
3.2.2 有効拘束圧比と累積ひずみの関係	14
3.2.3 識閾ひずみ	14
3.2.4 有効累積ひずみ	14
3.3 相対密度の影響	21
3.4 有効拘束圧の影響	22
3.4.1 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の関係	22
3.4.2 識閾ひずみと有効累積ひずみ	22
3.5 細粒分含有率の影響	27
3.5.1 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の関係	27
3.5.2 識閾ひずみと有効累積ひずみ	27
4. まとめ	32
参考文献	33
巻末資料-1 相対密度の影響	35
巻末資料-2 有効拘束圧の影響	103
巻末資料-3 細粒分含有率の影響	141

1. 試験の方法

1. 1 試料

相対密度と有効拘束圧を検討する試験に用いた試料は、豊浦標準砂である。用いた試料の物理特性を表-1-1-1に、また粒度曲線を図-1-1-1に示す。相対密度と有効拘束圧を検討する試験では、豊浦標準砂を多量に使用するため、炉乾燥して再度使用することにした。表-1-1-1から、繰返し使用してもほぼ同様な物理特性を示していることから再度使用には問題はないと考えられる。

また、細粒分含有率を検討する試験では、表-1-1-2に示す細粒分含有率の供試体を作成するため、豊浦標準砂と水洗いした浅間山砂にそれぞれカオリンを重量比で混合させた試料を使用した。

表-1-1-1 豊浦標準砂の物理特性

	試験前	試験後
比 重	2.636	2.634
D_{50}	0.26	0.21
U_o	1.85	1.77
e_{max}	0.934	0.935
e_{min}	0.667	0.664

表-1-2-2 細粒分含有率

含有率(%)	0	10	50
豊浦標準砂	○	○	○
浅間山砂	-	○	○

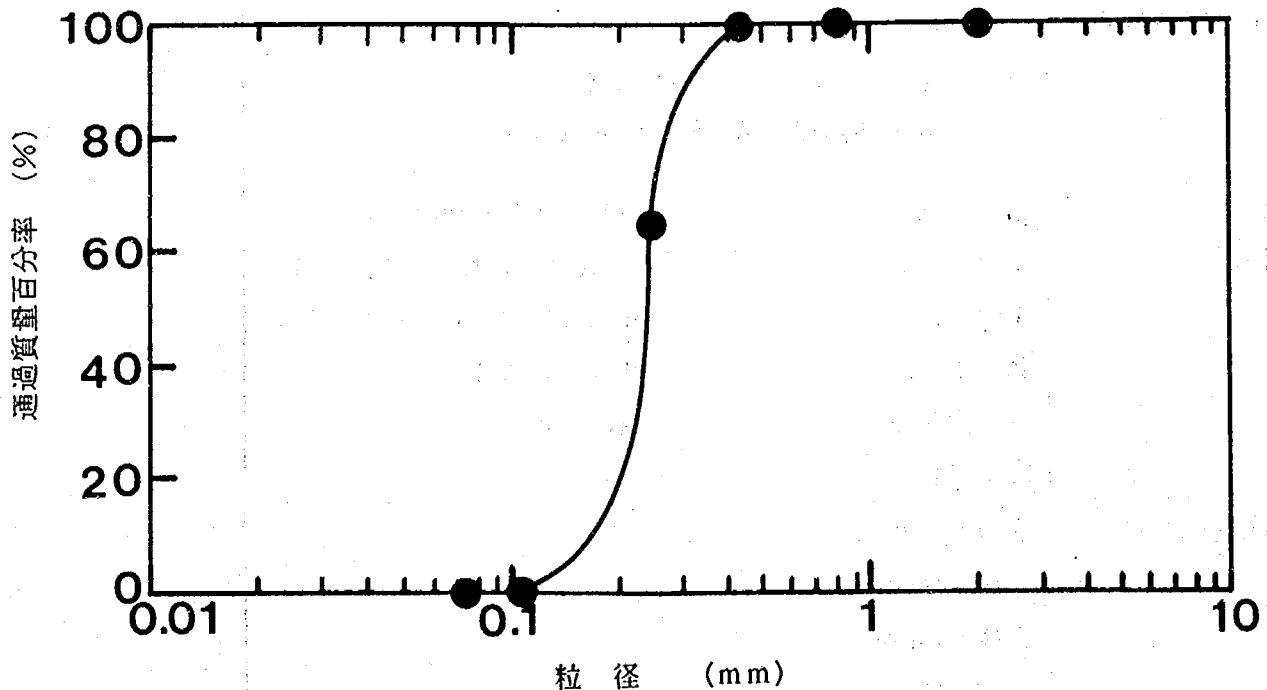


図-1-1-1 試験に用いた豊浦標準砂の粒度曲線

1. 2 三軸試験装置

試験に用いた三軸試験装置は、高精度繰返し三軸試験機と呼ばれ、従来の繰返し三軸試験機の機能に静的三軸試験の能力と応力制御とひずみ制御による動的変形試験の能力を兼ね備えた試験装置であり、セル内部にロードセルと非接触変位計を設置している。

また、この試験装置では、バイアス式レギュレーターを用いることにより各圧密段階への移行時における人的操作誤差を小さくするとともに供試体をより正確に等方状態もしくは異方状態で圧密するためのバランスピストンを備えている。

試験に用いた三軸試験装置を図-1-2-1に、主要緒元を表-1-2-1に示す。

表-1-2-1 三軸試験装置の主要緒元

項 目	主 要 緒 元
垂直荷重載荷装置	構 造 : 載荷点移動式三連構造 載荷フレームの耐荷重容量 : $\pm 1000\text{kgf}$ 制御方式 : 電気・油圧サーボ制御方式による荷重あるいは変位制御 最大載荷荷重 : $\pm 100\text{kgf}$ 最大載荷振幅 : $\pm 50\text{mm}$ 最大載荷速度 : $\pm 20\text{cm/sec}$ (100kgf載荷時に おいて) 載荷周波数範囲 : DC ~ 10Hz
空気・水系装置	横圧容量 : 4kgf/cm^2 背圧容量 : 2kgf/cm^2 横圧・背圧制御可能最小値 : 0.005kgf/cm^2
三軸室	構 造 : 透明アクリル樹脂円筒
検出器	垂直荷重計 : $\pm 100\text{kgf}$ 1台, $\pm 20\text{kgf}$ 3台 垂直変位計 : 50mm 1台, 25mm 3台, 2mm 6台 間隙水圧計 : 5kgf/cm^2 3台 有効拘束圧 : 5kgf/cm^2 3台 排水量計 : 50ml 3台
供試体寸法	$\phi 50 \times 100\text{mm}$ $\phi 70 \times 140\text{mm}$ $\phi 75 \times 150\text{mm}$ $\phi 85 \times 170\text{mm}$

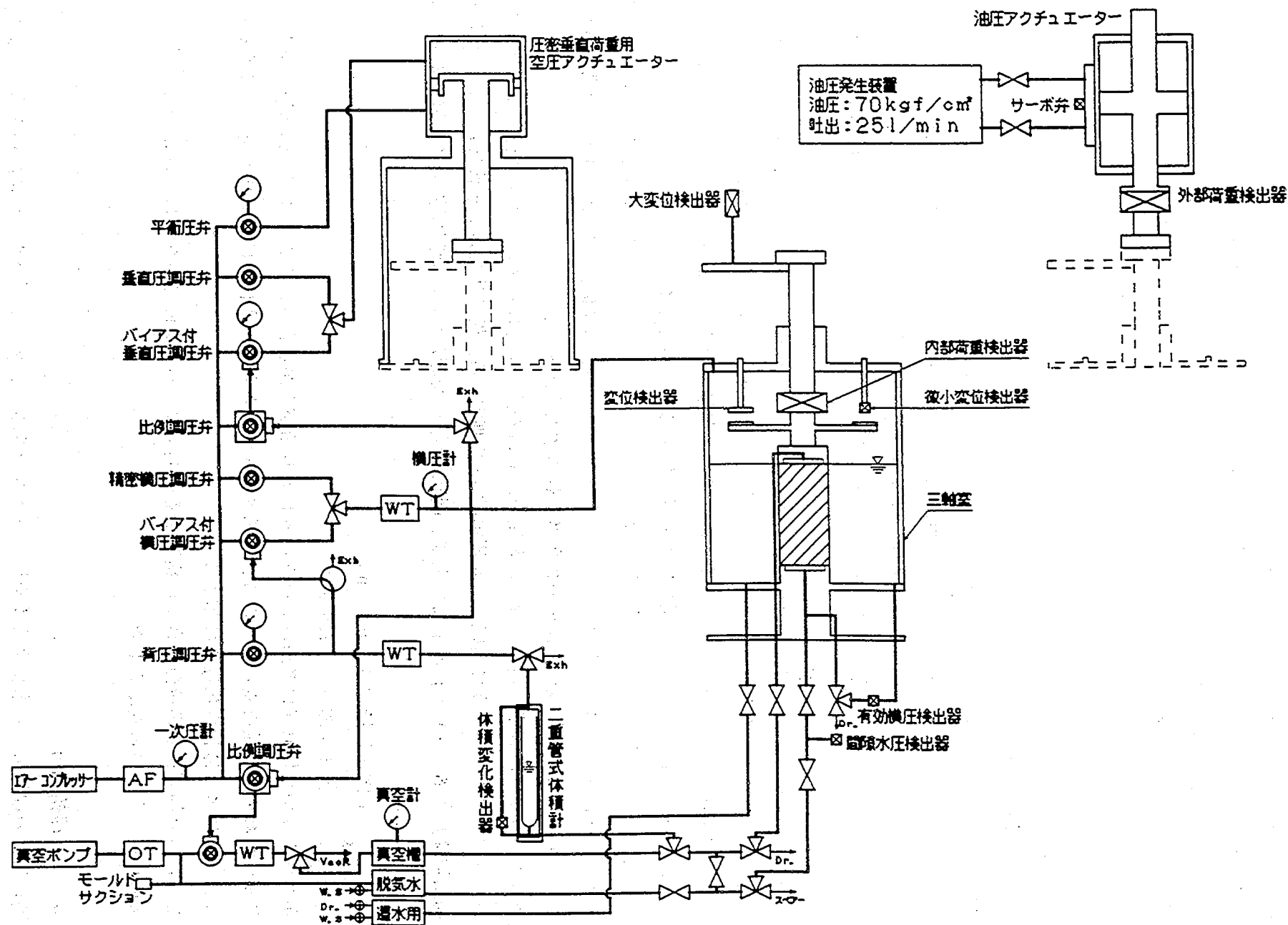


図-2-2-1 高精度繰返し三軸試験機

さらに、三軸試験における軸ひずみ、軸応力、間隙水圧の各データは、変換器からの信号をアンプにより増幅し、ローパスフィルターにより3Hz以上のノイズを除去したのち収録周波数10Hzでパーソナルコンピュータ (TEAC PS-85) のカセットテープにデジタルデータとして収録した。

収録したカセットテープを別のパーソナルコンピュータ (NEC PC-9800) で読み込み、波形の作図とデータ解析を行った。

1. 3 供試体の作成方法

1. 3. 1 空中落下法

炉乾燥した豊浦標準砂を一定量 (約350g) をロートに入れ、目標相対密度に合うようにロートの落下高さを調整し、空中落下法により直径50mm、高さ100mmの円柱形供試体を作成した。

変位計のゼロ点調整を調整することにより、以後の供試体の変化を監視するとともに、バランスピストンを試験機にセットし上部ペDESTAL等の重量をキャンセルし、供試体を所定の圧密条件に保持させる。

供試体上部から0.3kgf/cm²の真空圧をかける事によって供試体を自立させてから、静かにモールドを取り外し供試体に異常がなければ、供試体の直径3ヶ所、高さ2ヶ所を測定する。三軸セルをセットし、水を内部ロードセルの下まで注入する。バイアス付横圧調整弁を調節することによって、有効拘束圧を0.3kgf/cm²に保ったまま負圧を横圧に置き換えることができる。

供試体内部及び配管関係の空気を水に解け易い炭酸ガス (CO₂) に置換するため、炭酸ガスを下部ペDESTALより約30分供給し、上部ペDESTALより排出させる。次に間隙圧係数 (B値) を高めるため、下部ペDESTALから供試体の体積の約2倍の脱気水を通水する。

間隙水圧計のゼロ点調整を調整を行い、背圧を0.5kgf/cm²まで上げた後、バイアス付横圧調整弁で横圧が0.8kgf/cm²になるように調整し、間隙水圧 u_1 を測定する。供試体を非排水状態にし、バイアス付横圧調整弁で横圧を1.0kgf/cm²まで上げ、間隙水圧 u_2 を測定する。間隙圧係数 (B値) のチェックを次式で行った。

$$B \text{ 値} = \frac{\text{間隙水圧増加分}}{\text{横圧増加分}} = \frac{u_2 - u_1}{1.0 - 0.8}$$

B値が95%より小さければ再度通水を行うなどしてB値が上がるようにする。B値が95%以上であれば、体積変化計の初期値を測定したのち、下部ペDESTALから体積変化計につなぎ1時間の圧密を行った後、圧密による体積変化量を計測する。

ただし、有効拘束圧と細粒分含有率の検討する試験では、負圧を0.1kgf/cm²に下げたので、通気、通水の時の横圧も0.1kgf/cm²とした。

1. 3. 2 凍結試料

試料に目標の細粒分含有率に合う重量比のカオリンを混合させ、鉄製の凍結箱に試料を入れ、試料内を脱気する。0.1kgf/cm²の上載荷重で予備圧密を行い冷蔵庫で-30℃で凍結させる。直径50mmのコア抜きカッターで凍結試料を解凍しないように-30℃に冷却不凍液を潤滑水として使用しな

がら採取した。採取した供試体をコアカッターで両端を切断し高さ100mmの円柱形供試体に整形した。

凍結試料のセット方法は、凍結試料に付着した氷等を取り除きペDESTALにセットし、バランスピストンを取付け、負圧で供試体を自立させながら室温で自然に解凍した後、供試体の寸法を計った。その後は、空中落下法の手順である。

1. 4 試験条件

各試験条件については、表-1-4-1に示す通りである。

表-1-4-1 試験条件

	相 对 密 度 Dr(%)	有 効 拘 束 圧 $\sigma c'$ (kg/cm ²)	細 粒 分 Fc(%)	負圧	背圧	年度
				(kg/cm ²)		
相 对 密 度 試 験	50, 60, 70, 80, 90	0. 5	0	0.3	0.5	6 3
有 効 拘 束 圧 試 験	6 0	0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0	0	0.1	0.5	元
細 粒 分 試 験	——	0. 5	0, 10, 50	0.1	0.5	〃

2. 試験結果の整理方法

ここで、非排水繰返し三軸圧縮試験における試験結果の整理法について述べておく。

2. 1 測定項目

応力、ひずみ等の求め方については、「土質試験の方法と解説」¹²⁾の第7偏の「土の繰返し非排水三軸試験方法（J S F T 5 4 1 - 1 9 9 0）」に準じて求めている。

2. 1. 1 繰返し回数（n）

繰返し回数は、制御に用いたひずみ振幅の1周期を1回と数える。

2. 1. 2 ひずみ振幅（ ε_a ）

ひずみは圧密後の供試体高さH、軸変位d（圧縮が正）を用い、次式で求めている。

$$\varepsilon_a = H / d$$

試験はひずみ制御の試験であるのでひずみ振幅一定を目標としているが、実際には微妙にドリフト及び変動が生じている。また、試験の応力～ひずみ関係（図-3-1-3）を見てもひずみの極値と応力の極値では若干のずれがあり、応力振幅が液状化に至ることにより減少してしまうため、1周期の極値はひずみ振幅が極値を示した点を極値とした。ひずみの周期の開始点は前周期の引張側と同周期の圧縮側の極値が記録された点の中間点を開始点として求めた。また、ひずみの周期の終了点は同周期の引張側と次周期の圧縮側の極値が記録された点の中間点を終了点として求めた。載荷ひずみ振幅は、圧縮側については開始点と圧縮側の極値の差で求め、引張側については引張側の極値と終了点の差で求めている。

試験載荷ひずみ振幅は、全繰返し回数の平均で求めている。

2. 1. 3 累積ひずみ（ $\Sigma (2 * \varepsilon_a)$ ）

累積ひずみについては、ひずみ振幅が微妙に変動しているため、圧縮側、引張側それぞれのひずみ振幅を累積している。

識閾ひずみと有効累積ひずみについては、3. 2. 3, 4で別途説明する。

2. 1. 4 応力振幅（ τ ）

応力振幅の極値は、ひずみ振幅で求めた極値と同じ点で求めている。応力振幅は繰返し載荷中の供試体断面積の変化は微量であるので無視し、次式で求めている。

$$\tau = p / a$$

ここで、p；載荷荷重

a；供試体作成時断面積

なお、応力振幅についても片振幅を用いている。

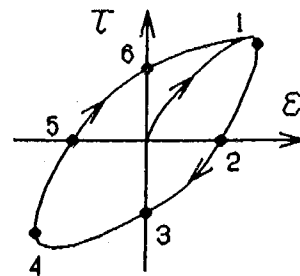


図-2-1-1 応力～ひずみ関係

2. 1. 5 間隙水圧 (u)

間隙水圧の上昇には、軸差応力が含まれているため振動しながら上昇していくので、図-2-1-1に示す応力～ひずみ関係のひずみが0になる6の点の間隙水圧をその周期の間隙水圧とした。

2. 2 記録データ整理方法

波形記録は、1枚にひずみ振幅、応力比、間隙水圧比を500秒間づつ作図した。(図-2-2-1)

総括記録図には、最初の200秒間のひずみ振幅、応力、間隙水圧と間隙水圧に含まれている軸差応力分を引いた間隙水圧U1を作図した図と、全体図としてひずみ振幅、応力比、間隙水圧比の極値を破線でつないだ図と、応力～有効拘束圧の関係、応力～ひずみの関係、応力～間隙水圧U1の関係の図の計10図を1枚に作図した。また、全体図の中の実線については、ひずみ振幅については、圧縮側と引張側の合計を応力比と間隙水圧比については平均を書いている。(図-2-2-2)

作図とともに、表-2-2-1に示すような繰返し回数ごとの応力比、ひずみ振幅、間隙水圧のデータが表とフロッピーに出力される。

繰返し回数ごとのデータでもまた1試験のデータ個数としては多く、全試験本数のデータを一度に扱うことは難しいので、各間隙水圧比ごとにその時の繰返し回数と累積ひずみのデータを抽出して解析には使用した。(表-2-2-2)

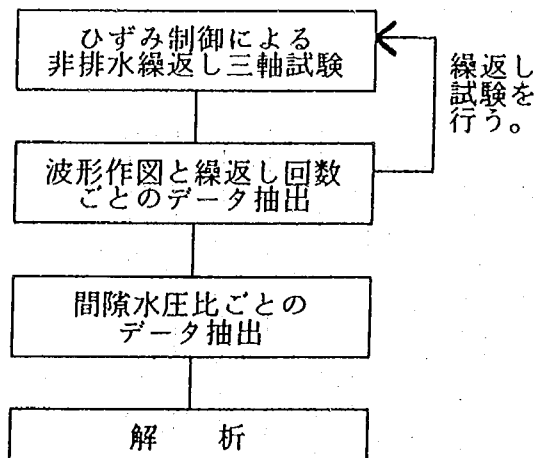


図-2-2-3 記録データの整理方法

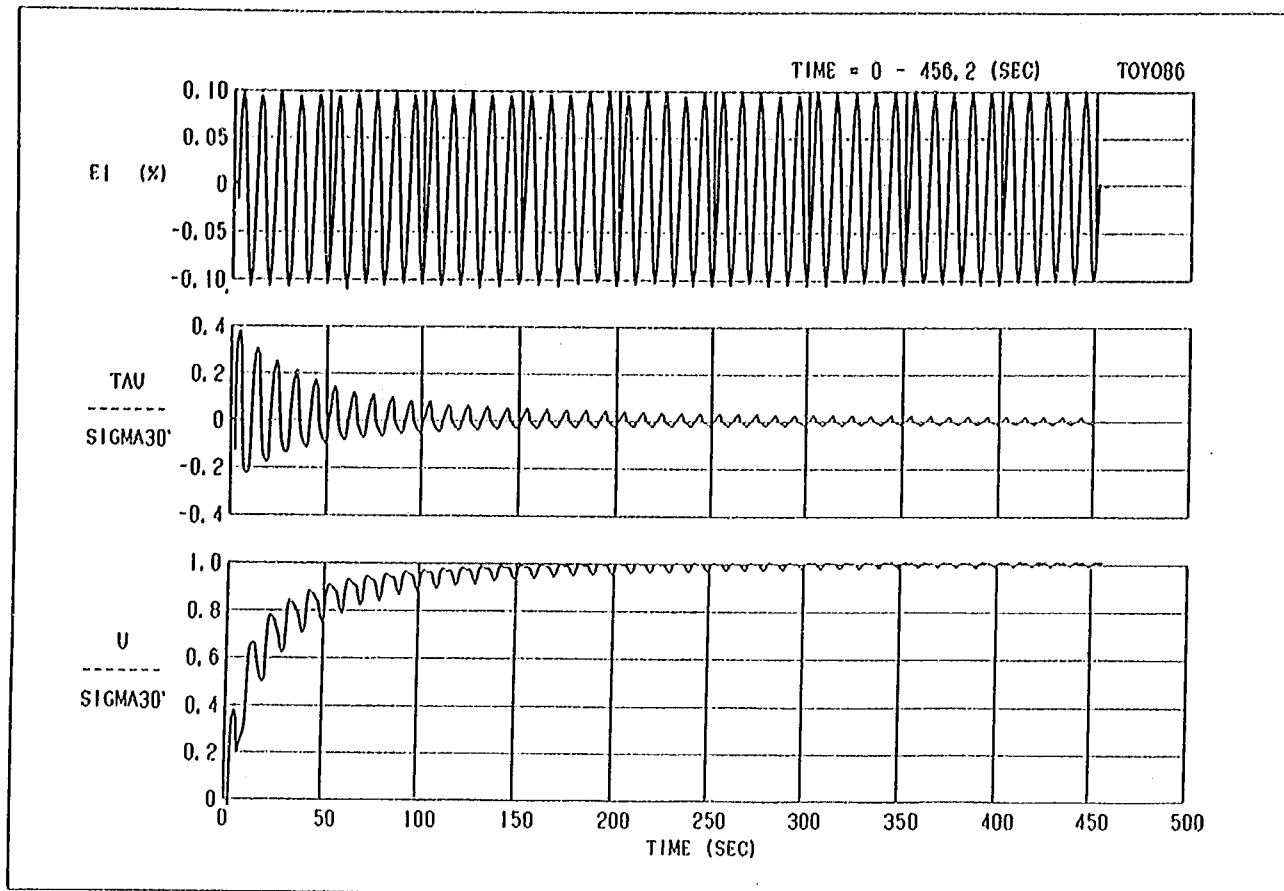


図-2-2-1 波形記録

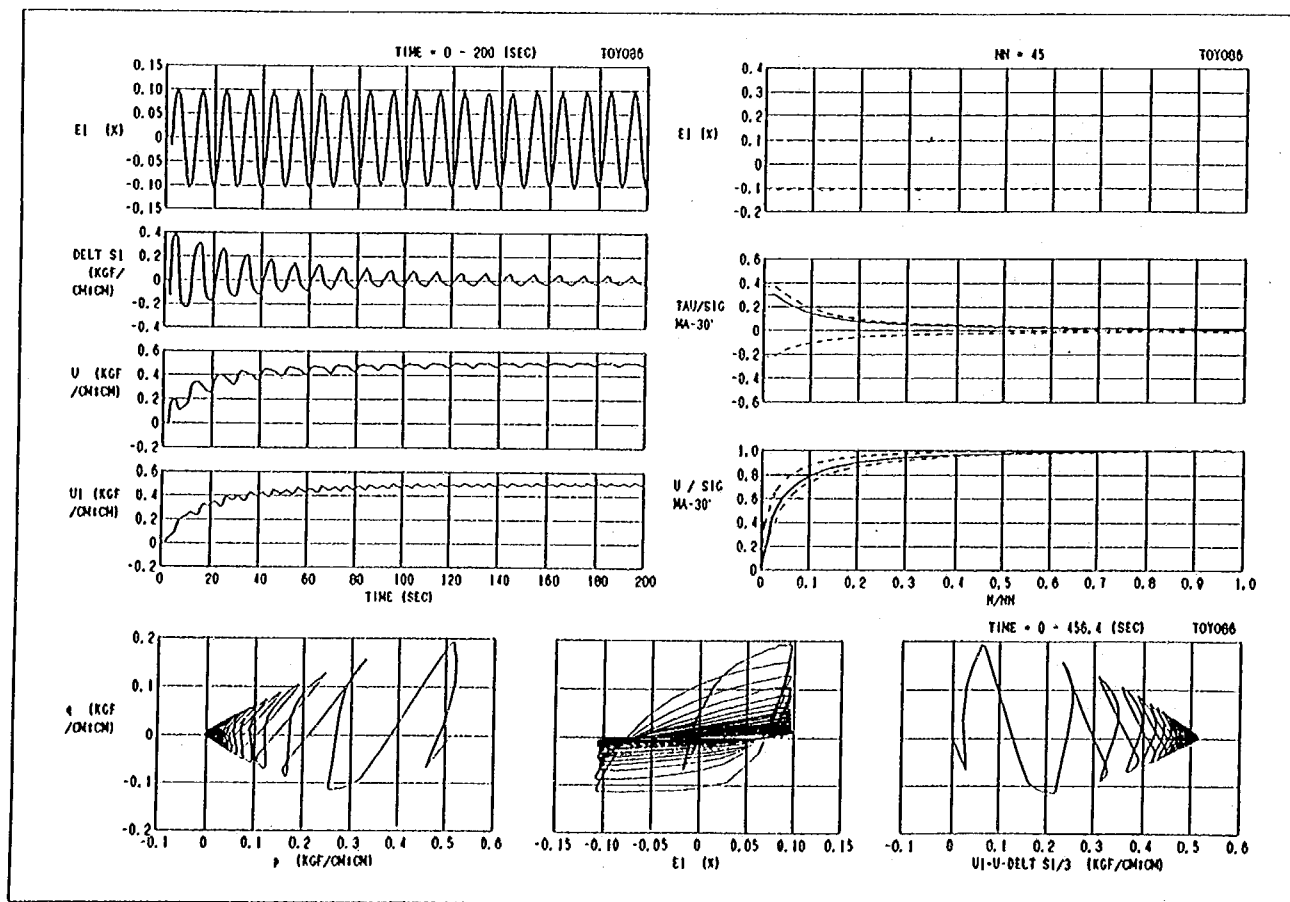


図-2-2-2 総括記録

3. 試験結果

3. 1 波形結果

図-3-1-1に從來から行われている応力制御による繰返し非排水三軸試験の結果を例示する。過剰間隙水圧は繰返し載荷の進行と共に上昇していき、過剰間隙水圧比が0.6程度になると急激に上昇する。また、軸ひずみについても繰返し載荷の進行と共に振幅が大きくなっていき、間隙水圧比が1.0程度に上昇すると軸ひずみの振幅は急激に増大していく。間隙水圧比が0.6程度を超えるあたりから供試体内に大きな変化が見られ、供試体の形状変化を起こし実験開始の状態とは異なった供試体で試験を行っていることになる。

図-3-1-2にひずみ制御による繰返し非排水三軸試験で得られた試験結果を例示する。ひずみ振幅の波形は、対象であり振幅の変化も認められず、入力波形とおりの載荷が行われている。載荷過程を見ると載荷に伴って発生した過剰間隙水圧のために有効拘束圧が減少する。そのため供試体の剛性が低下することにより、応力振幅の減少が認められる。この関係については、図-3-1-3の応力～ひずみの関係からも良くわかる。

過剰間隙水圧についても繰返し載荷に伴って上昇していくが、初期の頃は供試体の剛性が高いことから応力振幅が大きいので間隙水圧の上昇は大きい徐徐に供試体の剛性の低下に伴い応力振幅が小さくなることから間隙水圧の上昇はゆるやかになる。

以上のことから、応力制御試験よりもひずみ制御試験の方が供試体の形態を変えることなく液状化試験を行えることがわかる。また、応力制御に比べて入力波形の乱れも少ない。

4. 2 過剰間隙水圧の上昇の予測

これまでに過剰間隙水圧の上昇の予測として、Dobry¹⁾、吉田²⁾らはひずみ制御による非排水繰返し三軸試験結果から、図-3-2-1に示す様な間隙水圧比とひずみ振幅の関係において一定振幅のひずみの繰返し回数から間隙水圧の予測を

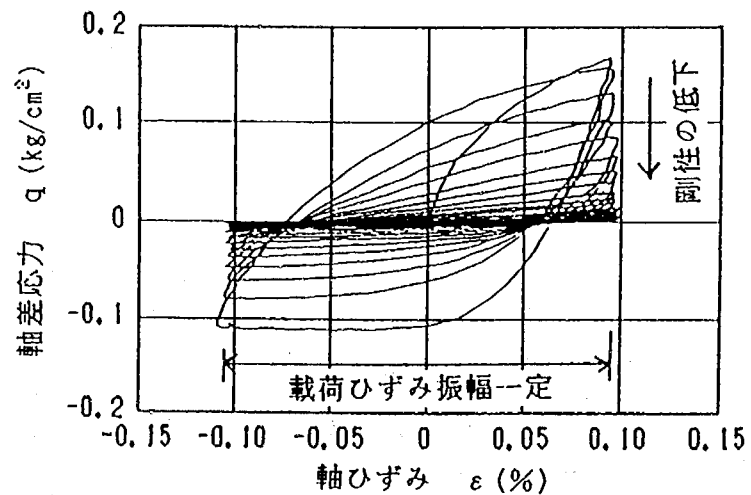


図-3-1-3 ひずみ～応力の関係

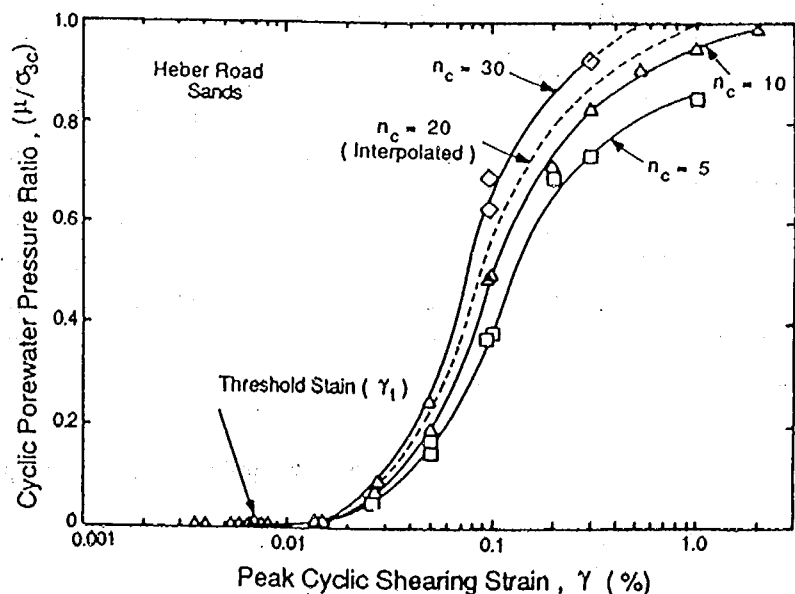


図-3-2-1 Variation in Porewater with Number of Cycles of Strain 文献1)

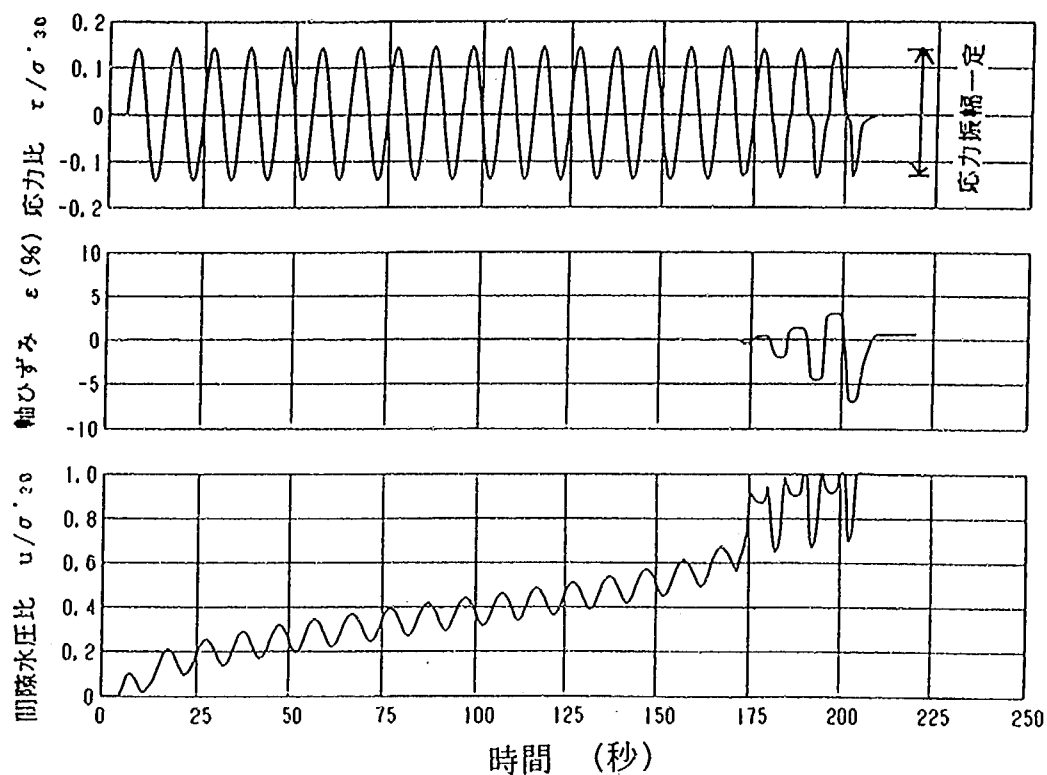


図-3-1-1 応力制御による非排水繰返し
三軸試験結果

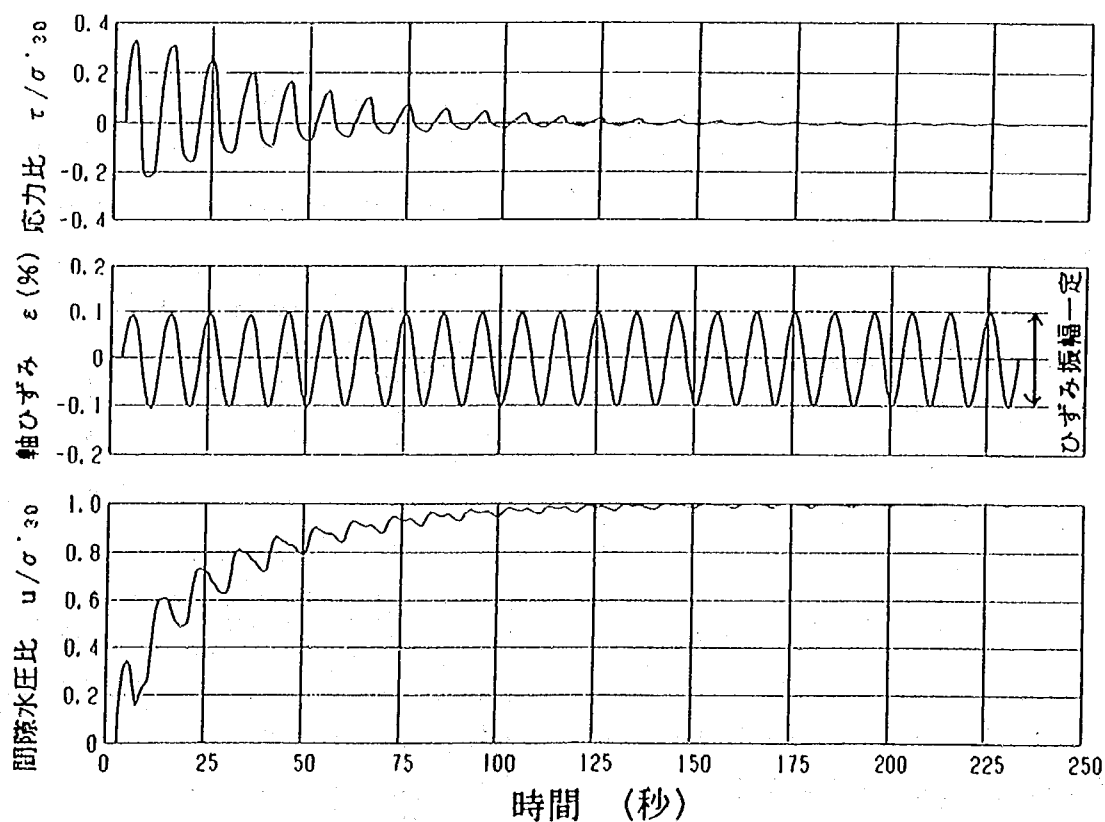


図-3-1-2 ひずみ制御による非排水繰返し
三軸試験結果

行っている。しかし、この方法では地震波の様な不規則波に対して簡単に過剰間隙水圧を予測することは難しい。

3. 2. 1 有効拘束圧比と繰返し回数の関係

一定振幅のひずみを載荷したひずみ制御試験において、繰返し回数 n と、その時の有効拘束圧 ($\sigma'_{cn} = \sigma'_{c0} - u_n$) との関係について検討する。一回の載荷により発生する間隙水圧 Δu が、その載荷前の有効拘束圧 $\sigma'_{c(n-1)}$ に比例し $a \times \sigma'_{c(n-1)}$ により表されるとすると、 n 波目の有効拘束圧 σ'_{cn} は式(4-2-1)で表される。

$$\begin{aligned}\sigma'_{cn} &= \sigma'_{c(n-1)} - \Delta u \\ &= \sigma'_{c(n-1)} - a \times \sigma'_{c(n-1)} \\ &= (1 - a) \times \sigma'_{c(n-1)} \\ &= (1 - a)^n \times \sigma'_{c0} \dots\dots\dots (3-2-1)\end{aligned}$$

式(4-2-1)は、公比 $(1 - a)$ の等比数列であり、式(3-2-1)の対数を取り整理すると、式(3-2-2)が得られる。

$$\begin{aligned}\log(\sigma'_{cn}) &= \log(1 - a) \times n + \log(\sigma'_{c0}) \\ \log(\sigma'_{cn} / \sigma'_{c0}) &= \log(1 - a) \times n \dots\dots\dots (3-2-2)\end{aligned}$$

式(3-2-2)より、式(3-2-1)の仮定が成り立つならば、有効拘束圧比 ($\sigma'_{cn} / \sigma'_{c0}$) の対数値と繰返し回数 n の関係が、傾き $\log(1 - a)$ の線形関係で表されることになる。

そこで、ひずみ制御試験より得られた有効拘束圧比と繰返し回数の関係を、各ひずみ振幅の試験について、種々の相対密度の供試体について整理したものが図-3-2-2～3-2-6である。どの図からも、繰返し回数と有効拘束圧はほぼ直線関係にあり、式(3-2-1)の仮定が妥当であり、有効拘束圧比を式(3-2-2)により近似することが可能であることがわかる。

各ひずみ振幅に対する試験から求めた傾き $\log(1 - a)$ と相対密度 D_r の関係をひずみ振幅 ε_a をパラメータとして整理した結果が図-4-2-7である。同図から、いずれのひずみ振幅においても、相対密度による $\log(1 - a)$ の変化が小さく、ひずみを指標することにより、相対密度の影響をあまりうけずに、間隙水圧の発生特性を一義的に整理できることがわかる。また、参考文献2)でも密度の影響が少ないことが報告されている。

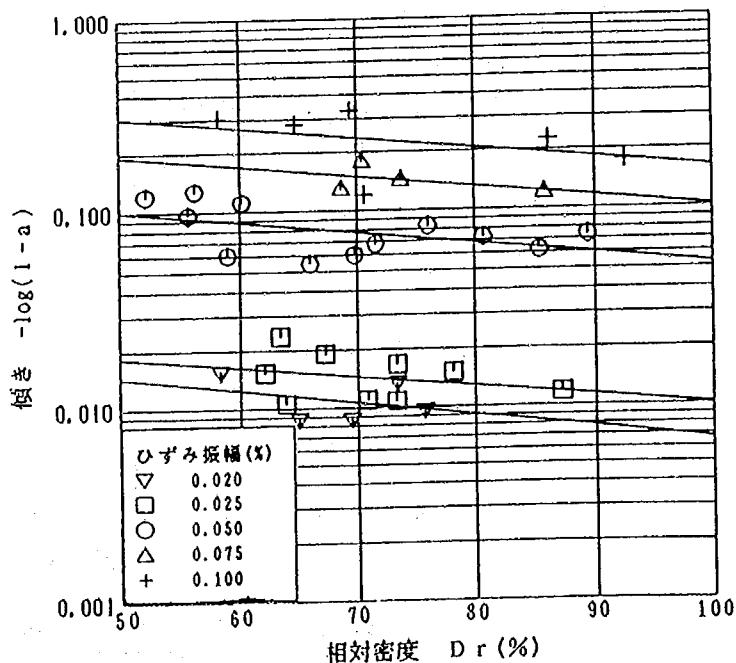


図-3-2-7 傾きと相対密度の関係

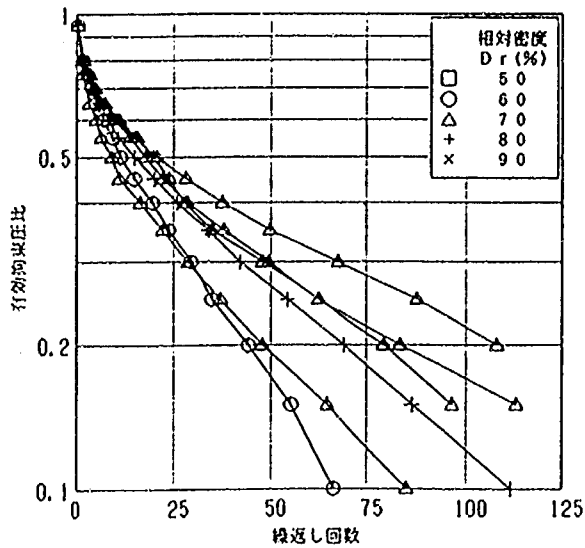


図-3-2-2 有効拘束圧比と繰返し回数の関係
(ひずみ振幅 $\varepsilon = 0.020\%$)

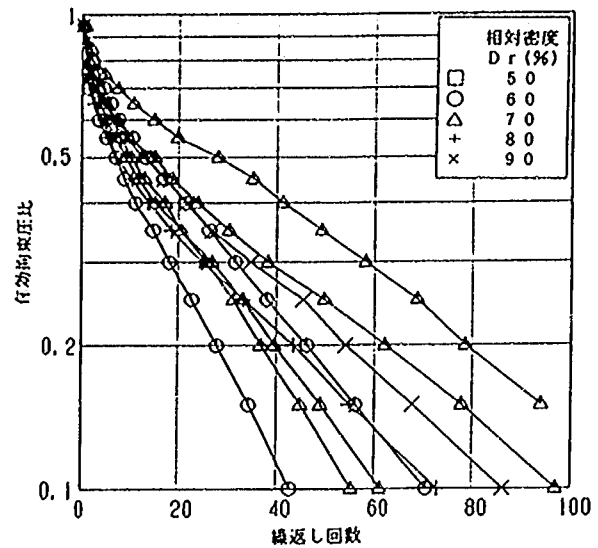


図-3-2-3 有効拘束圧比と繰返し回数の関係
(ひずみ振幅 $\varepsilon = 0.025\%$)

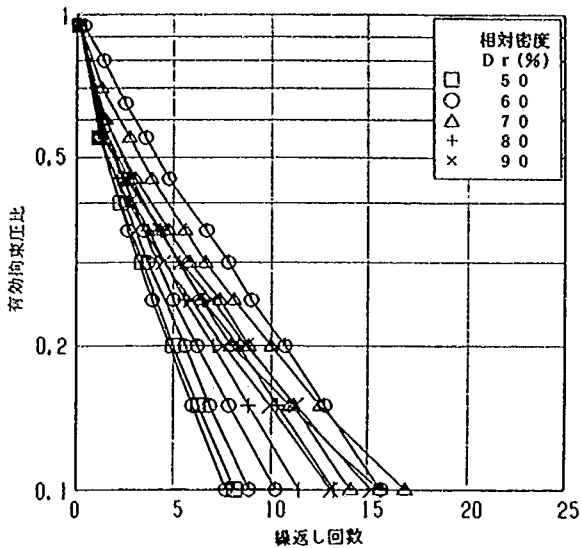


図-3-2-4 有効拘束圧比と繰返し回数の関係
(ひずみ振幅 $\varepsilon = 0.050\%$)

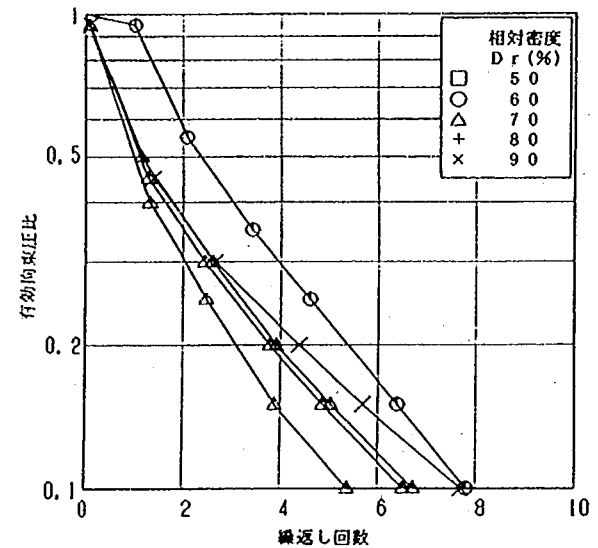


図-3-2-5 有効拘束圧比と繰返し回数の関係
(ひずみ振幅 $\varepsilon = 0.075\%$)

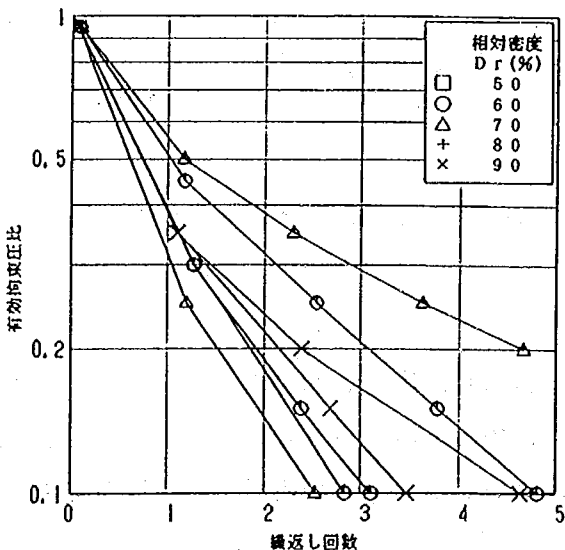


図-3-2-6 有効拘束圧比と繰返し回数の関係
(ひずみ振幅 $\varepsilon = 0.100\%$)

3. 2. 2 有効拘束圧比と累積ひずみの関係

作用したひずみ量から過剰間隙水圧の発生量を予測する方法として、ひずみ振幅 ε_a に繰返し回数 n を乗じた累積ひずみ $\Sigma (2 \times \varepsilon_a)$ を用いることについて検討した。一定ひずみ振幅の繰返し非排水三軸試験の結果から、有効拘束圧比 $\sigma'_{cn}/\sigma'_{c0}$ と繰返し回数 n の間に高い相関があることを 3. 2. 1 に示したが、このことは有効拘束圧比 $\sigma'_{cn}/\sigma'_{c0}$ と累積ひずみ $\Sigma (2 \times \varepsilon_a)$ の間にも相関があることを推測させる。また、振動台実験の結果からも過剰間隙水圧の発生量が累積ひずみと密接な関係にあることが確かめられている⁴⁾。

ここで、ひずみ振幅が一定ではない载荷条件

に対する試験の例として、一定振幅の応力制御による非排水繰返し三軸試験の結果を用いて、有効拘束圧比と累積ひずみの関係の整理を行った結果の例が図-3-2-8である⁵⁾。同図から、有効拘束圧比と累積ひずみはほぼ直線関係にあり、過剰間隙水圧比と累積ひずみに高い相関があることがわかる。また、ひずみ振幅が一定なひずみ制御による非排水繰返し三軸試験の結果を図示したのが、図-3-2-9～13である。同図からも有効拘束圧比と累積ひずみに高い相関があることがわかる。

このことから、一定振幅のひずみを作用させた場合の式(3-2-2)を、不規則なひずみ载荷に対しても用いられるよう、累積ひずみにより表示することにより式(3-2-3)が得られる。

$$\sigma'_{cn}/\sigma'_{c0} = 10^{-b \cdot \Sigma (2 \cdot \varepsilon_a)} \dots \dots \dots (3-2-3)$$

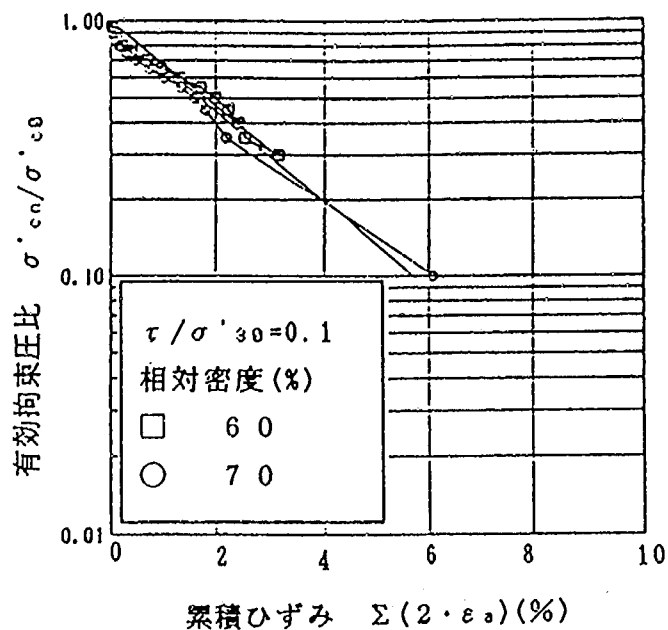


図-3-2-8 有効拘束圧と累積ひずみの関係
(応力制御による試験結果)

3. 2. 3 識閾ひずみ(Threshold Strain)

識閾ひずみ ε_{ai} とは、Dobryらによって指摘されている、ひずみの载荷方向が反転した場合に軸ひずみ量は変化するが、体積ひずみが残留せず間隙水圧の変化が生じないひずみレベルのことである。図-3-2-13の例では、破線部分が識閾ひずみを、実線の部分が間隙水圧の上昇に有効なひずみとなる。

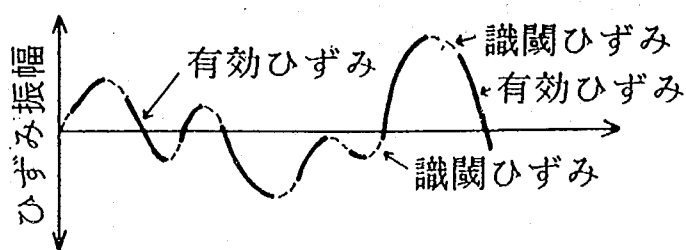


図-3-2-14 識閾ひずみの概念図

実際の試験においても、識閾ひずみ以下のひずみ振幅で载荷した場合、間隙水圧が発生せず液状化にいたらないことが確認された(巻末試料-1, 相対密度の影響, TOYO26)。ただし、初期に間隙水圧が上昇するのは、供試体内とベDESTALの間の噛み合いが不安定な場所があるためと考えられる。

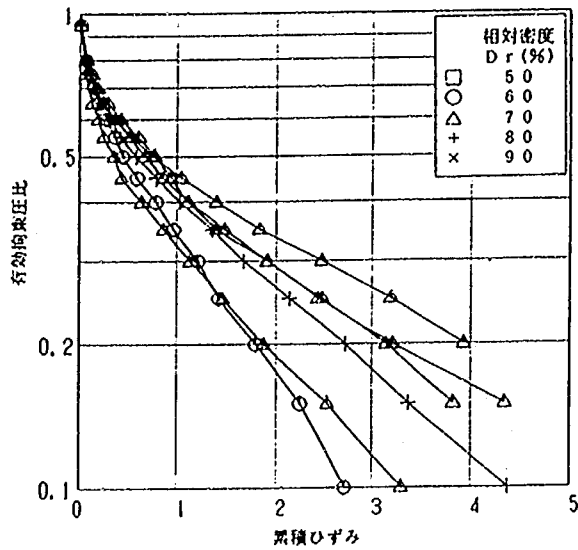


図-3-2-9 有効拘束圧比と累積ひずみの関係
(ひずみ振幅 $\varepsilon = 0.020\%$)

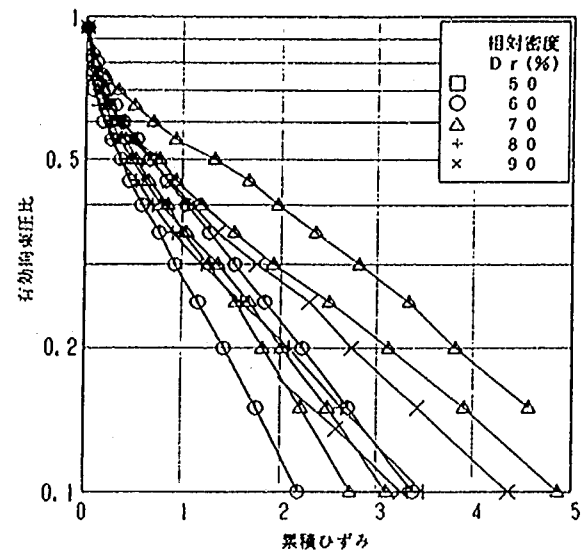


図-3-2-10 有効拘束圧比と累積ひずみの関係
(ひずみ振幅 $\varepsilon = 0.025\%$)

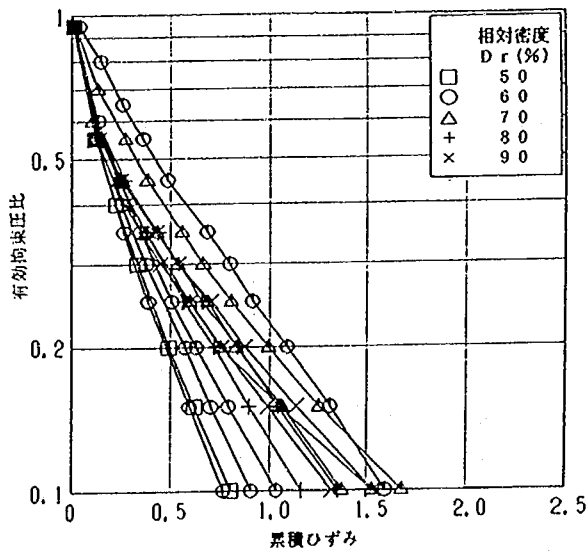


図-3-2-11 有効拘束圧比と累積ひずみの関係
(ひずみ振幅 $\varepsilon = 0.050\%$)

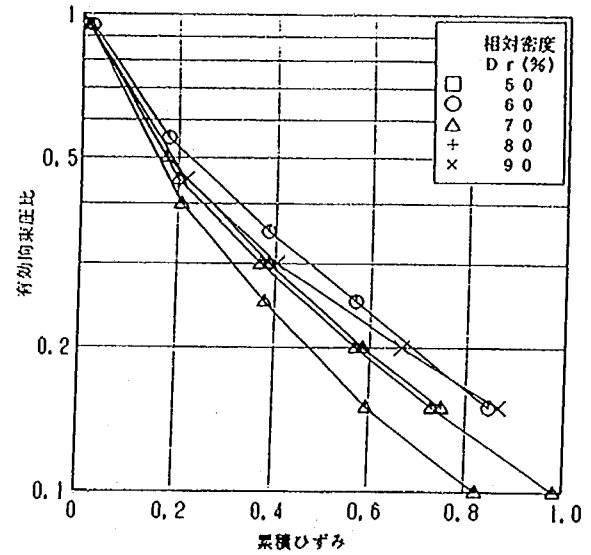


図-3-2-12 有効拘束圧比と累積ひずみの関係
(ひずみ振幅 $\varepsilon = 0.075\%$)

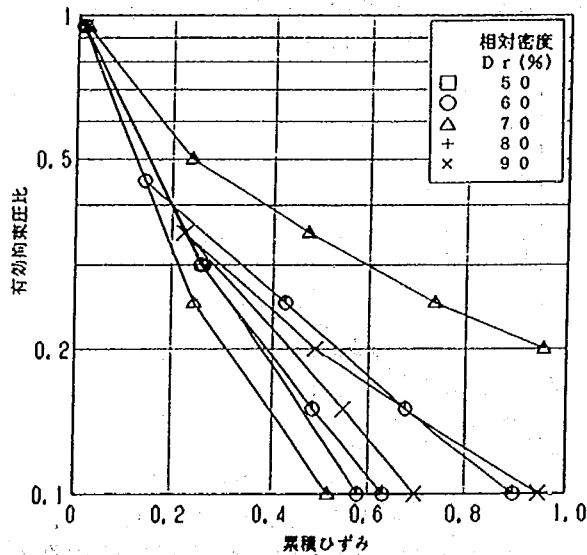


図-3-2-13 有効拘束圧比と累積ひずみの関係
(ひずみ振幅 $\varepsilon = 0.100\%$)

3. 2. 4 有効累積ひずみ

有効拘束圧と累積ひずみの間に高い相関があることは3. 2. 2で述べた。ここで、ある一定の過剰間隙水圧を発生させるのに必要な累積ひずみが、ひずみ振幅に関係なく一定であると仮定するとひずみ振幅が異なってもある一定の過剰間隙水圧を発生させるに必要な累積ひずみ $\Sigma(2 \times \varepsilon_a)$ が一定であり、ひずみ振幅 ε_a の大小により繰返し回数 n が変化するだけで、累積ひずみと繰返し回数の関係は図-3-2-14中の破線のような水平な直線にならない。

しかし、累積ひずみ $\Sigma(2 \times \varepsilon_a)$ の中に識閾ひずみ ε_{ai} が含まれているとすると、一定の過剰間隙水圧を発生させるに必要な累積ひずみの内には繰返し回数に比例した無効な累積ひずみ $\Sigma(2 \times \varepsilon_{ai})$ が含まれてくるため、図-3-2-14中の破線は実線の様な傾きを持った直線になる。以上の事を式で表わすと式(3-2-3)となる。

$$\begin{aligned}\Sigma(2 \times \varepsilon_a) &= \Sigma[2 \times \{(\varepsilon_a - \varepsilon_{ai}) + \varepsilon_{ai}\}] \\ &= \Sigma\{2 \times (\varepsilon_a - \varepsilon_{ai})\} + \Sigma(2 \times \varepsilon_{ai}) \\ &= \Sigma\{2 \times (\varepsilon_a - \varepsilon_{ai})\} + (2 \times \varepsilon_{ai}) \times n \cdots (3-2-3)\end{aligned}$$

つまり、図-3-2-14中の実線の傾き $2 \times \varepsilon_{ai}$ が識閾ひずみに比例するものであり、 y 切辺の値 $\Sigma(2 \times (\varepsilon_a - \varepsilon_{ai}))$ が過剰間隙水圧の発生に有効な累積ひずみの値を示す。

ひずみ制御試験結果を、過剰間隙水圧比が0. 9に達するのに必要な累積ひずみの値と、その時の繰返し回数の値を相対密度ごとに整理したのが図-4-2-15である。ここで、間隙水圧比が1. 0の値を使用しなかったのは、試験によっては間隙水圧比が1. 0に上昇しない前に試験を終了したものがあつたため、全データが揃っていない0. 9までを整理の範囲としたためである。

図-3-2-15より、相対密度の大小によらず、識閾ひずみ ε_{ai} の値は0. 018%程度であり、有効累積ひずみ $\Sigma(2 \times (\varepsilon_a - \varepsilon_{ai}))$ は0. 8%程度であることがわかる。

同様の整理を過剰間隙水圧比0. 05～0. 9まで0. 05刻みに示したのが

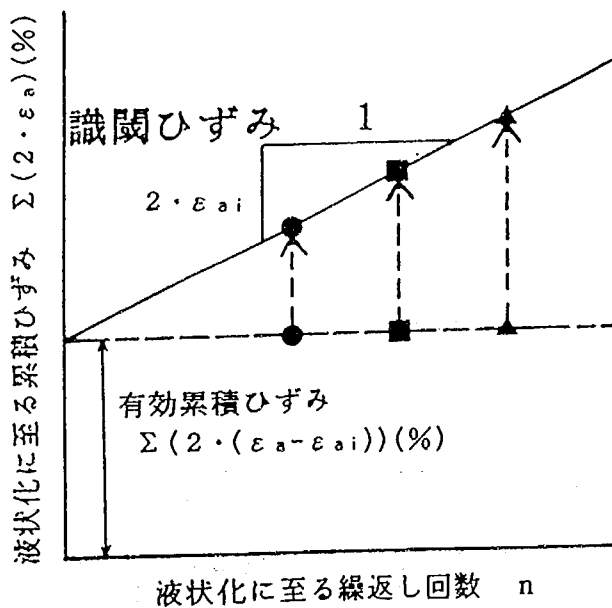


図-3-2-14 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の関係

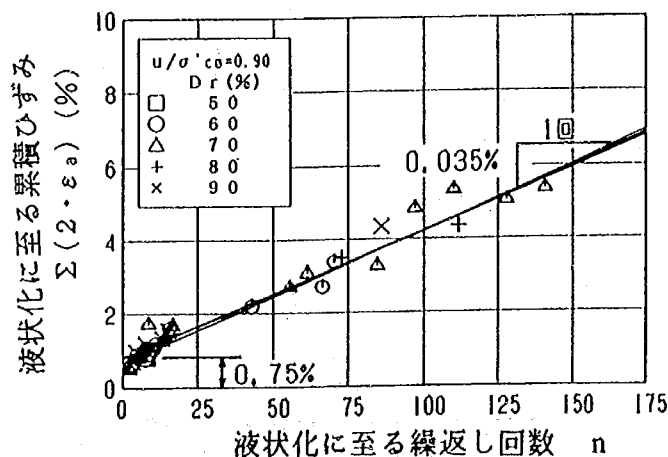


図-3-2-15 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果

図-3-2-17～33である。ひずみ制御では、一定振幅のひずみ量で載荷するので、供試体の剛性が高く大きい応力が出るため1回での載荷による間隙水圧の上昇量も多い。そのため間隙水圧が小さい頃は、繰返し回数も少なく識閾ひずみも累積されないので、識閾ひずみを表わす傾きが不安定になる。

全データを使用して各間隙水圧比ごとの有効累積ひずみを図に示したものが図-3-2-34であり、その有効累積ひずみの値を示したのが表-3-2-1である。同図を用いることにより、間隙水圧の上昇量を有効累積ひずみから予測することができる。

図-3-2-34から、式(3-2-3)の係数bを求めて、有効累積ひずみと過剰間隙水圧比の関係を求めたのが式(3-2-5)である。

$$u/\sigma'_{c0} = 1 - 10^{-1.6 * \sum \{2 * (\varepsilon_a - \varepsilon_{ai})\}} \quad \dots\dots\dots (3-2-5)$$

式(3-2-5)を使用して間隙水圧比を求めた予測値と有効累積ひずみから求めた値には開きがある。近似式を参考文献3)で求めた式(3-2-6)の様な変数を2つつ形に変える必要があると思われる。

$$u/\sigma'_{c0} = 1 - e^{-0.542 * \sum \gamma^{0.703}} \quad \dots\dots\dots (3-2-6)$$

識閾ひずみについて、Dobryら¹⁾と横田ら²⁾は、ひずみ制御による繰返し非排水三軸試験によって0.01%程度であることを確認している。また、Holzerら⁶⁾は、液状化アレー観測記録からせん断ひずみで0.05%程度であることを確認している。さらに、佐々木ら⁴⁾は、振動台実験からせん断ひずみで0.05%程度であることを確認している。

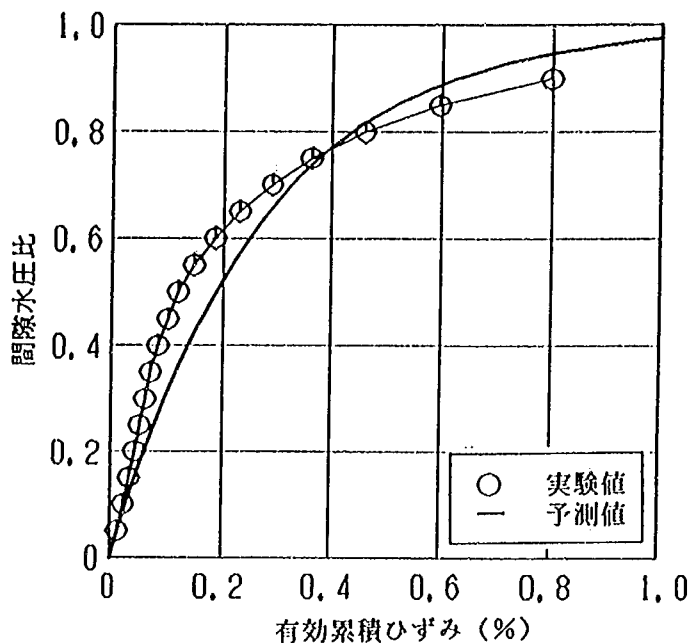


図-3-2-34 有効累積ひずみからの間隙水圧比の予測

表-3-2-1 有効累積ひずみから過剰間隙水圧比の予測

過剰間隙水圧比	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
有効累積ひずみ	0.013	0.024	0.035	0.044	0.053	0.062	0.071	0.062
過剰間隙水圧比	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
有効累積ひずみ	0.102	0.121	0.149	0.186	0.231	0.291	0.364	0.461
過剰間隙水圧比	0.85	0.90						
有効累積ひずみ	0.597	0.798						

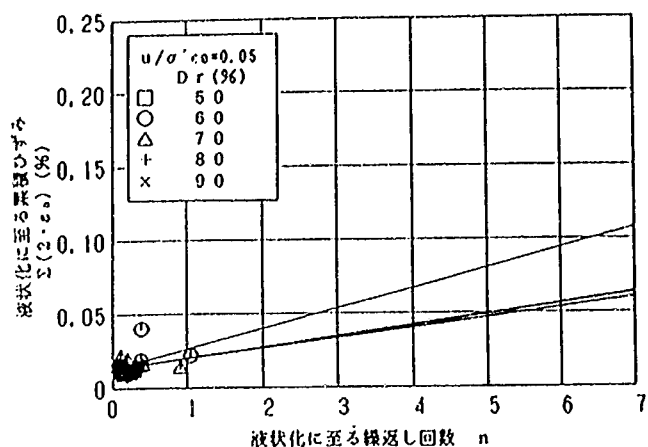


図-3-2-16 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果($u/\sigma'_{co}=0.05$)

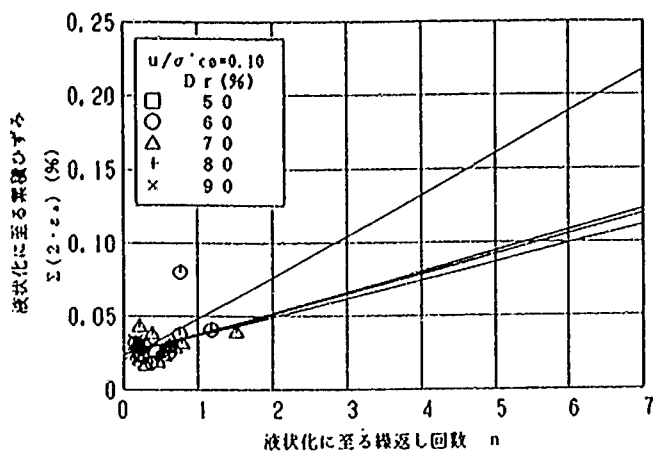


図-3-2-17 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果($u/\sigma'_{co}=0.10$)

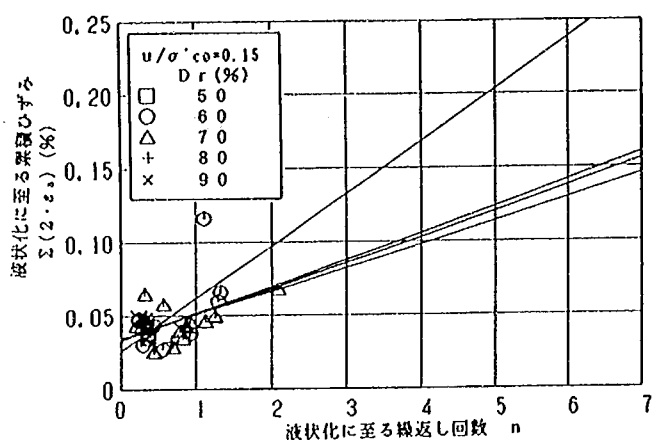


図-3-2-18 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果($u/\sigma'_{co}=0.15$)

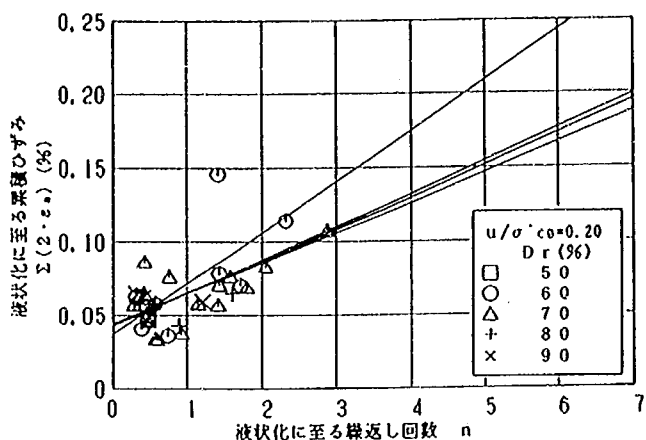


図-3-2-19 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果($u/\sigma'_{co}=0.20$)

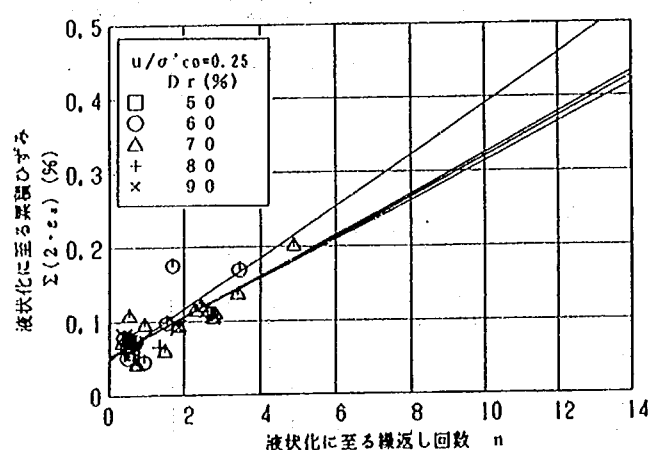


図-3-2-20 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果($u/\sigma'_{co}=0.25$)

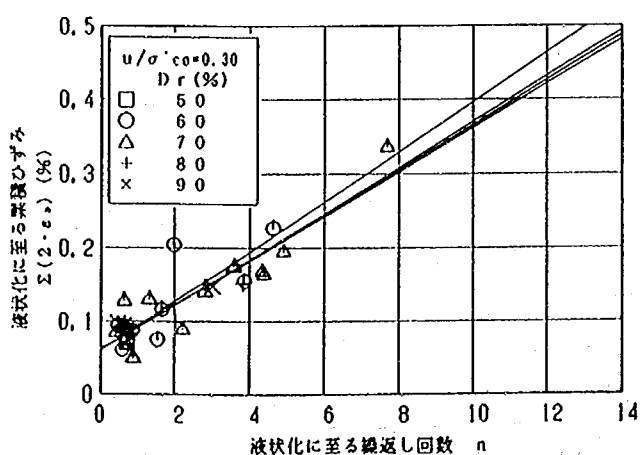


図-3-2-21 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果($u/\sigma'_{co}=0.30$)

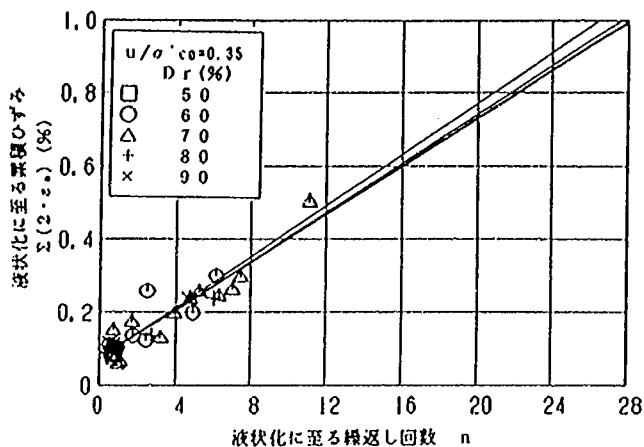


図-3-2-22 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co} = 0.35$)

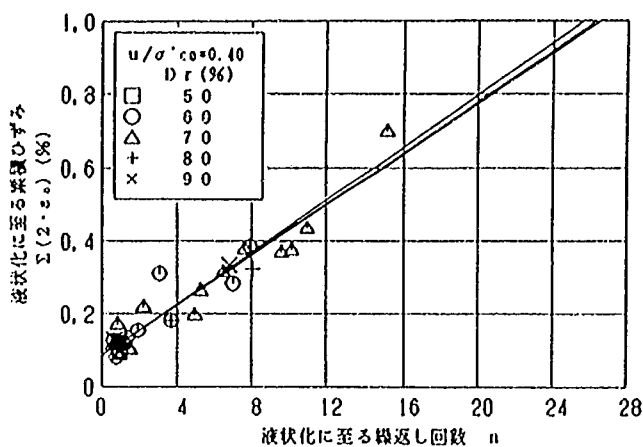


図-3-2-23 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co} = 0.40$)

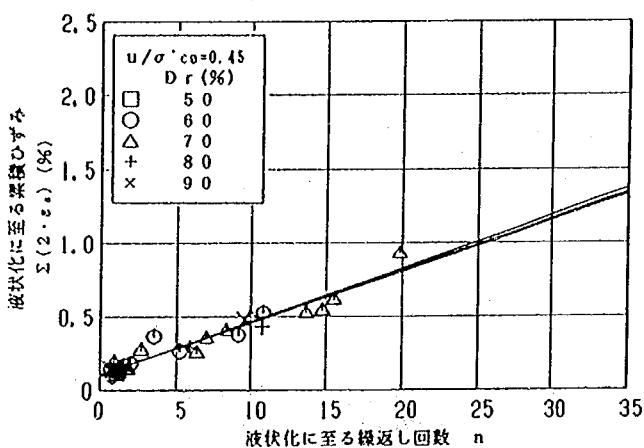


図-3-2-24 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co} = 0.45$)

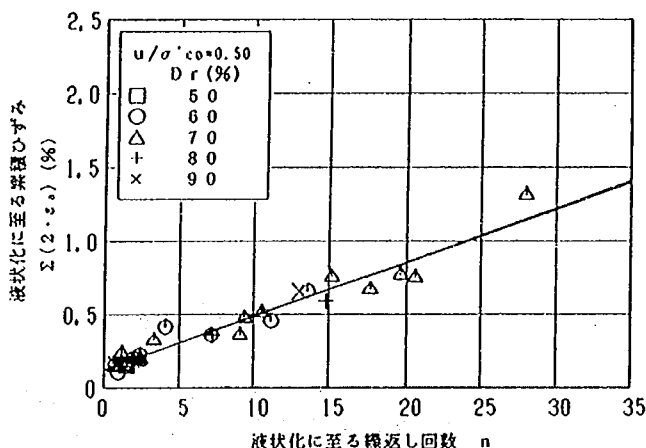


図-3-2-25 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co} = 0.50$)

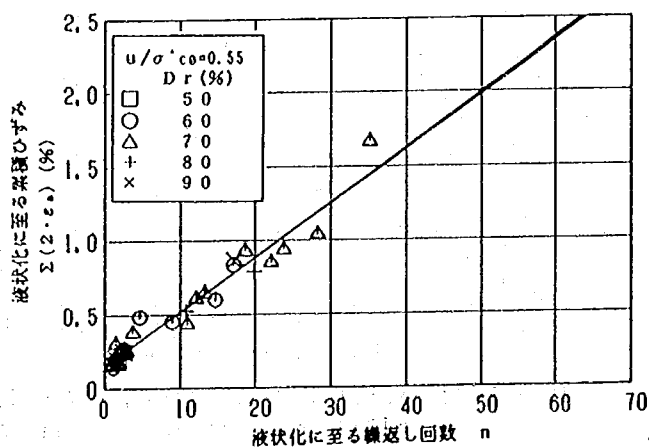


図-3-2-26 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co} = 0.55$)

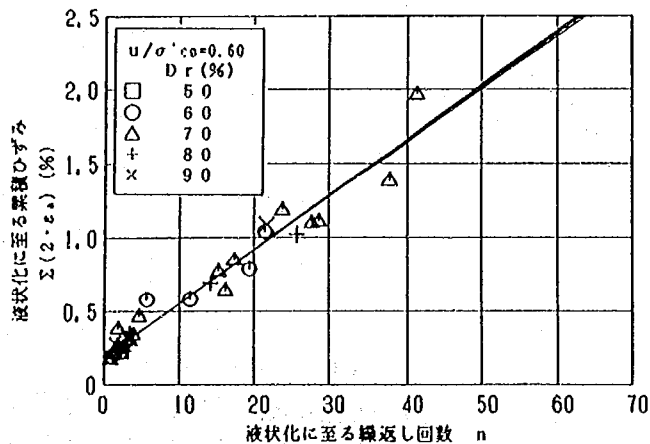


図-3-2-27 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co} = 0.60$)

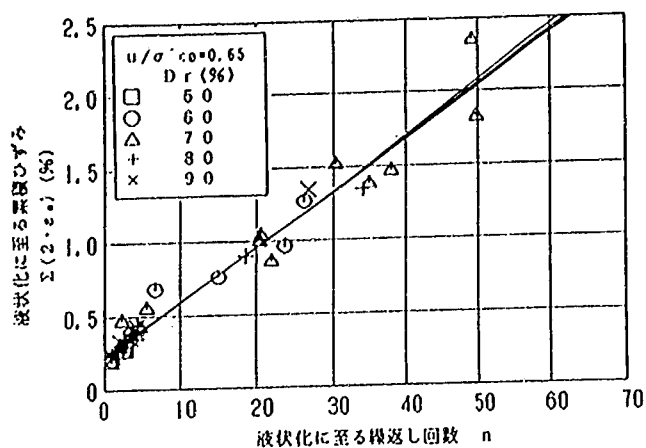


図-3-2-28 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'c_0 = 0.65$)

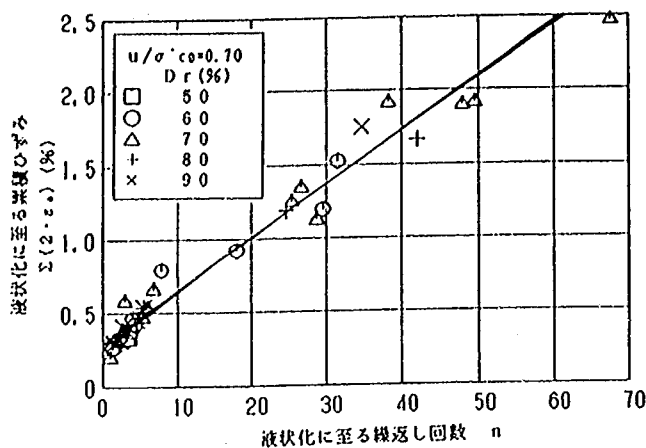


図-3-2-29 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'c_0 = 0.70$)

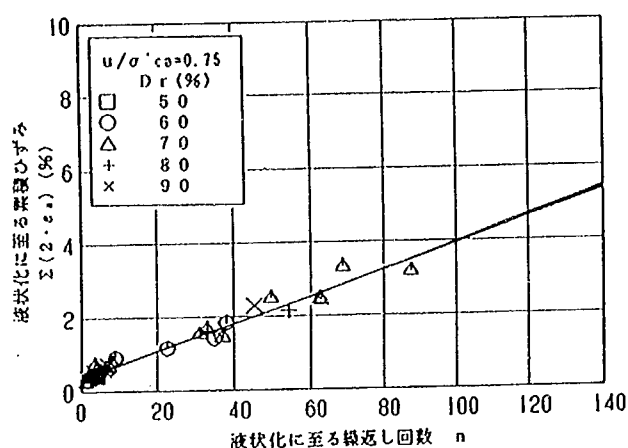


図-3-2-30 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'c_0 = 0.75$)

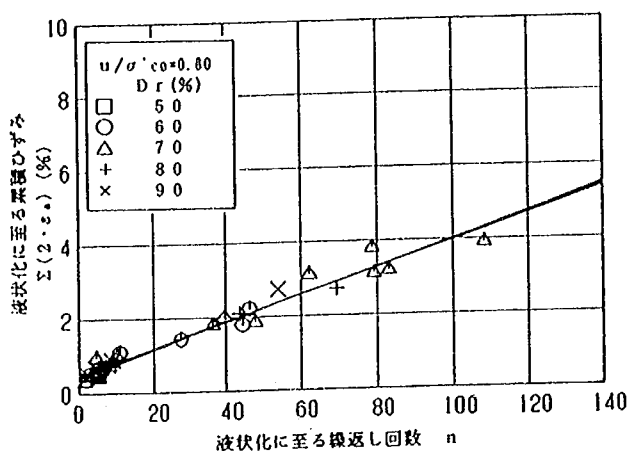


図-3-2-31 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'c_0 = 0.80$)

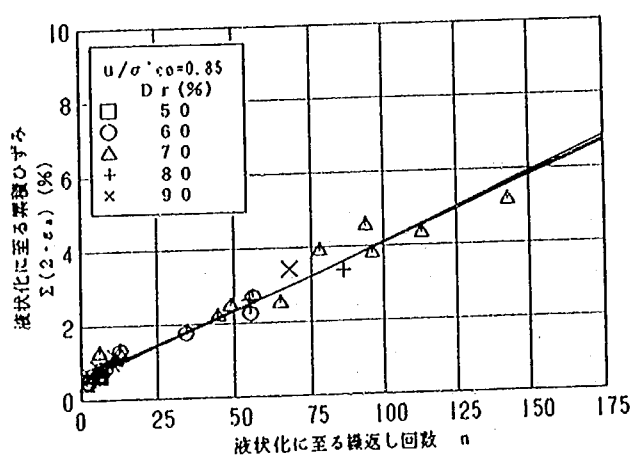


図-3-2-32 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'c_0 = 0.85$)

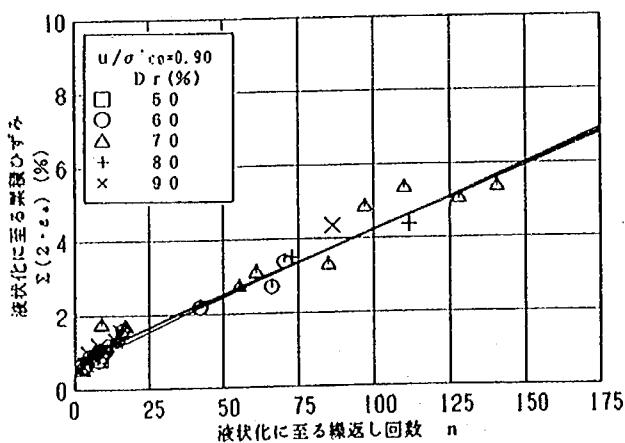


図-3-2-33 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'c_0 = 0.90$)

3. 3 相対密度の影響

応力制御による液状化試験では、応力を横圧で割って応力比にし、その応力比を指標にして試験結果を整理し、有効拘束圧の影響をしている。

そこで、相対密度を50～90%程度まで変えて、ひずみ制御による繰返し非排水三軸試験試験を行った。(巻末試料-1:相対密度の影響)

相対密度の影響の試験の間隙水圧比が0.9の時の結果を液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の関係を用いて相対密度ごとに整理したのが、図-3-2-33である。同図から求めた識閾ひずみと相対密度の関係を示したのが図-3-3-1である。同図から相対密度が識閾ひずみに与える影響が小さいことがわかる。

また、図-3-2-33から求めた有効累積ひずみと相対密度の関係を示したのが図-3-3-2である。同図から相対密度が過剰間隙水圧の上昇に有効な累積ひずみに与える影響も小さいことがわかる。

以上のことから、ひずみ制御による繰返し非排水三軸試験においては、相対密度の大小が試験結果に与える影響が小さく、一義的に間隙水圧の発生量を決定しうることがわかる。また、この事は、攪乱試料を用いて試験を行う場合に、相対密度の設定に際して許容範囲を広くとることができることを意味する。

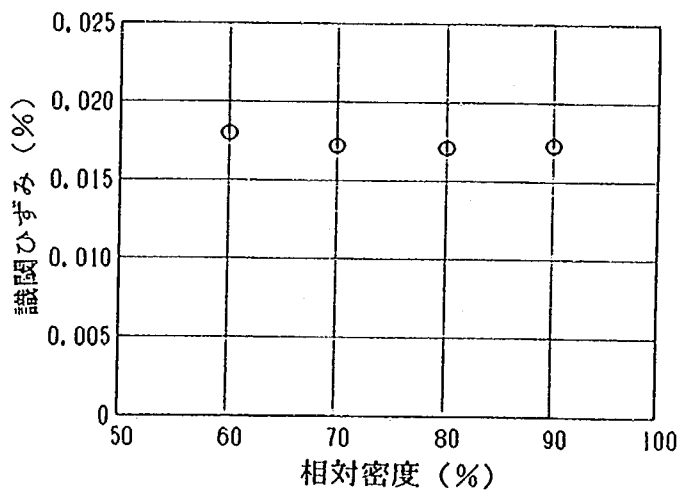


図-3-3-1 識閾ひずみと相対密度の関係

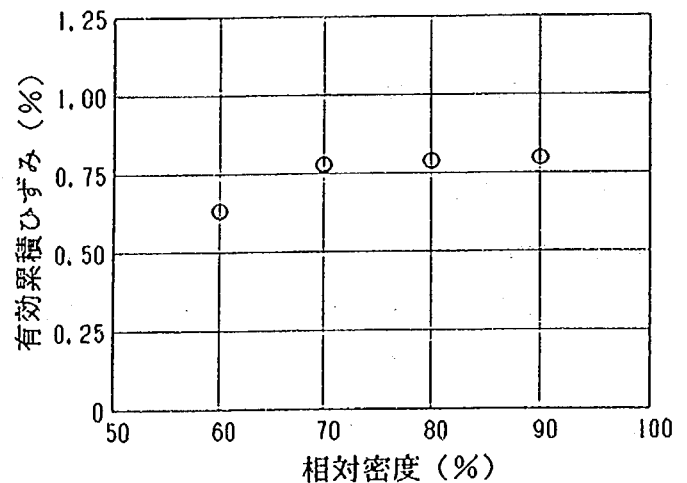


図-3-3-2 有効累積ひずみと相対密度の関係

3. 4 有効拘束圧の影響

応力制御による液状化試験では、応力を横圧で割って応力比にし、その応力比を指標にして試験結果を整理するので、有効拘束圧の影響は無視できる。しかし、ひずみ制御試験では横圧の影響は残る。

そこで、有効拘束圧の違いが識閾ひずみや有効累積ひずみに与える影響を明かにするために、有効拘束圧を 0.25 kgf/cm^2 , 0.5 kgf/cm^2 , 1.0 kgf/cm^2 , 1.5 kgf/cm^2 , 2.0 kgf/cm^2 と変化させ、ひずみ制御の繰返し非排水三軸試験を行った。(巻末試料-2: 有効拘束圧の影響)

3. 4. 1 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の関係

液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の関係を用いて、過剰間隙水圧比 $0.05 \sim 0.9$ まで 0.05 刻みに示したのが図-3-4-1~18である。

過剰間隙水圧比が 0.4 程度までは、各試験データの個数が少ないのと液状化に至る繰返し回数が少ないことで、識閾ひずみが不安定な値を示している。

3. 4. 2 識閾ひずみと有効累積ひずみ

有効拘束圧の影響の試験の間隙水圧比が 0.9 の時の結果を液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の関係を用いて横圧ごとに整理したのが、図-3-4-18である。同図から求めた識閾ひずみと横圧の関係を示したのが図-3-4-19である。同図から有効拘束圧が識閾ひずみに与える影響が大きいことがわかる。

また、図-3-4-18から求めた有効累積ひずみと横圧の関係を示したのが図-3-4-20である。同図から横圧が過剰間隙水圧の上昇に有効な累積ひずみに与える影響も大きいことがわかる。

各横圧ごとの有効累積ひずみを図-3-4-1~18から求め、図に示したものが図-3-4-21であり、各横圧ごとの有効累積ひずみの値を示したのが表-3-4-1である。同図を用いることにより、有効拘束圧を考慮した間隙水圧の上昇量を有効累積ひずみから予測することができる。

表-3-4-1の横圧 0.5 kgf/cm^2 の試験の有効累積ひずみの値が、表-3-2-1の有効累積ひずみの値より小さいのは、負圧を 0.3 kgf/cm^2 から 0.1 kgf/cm^2 まで下げて試験を行っているためと思われる。

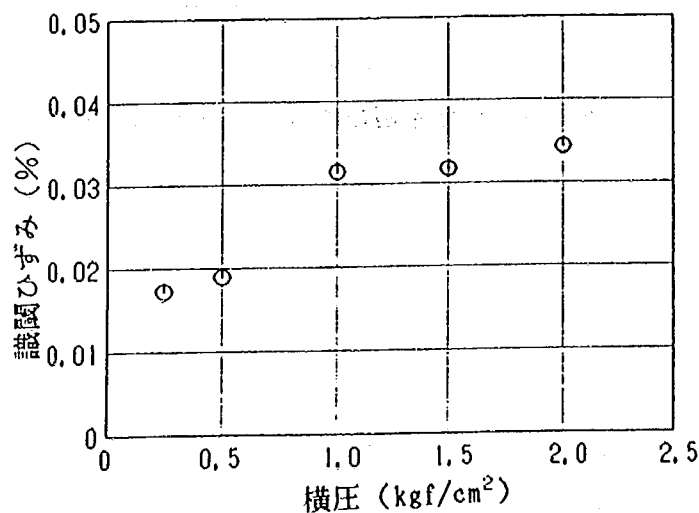


図-3-4-19 識閾ひずみと横圧の関係

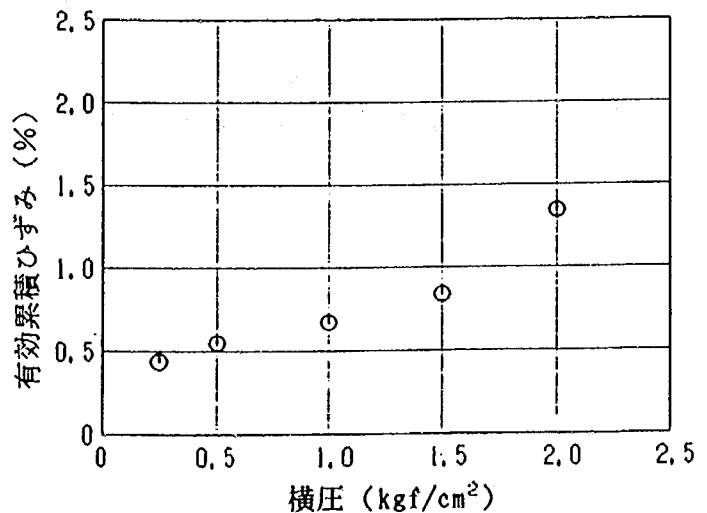


図-3-4-20 有効累積ひずみと横圧の関係

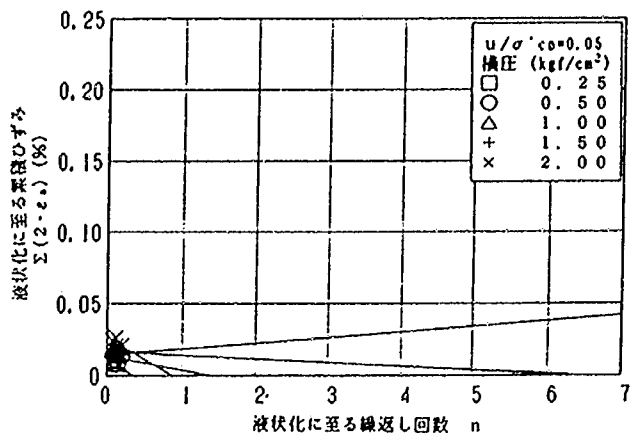


図-3-4-1 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.05$)

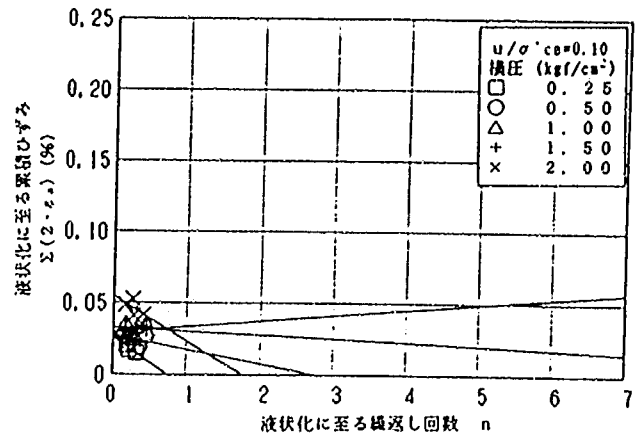


図-3-4-2 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.10$)

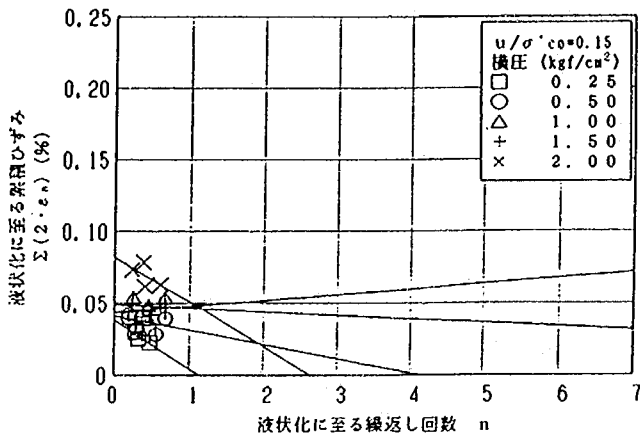


図-3-4-3 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.15$)

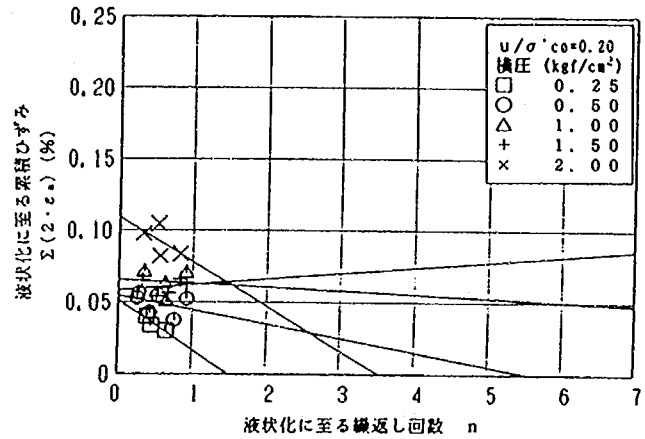


図-3-4-4 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.20$)

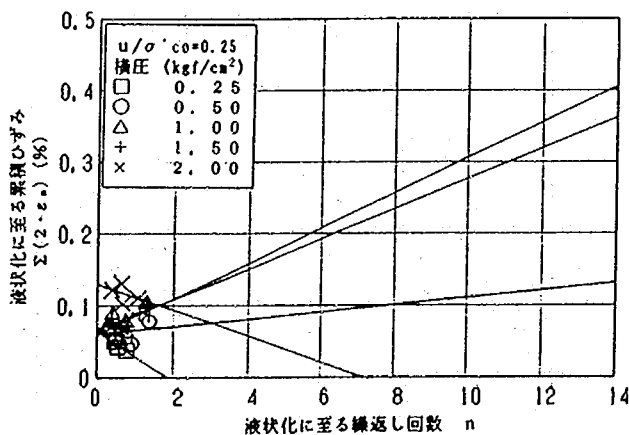


図-3-4-5 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.25$)

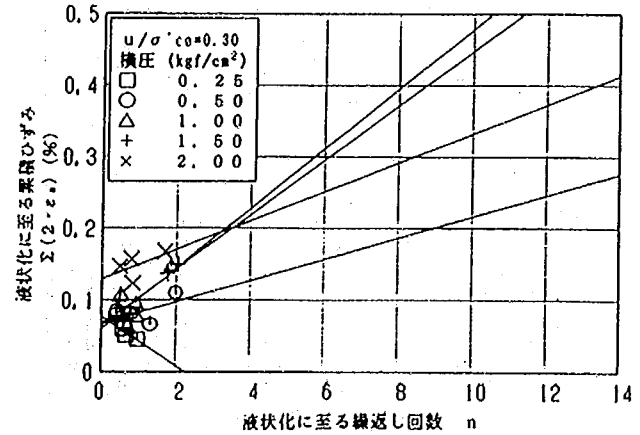


図-3-4-6 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.30$)

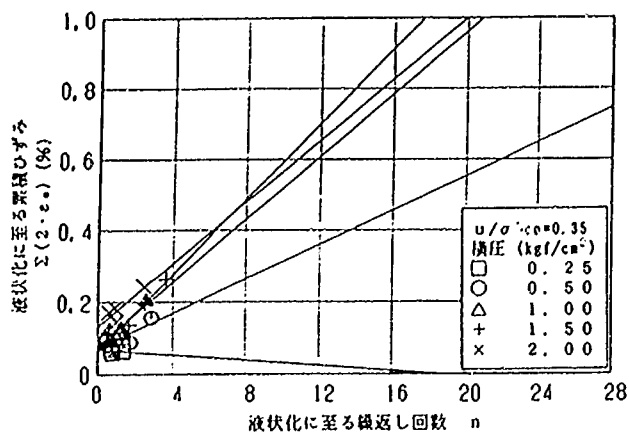


図-3-4-7 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.35$)

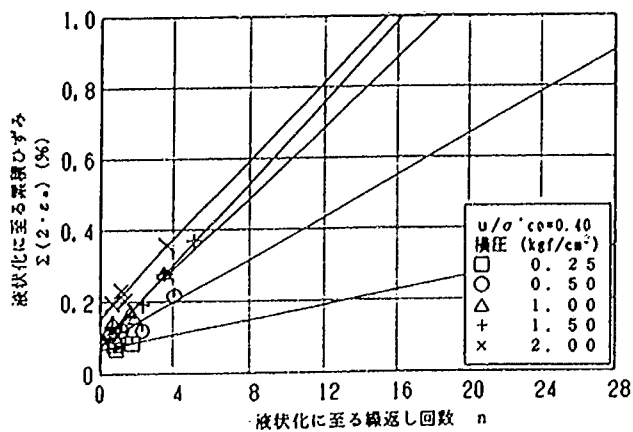


図-3-4-8 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.40$)

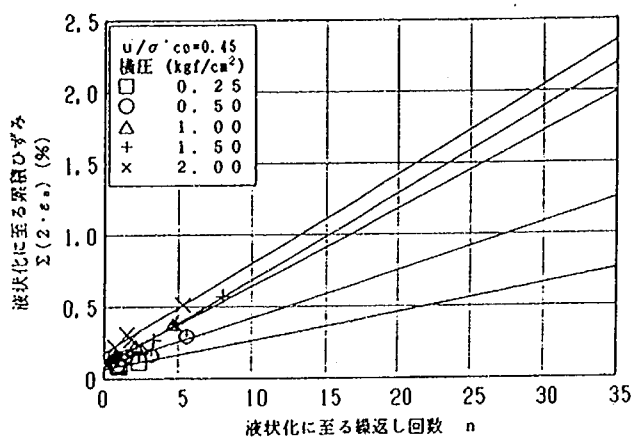


図-3-4-9 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.45$)

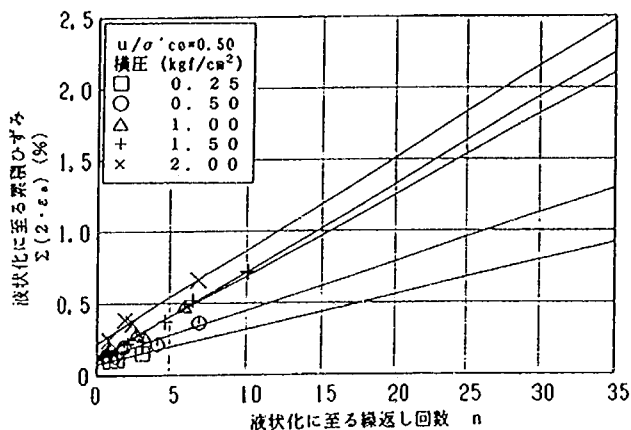


図-3-4-10 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.50$)

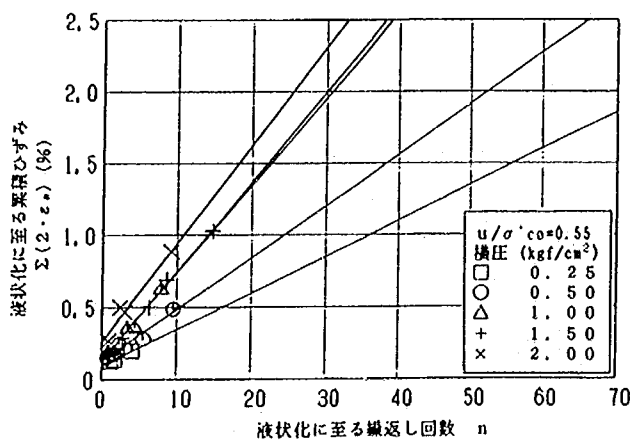


図-3-4-11 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.55$)

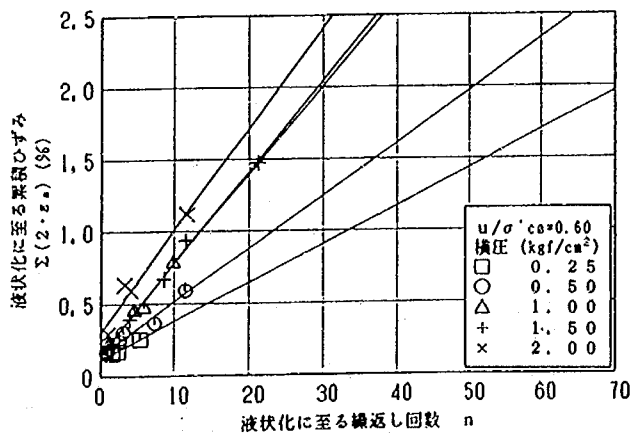


図-3-4-12 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.60$)

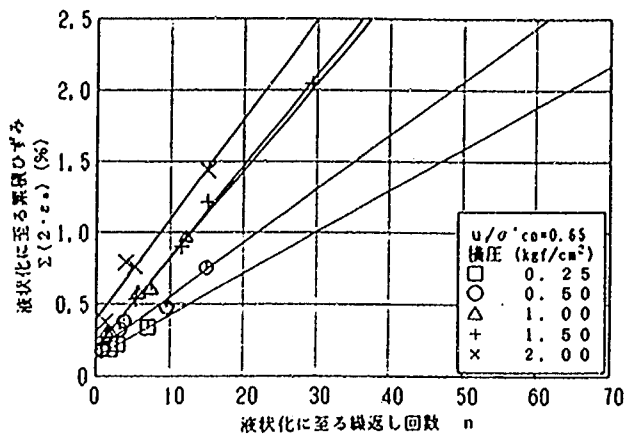


図-3-4-13 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果($u/\sigma'_{co}=0.65$)

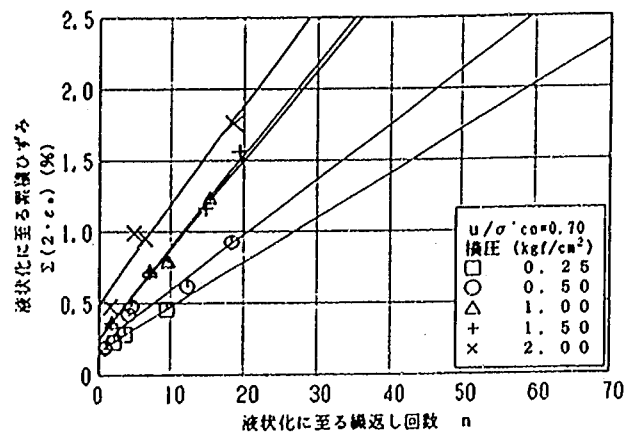


図-3-4-14 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果($u/\sigma'_{co}=0.70$)

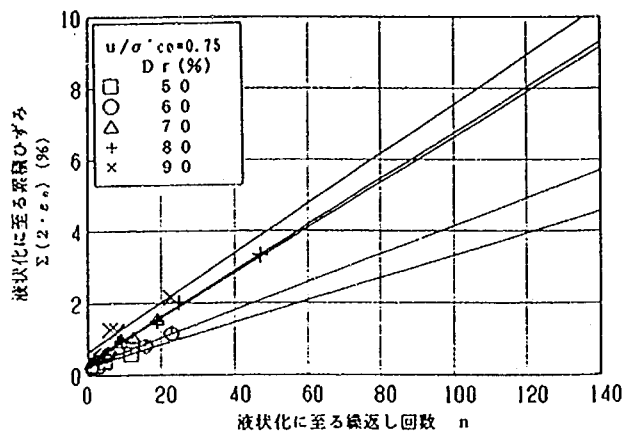


図-3-4-15 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果($u/\sigma'_{co}=0.75$)

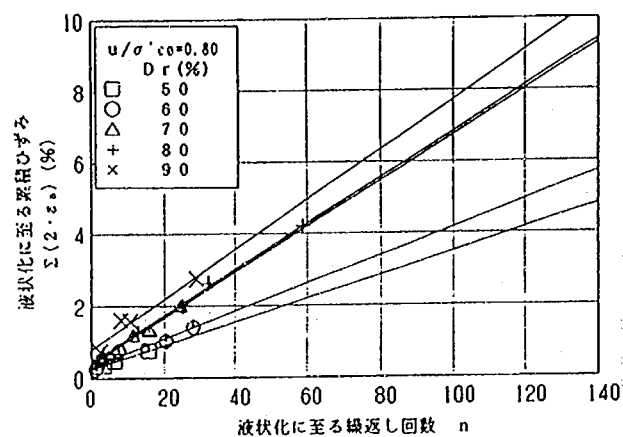


図-3-4-16 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果($u/\sigma'_{co}=0.80$)

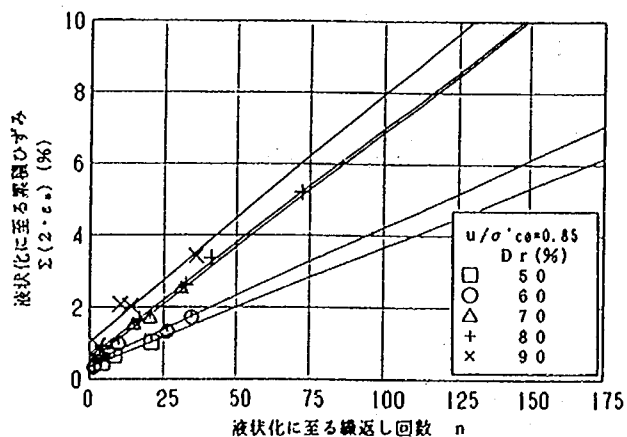


図-3-4-17 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果($u/\sigma'_{co}=0.85$)

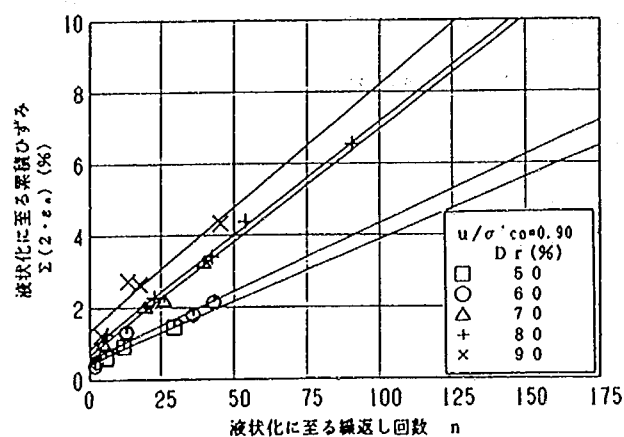


図-3-4-18 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果($u/\sigma'_{co}=0.90$)

表-3-4-1 横圧を考慮した有効累積ひずみから過剰間隙水圧比の予測

過剰間隙水圧比			0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
有効累ひずみ	横 圧	0.25	0.013	0.026	0.039	0.051	0.064	0.077	0.068	0.066
		0.50	0.014	0.027	0.041	0.055	0.060	0.067	0.072	0.080
		1.00	0.016	0.033	0.049	0.065	0.066	0.065	0.077	0.089
		1.50	0.015	0.029	0.044	0.058	0.060	0.059	0.061	0.070
		2.00	0.027	0.055	0.082	0.109	0.129	0.129	0.131	0.152
過剰間隙水圧比			0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
有効累ひずみ	横 圧	0.25	0.066	0.074	0.092	0.113	0.132	0.160	0.203	0.250
		0.50	0.090	0.106	0.124	0.146	0.172	0.203	0.249	0.321
		1.00	0.100	0.115	0.128	0.157	0.200	0.242	0.297	0.374
		1.50	0.081	0.099	0.118	0.144	0.191	0.254	0.335	0.452
		2.00	0.180	0.216	0.257	0.307	0.391	0.494	0.621	0.790
過剰間隙水圧比			0.85	0.90						
有効累ひずみ	横 圧	0.25	0.323	0.436						
		0.50	0.415	0.548						
		1.00	0.489	0.671						
		1.50	0.610	0.839						
		2.00	1.013	1.344						

以上のことは、実地盤内において深度が深くなると有効拘束圧が増え、識閾ひずみも間隙水圧の上昇に必要な有効累積ひずみも大きくなり、深度が深くなると地盤が液状化しにくくなることを意味している。

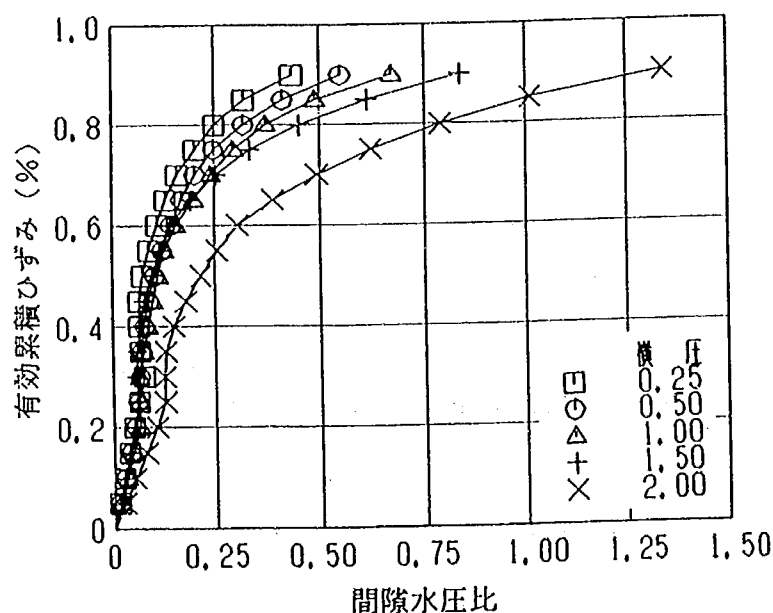


図-3-4-21 横圧を考慮した有効累積ひずみからの間隙水圧比の予測

3. 5 細粒分の影響

液状化に大きな影響を与える要因として、細粒分の含有量があげられる。

既往の応力制御による繰返し三軸試験の結果から、細粒分の増加に伴い液状化強度が増加することが確認されている⁷⁾。

そこで、豊浦標準砂と浅間山砂にカオリンを重量比で0, 10, 50%と混ぜた調整試料を圧密容器内で予備圧密した後、凍結、成形した供試体によりひずみ制御の繰返し非排水三軸試験を行った。(巻末試料-3: 細粒分含有率の影響)

3. 5. 1 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の関係

細粒分が多くなると過剰間隙水圧が上昇しやすく、過剰間隙水圧比で0.9以上の過剰間隙水圧が発生しない試験結果がある。そこで、液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の関係を用いて、過剰間隙水圧比が0.85に達するのに必要な累積ひずみの値と繰返し回数を有効拘束圧ごとに図示したのが、図-3-5-17である。

3. 5. 2 識関ひずみと有効累積ひずみ

細粒分含有率の影響の試験の間隙水圧比が0.85の時の結果を液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の関係を用いて細粒分ごとに整理したのが、図-3-5-17である。同図から求めた識関ひずみと細粒分の関係を示したのが図-3-5-19である。同図から細粒分含有率が識関ひずみに与える影響が大きいことがわかる。

また、図-3-5-17から求めた有効累積ひずみと細粒分含有率の関係を示したのが図-3-5-20である。同図から細粒分含有率が過剰間隙水圧の上昇に有効な累積ひずみに与える影響も大きいことがわかる。

各細粒分ごとの有効累積ひずみを図-3-5-1~18から求め、図に示したものが図-3-5-21である。

細粒分含有率の試験においては、各細粒分の試験本数が少なく、図-3-5-21に示すように有効累積ひずみの上昇に不安定な試験結果がある。

この試験においては凍結試料を用いたため、細粒分含有率0%の試験結果において空中落下法で作成した試料の結果(図-3-3-1, 2)に比べて識関ひずみも有効累積ひずみも大きくなっている。

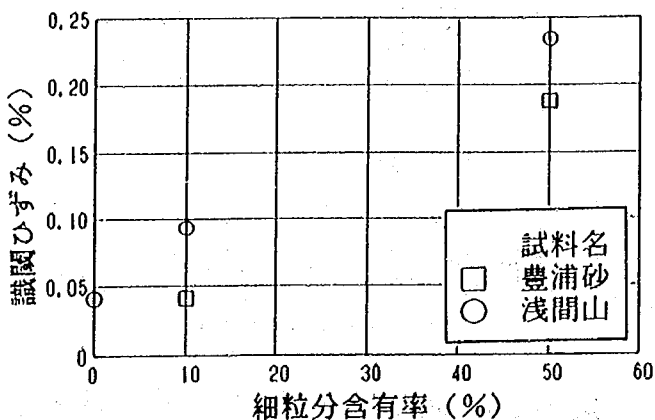


図-3-5-19 識関ひずみと横圧の関係

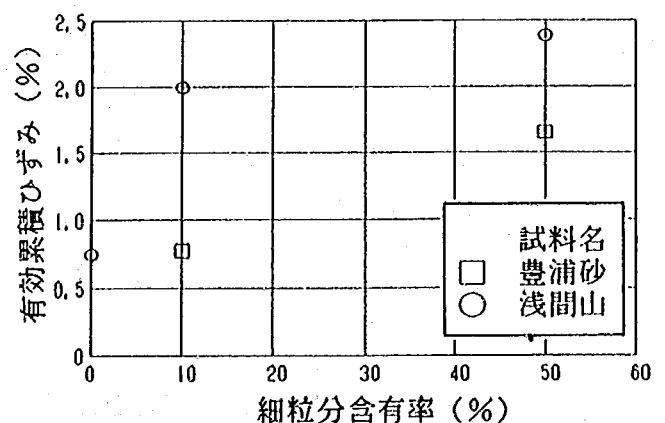


図-3-5-20 有効累積ひずみと横圧の関係

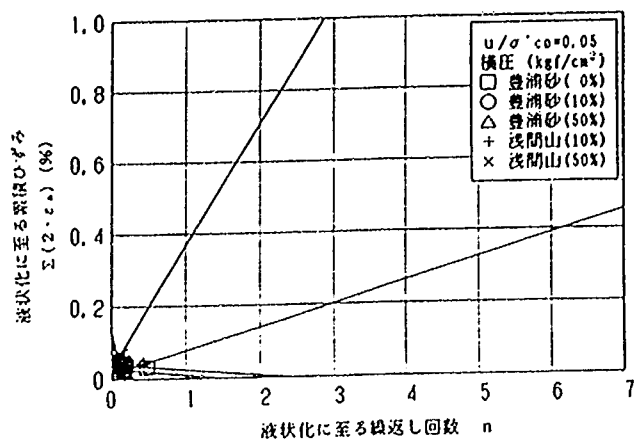


図-3-5-1 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.05$)

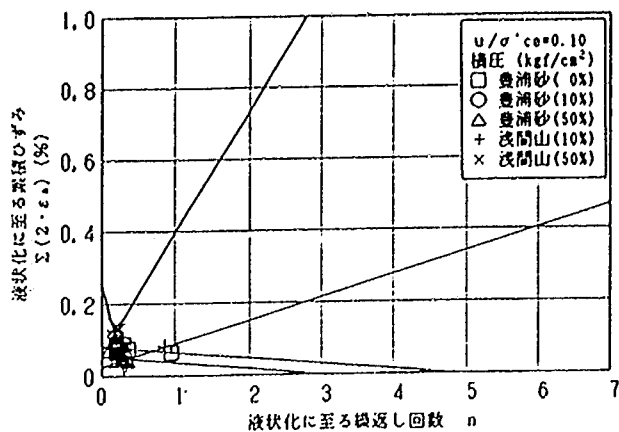


図-3-5-2 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.10$)

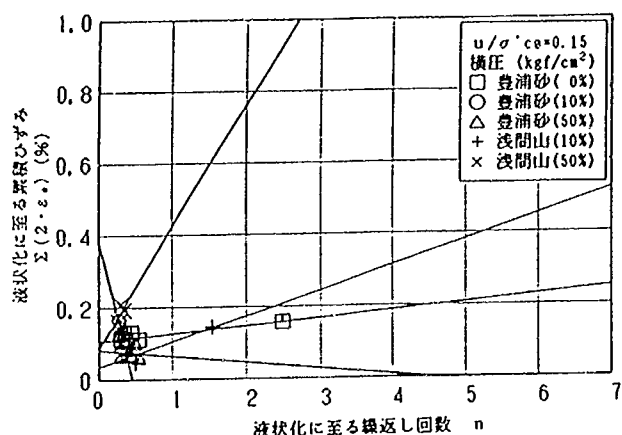


図-3-5-3 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.15$)

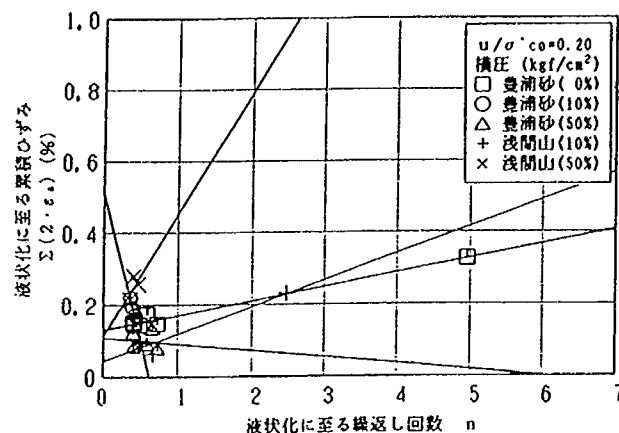


図-3-5-4 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.20$)

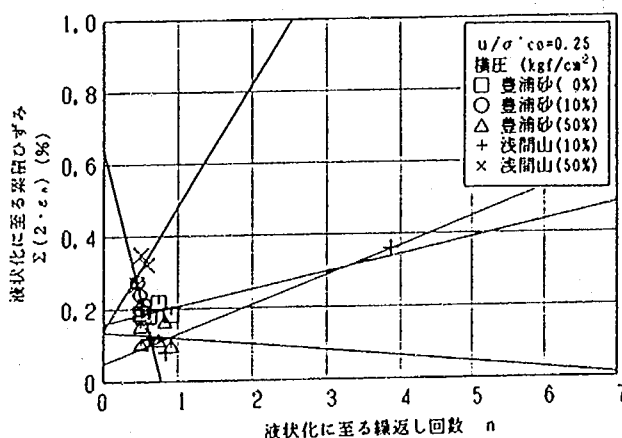


図-3-5-5 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.25$)

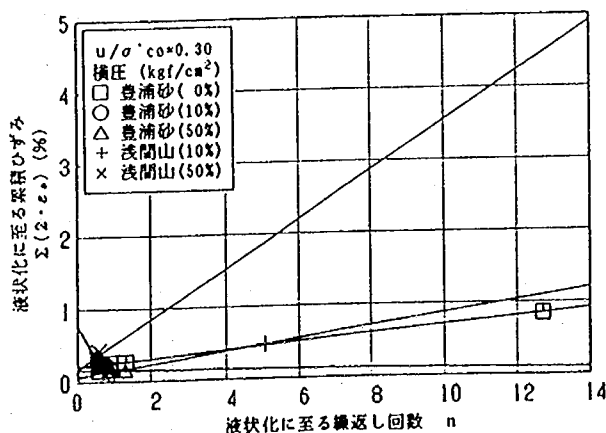


図-3-5-6 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.30$)

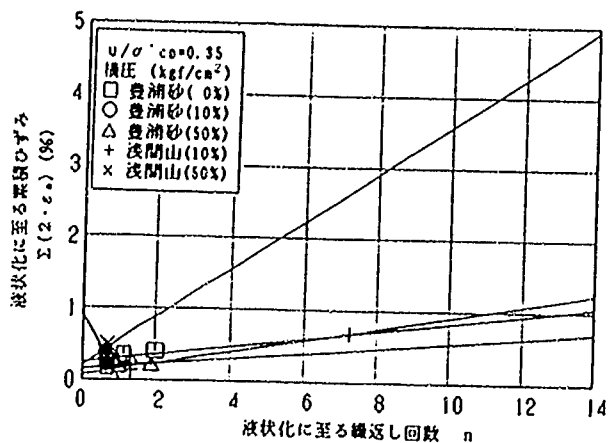


図-3-5-7 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'c_0=0.35$)

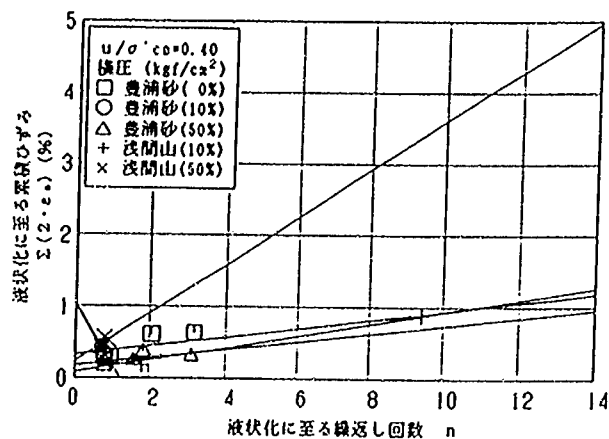


図-3-5-8 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'c_0=0.40$)

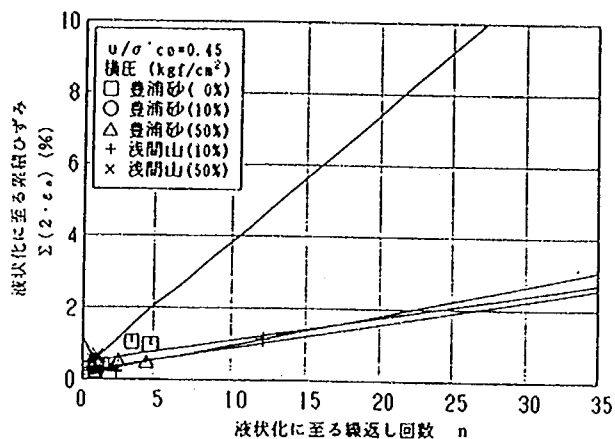


図-3-5-9 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'c_0=0.45$)

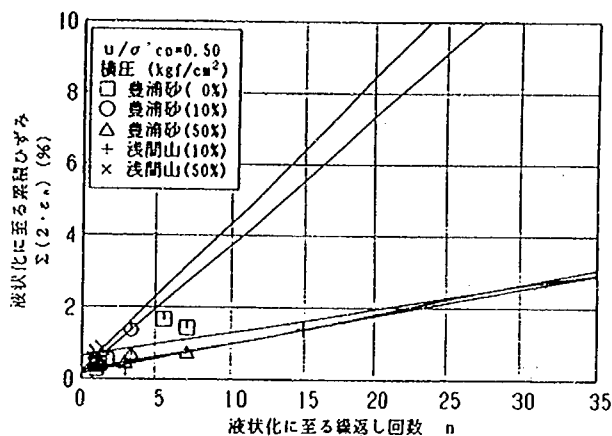


図-3-5-10 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'c_0=0.50$)

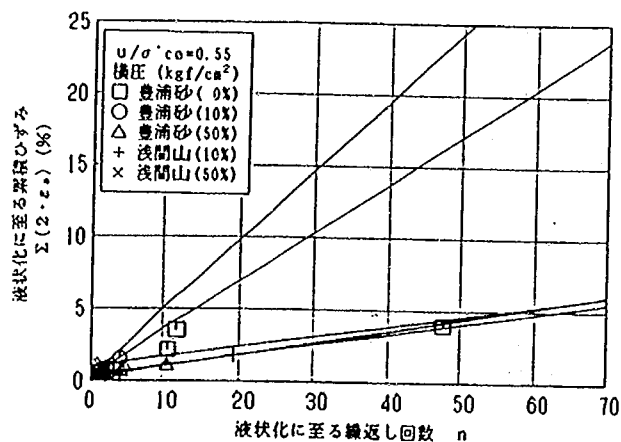


図-3-5-11 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'c_0=0.55$)

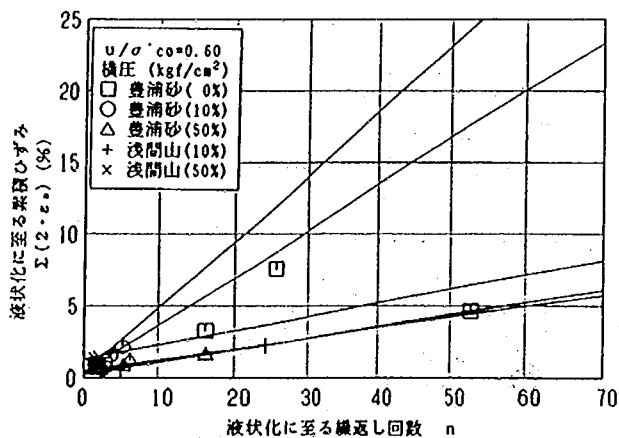


図-3-5-12 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'c_0=0.60$)

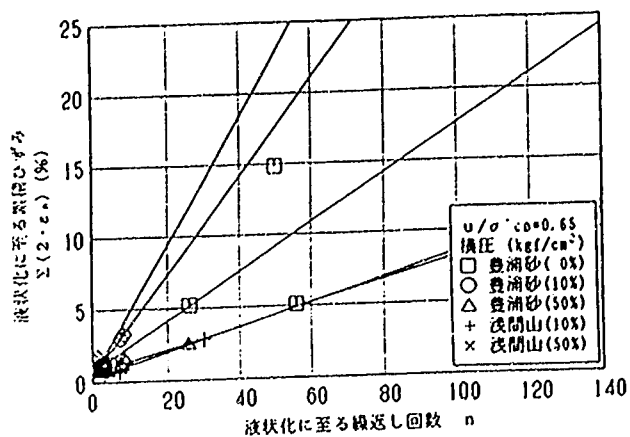


図-3-5-13 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.65$)

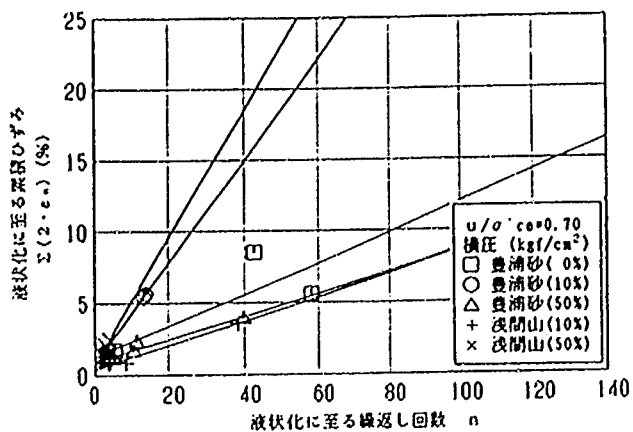


図-3-5-14 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.70$)

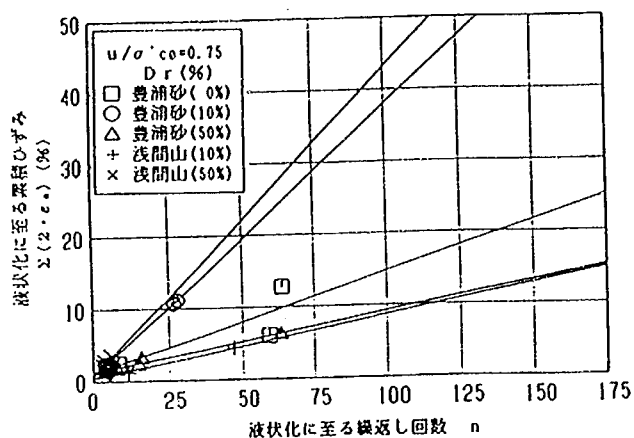


図-3-5-15 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.75$)

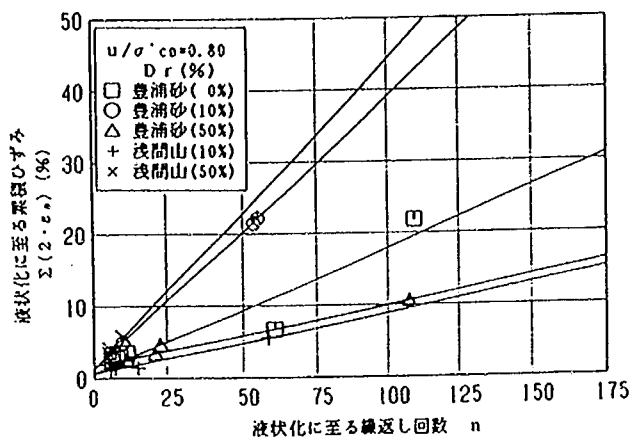


図-3-5-16 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.80$)

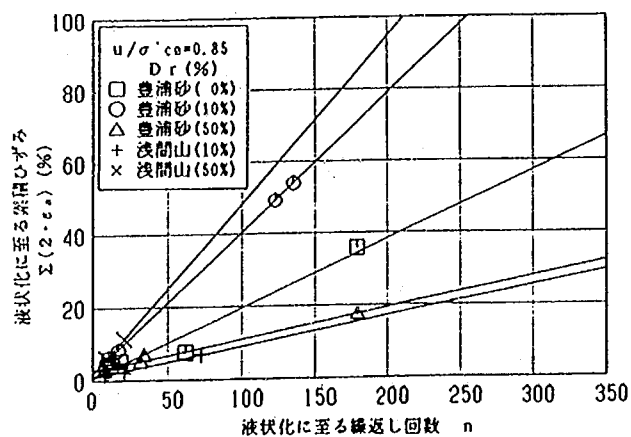


図-3-5-17 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.85$)

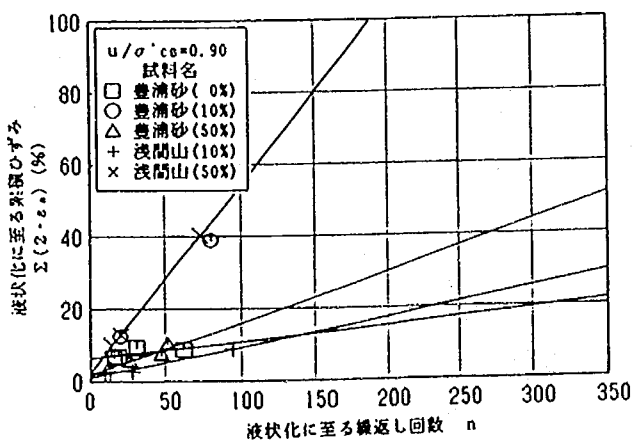


図-3-5-18 液状化に至る累積ひずみと繰返し回数の試験結果 ($u/\sigma'_{co}=0.90$)

以上のことから、細粒分が多くなると識閾ひずみが大きくなることや有効累積ひずみも大きくなることから、液状化しにくくなることがわかる。

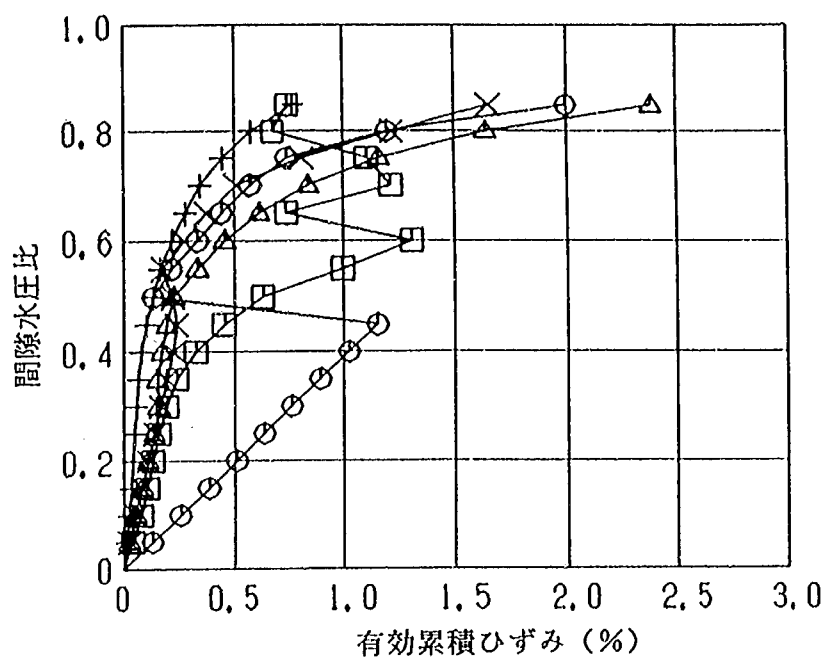


図-3-5-21 横圧を考慮した有効累積ひずみからの間隙水圧比の予測

4. まとめ

ひずみ制御による繰返し非排水三軸試験により、液状化の進行過程をより精度良く把握できるようになり、以下の結果が得られた。

①過剰間隙水圧の上昇に寄与しないひずみ（識閾ひずみ）が存在することが確認された。

②識閾ひずみの値は相対密度の影響は少なく、有効拘束圧や細粒分の増加と共に大きくなることが明らかになった。

③過剰間隙水圧の上昇に寄与する有効累積ひずみも相対密度の影響は小さく、有効拘束圧や細粒分の増加と共に大きくなることが確認された。

④試験結果に基づき有効累積ひずみから、過剰間隙水圧の発生量を予測する方法を提案した。

今後の課題として、ひずみ制御試験で求めた有効累積ひずみと現在構造物の設計等で用いられている液状化強度との関係を明らかにし、ひずみ制御試験を用いた場合の液状化判定法並びに耐震設計の考え方について検討する必要がある。

参考文献

- 1) R. Dobry, R. S. Ladd, F. Y. Yokel, R. M. Chung and D. Powell; Prediction of pore Water Pressure Buildup and Liquefaction of Sands During Earthquakes by the Cyclic Strain Method, NBS, BS138, 1982
- 2) 吉田耕一郎, 今野政志, 古田一郎; 繰返しせん断歪を用いた液状化ポテンシャルの評価, 第18回土質工学研究発表会, 1983.6
- 3) 佐々木康, 松本秀應, 増井仁, 福井浩明; 振動台実験における水平砂地盤の間隙水圧発生特性の検証, 土木研究所資料第2715号, 1990.2
- 4) E. Yanagisawa and H. Ohmiya, In-Situ Measurement of Pore Water Pressure During Earthquake, 9th World Conference on Earthquake Engineering, 1988,10
- 5) 松本秀應, 佐々木康, 佐谷祥一; 累積ひずみと間隙水圧発生量の関係の応力制御による繰返し三軸試験結果に基づく検討, 第20回地震工学研究発表会, 1989.7
- 6) Thomas. L. Holzer, T. Leslie Yound, Michael J. Bennett, In situ measurement of pore pressure build-up during liquefaction, 20th U. J. N. R., 1988.5
- 7) 佐々木康, 松本秀應, 近藤益央; 室内土質試験に基づく液状化強度-細粒分含有量の影響-, 土木研究所資料第2590号, 1988.2
- 8) 佐々木康, 松本秀應, 佐谷祥一; ひずみ制御による液状化試験, 第24回土質工学研究発表会, 1989.6
- 9) 佐々木康, 松本秀應, 佐谷祥一; ひずみ制御による繰返し三軸試験に基づく間隙水圧の発生特性の検討, 第20回地震工学研究発表会, 1989.7
- 10) 常田賢一, 佐谷祥一; ひずみ制御による液状化試験, 平成元年度土木研究所発表会, 土木研究所資料第2809号, 1989.12
- 11) 常田賢一, 松本秀應, 佐谷祥一; ひずみ制御による液状化試験, 第25回土質工学研究発表会, 1990.6
- 12) 土質試験の方法と解説, 土質工学会, 1990.3

卷末資料－1 相対密度の影響

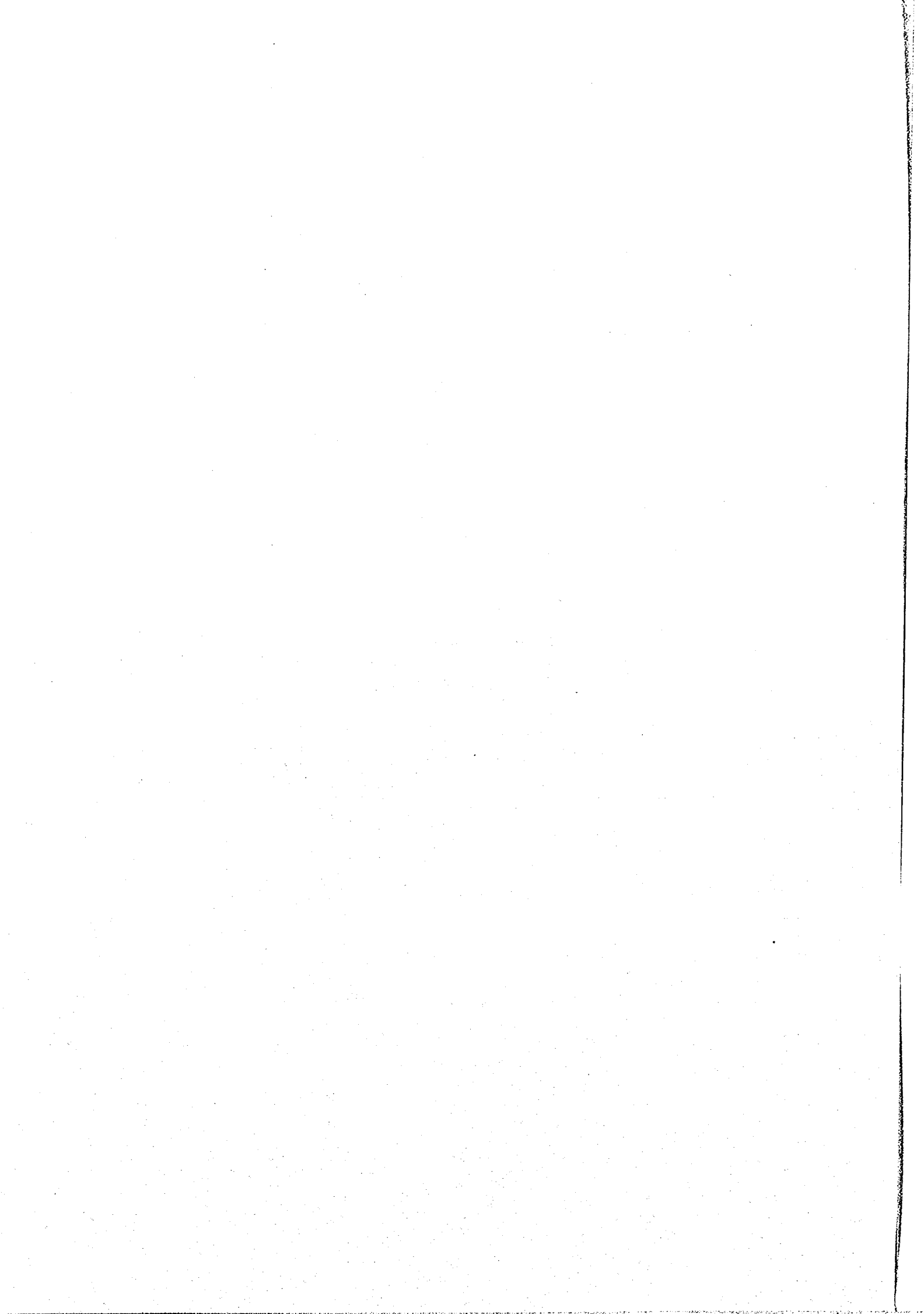
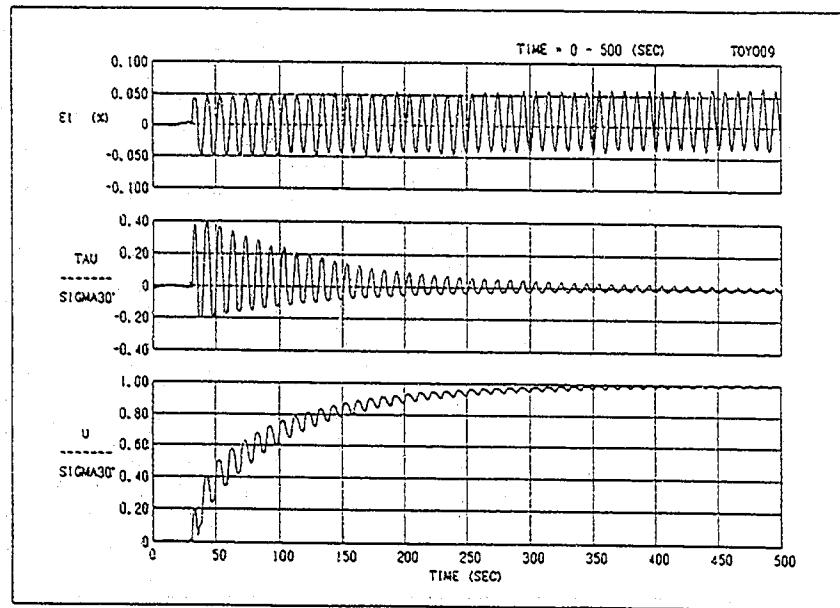


表 - 1 相対密度の影響試験条件一覧

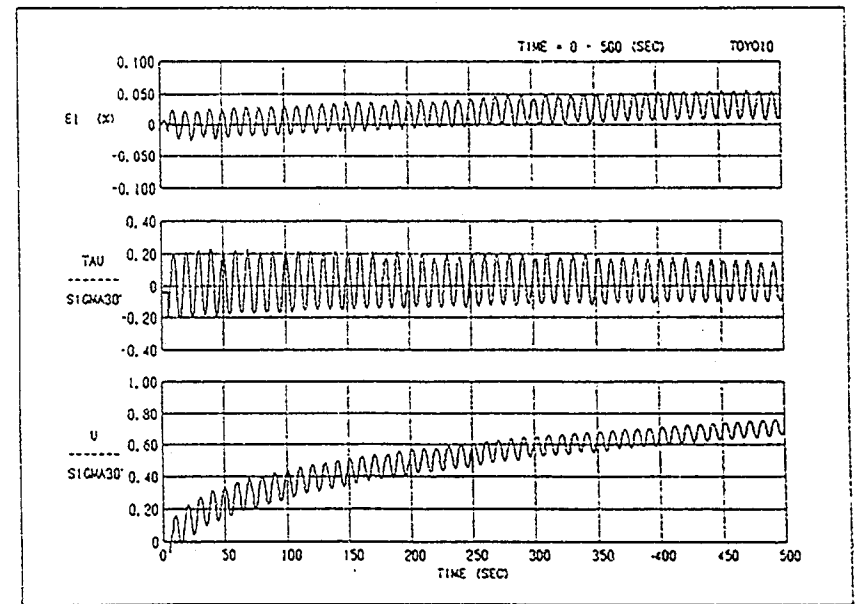
供試体No.	間隙比	相対密度 Dr (%)	軸ひずみ ϵ_s (%)	載荷回数 n	B 値
TOY009	0.8793	76.60	0.049	57	0.96
TOY010	0.8853	73.36	0.021	161	0.96
TOY011	0.9106	80.77	0.051	43	0.97
TOY013	0.8946	76.07	0.051	50	0.98
TOY014	0.8777	71.11	0.050	46	0.96
TOY016	0.8646	67.28	0.051	76	0.97
TOY018	0.8768	70.85	0.025	131	0.99
TOY019	0.8655	70.60	0.102	44	0.97
TOY020	0.8457	63.20	0.102	32	0.99
TOY021	0.8363	58.96	0.051	33	1.00
TOY022	0.8463	63.40	0.026	86	0.98
TOY024	0.8404	60.14	0.051	31	0.95
TOY025	0.9125	81.33	0.051	80	0.99
TOY026	0.8722	73.12	0.019	472	0.97
TOY027	0.8830	77.14	0.017	220	0.99
TOY028	0.8722	69.49	0.019	148	1.00
TOY030	0.8684	68.39	0.020	352	0.98
TOY031	0.8787	75.56	0.020	363	0.96
TOY032	0.8530	63.86	0.024	146	0.96
TOY033	0.2547	70.40	0.076	46	0.95
TOY034	0.8560	64.74	0.098	22	0.95
TOY035	0.8650	67.39	0.017	289	0.96
TOY038	0.8268	55.16	0.050	37	0.99
TOY040	0.8337	58.19	0.100	22	0.98
TOY041	0.8131	52.13	0.049	30	0.96
TOY043	0.8469	62.06	0.024	132	0.98
TOY045	0.8602	65.99	0.050	68	0.98
TOY046	0.8433	61.01	0.019	300	0.97
TOY047	0.8249	55.61	0.051	47	1.01
TOY050	0.8437	61.12	0.019	33	0.97
TOY051	0.8342	58.32	0.020	130	0.98
TOY052	0.8605	65.00	0.020	275	0.96
TOY053	0.9207	83.76	0.101	48	0.97
TOY054	0.8645	67.23	0.024	99	0.96
TOY057	0.9015	78.12	0.024	153	0.98
TOY061	0.8856	73.43	0.020	152	0.98
TOY062	0.9265	85.47	0.050	66	0.95
TOY064	0.8766	70.78	0.077	20	0.99
TOY065	0.9293	86.26	0.102	33	0.99
TOY066	0.9326	87.24	0.025	198	0.96
TOY067	0.8720	69.44	0.102	25	0.97
TOY069	0.8694	68.66	0.075	53	0.97
TOY070	0.8746	70.21	0.024	225	1.00
TOY074	0.9445	90.74	0.051	130	0.99
TOY078	0.9279	85.88	0.075	40	0.95
TOY079	0.8856	73.42	0.075	127	0.96
TOY081	0.8869	73.81	0.075	32	0.98
TOY082	0.8689	71.89	0.020	211	0.95

表 - 1 相対密度の影響試験条件一覧

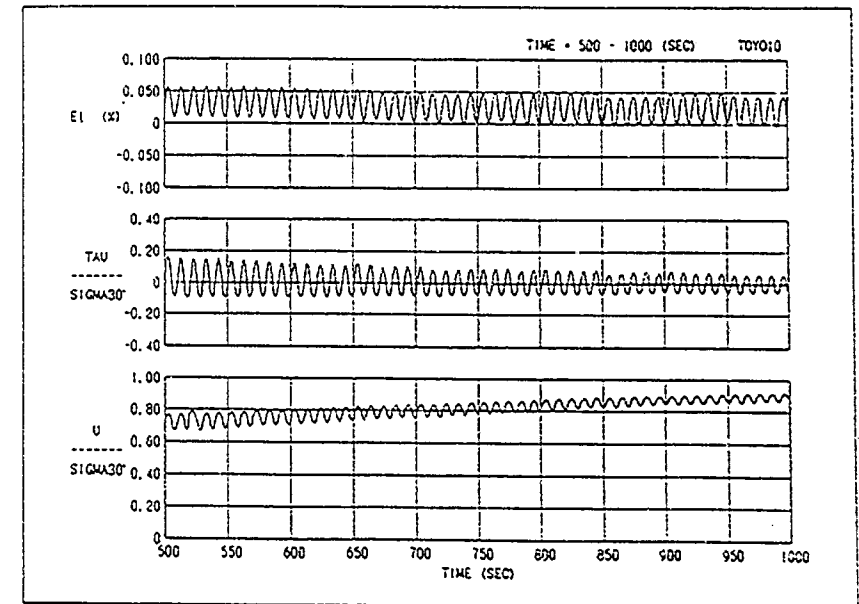
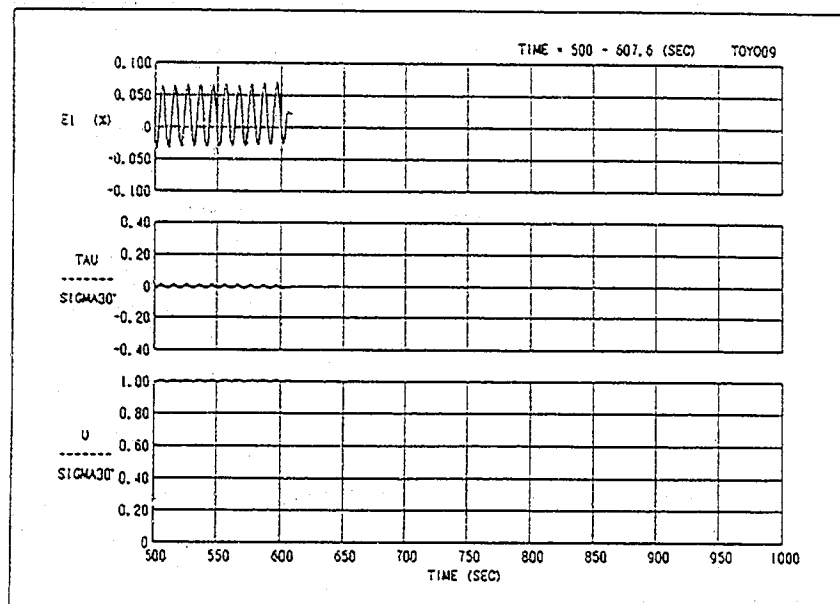
供試体No.	間隙比	相対密度 D _r (%)	軸ひずみ ε_a (%)	載荷回数 n	B 値
TOY083	0.8934	75.73	0.020	197	0.98
TOY084	0.9316	86.94	0.020	183	0.98
TOY085	0.9355	89.40	0.050	49	0.95
TOY086	0.9506	92.53	0.102	45	0.95

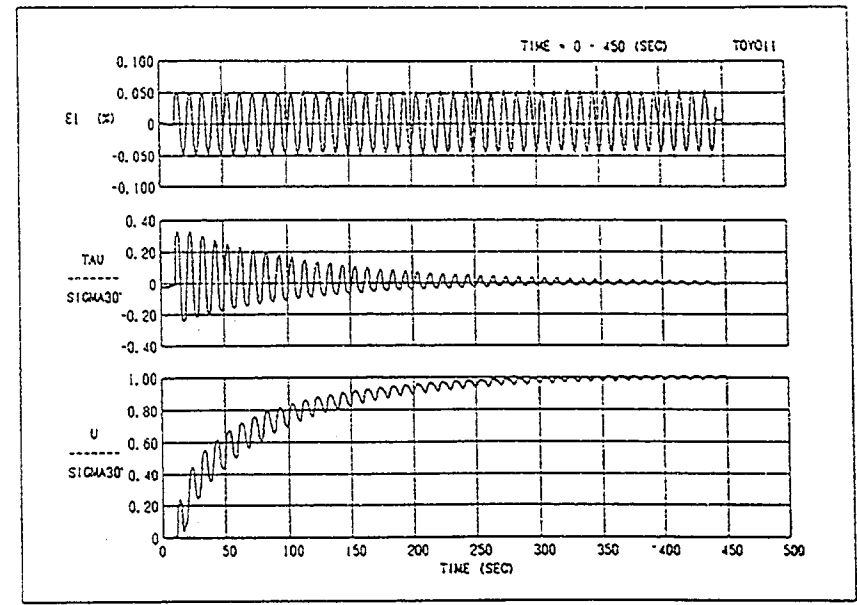
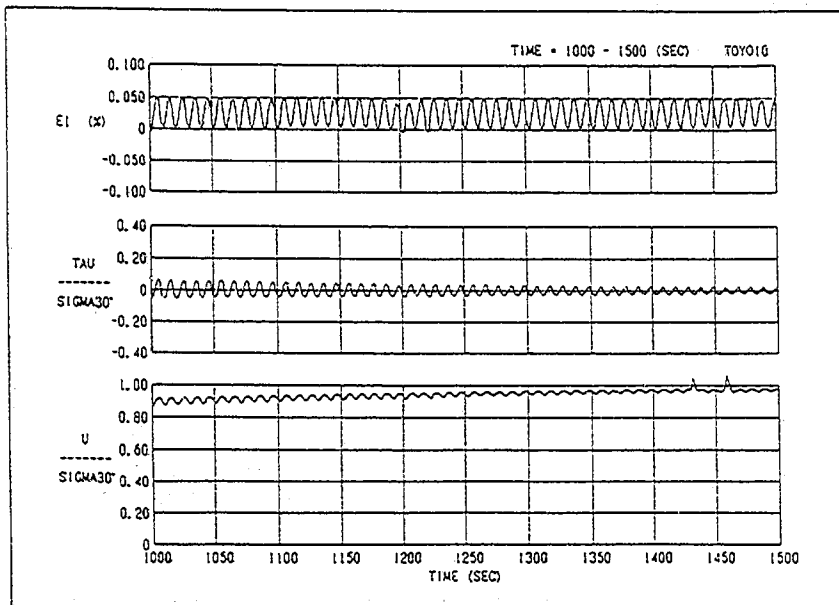


TOY009

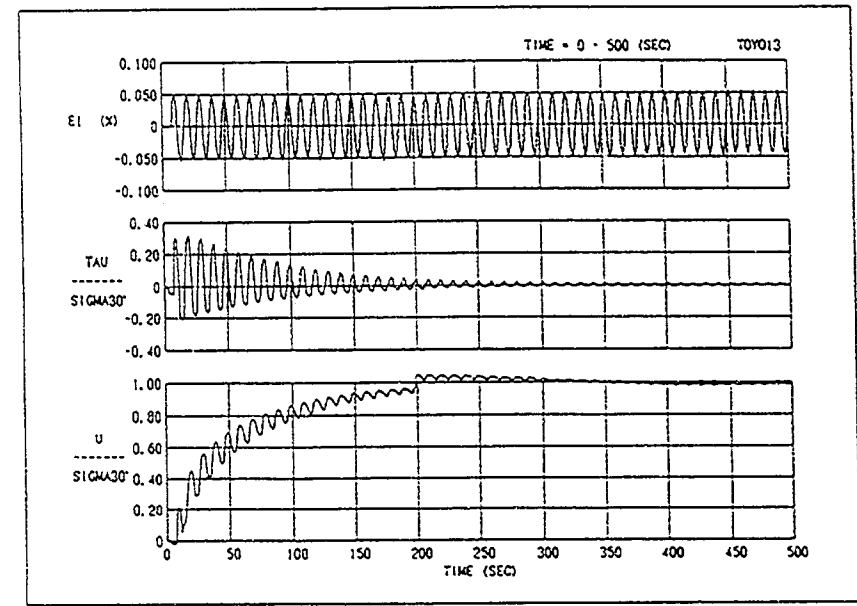
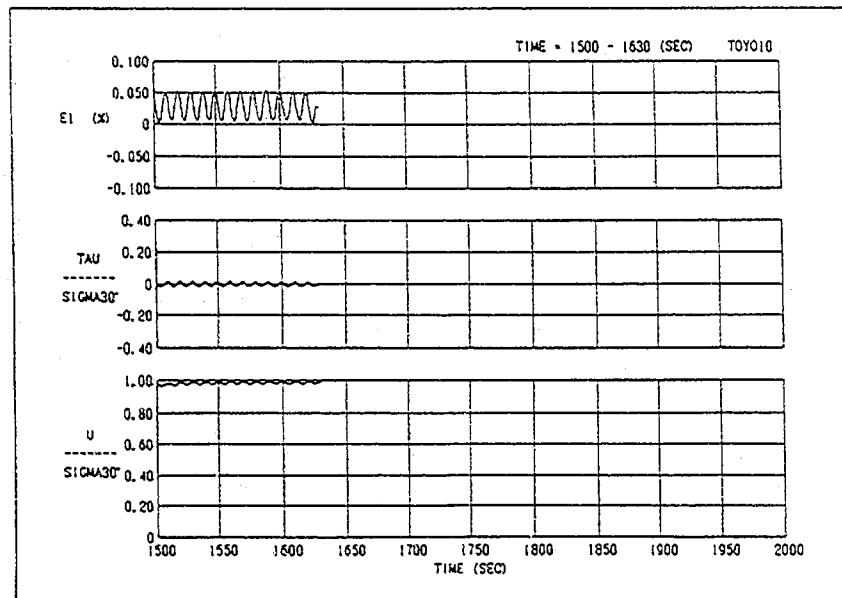


TOY010

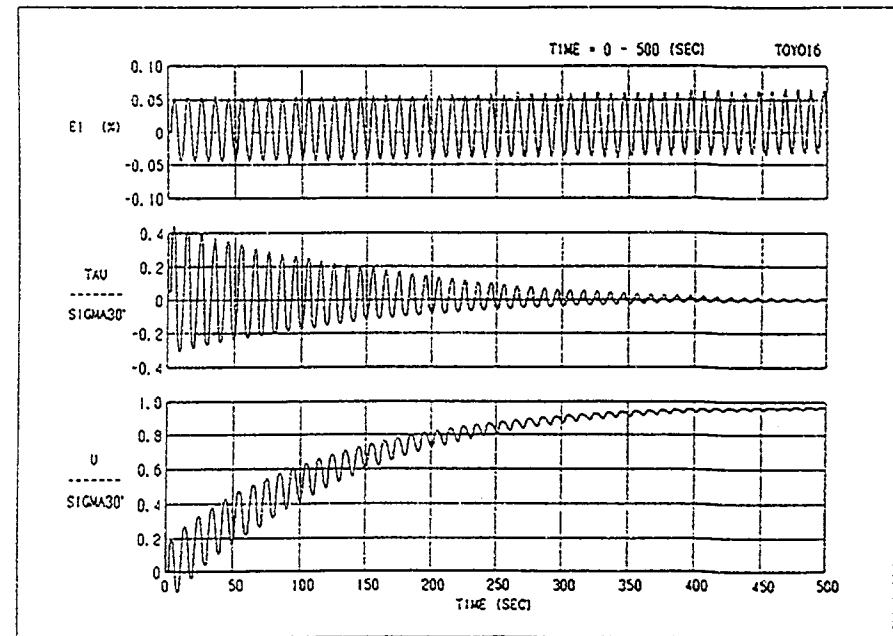
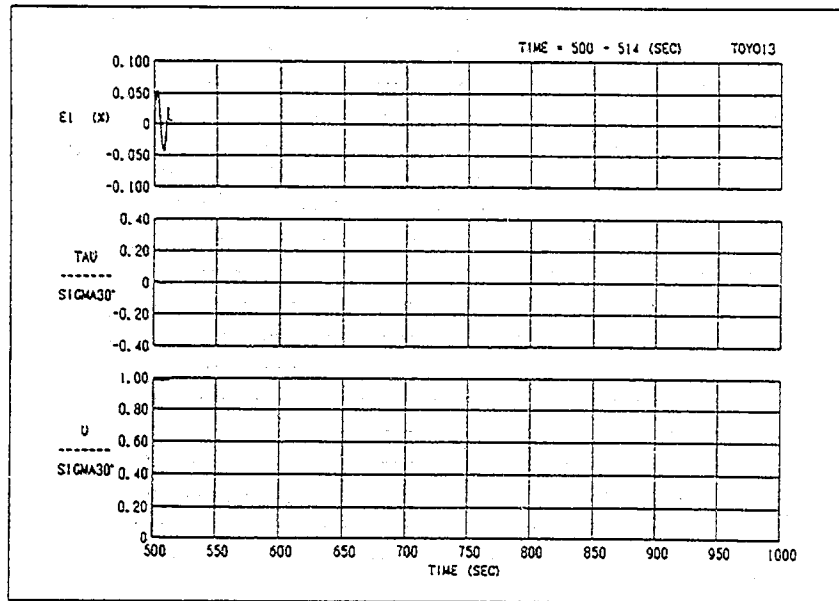




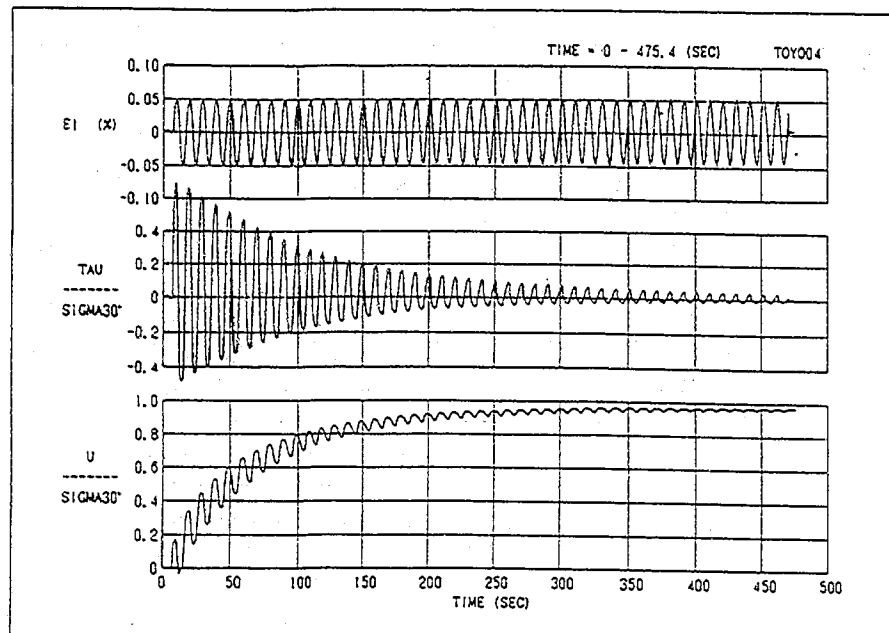
TOY011



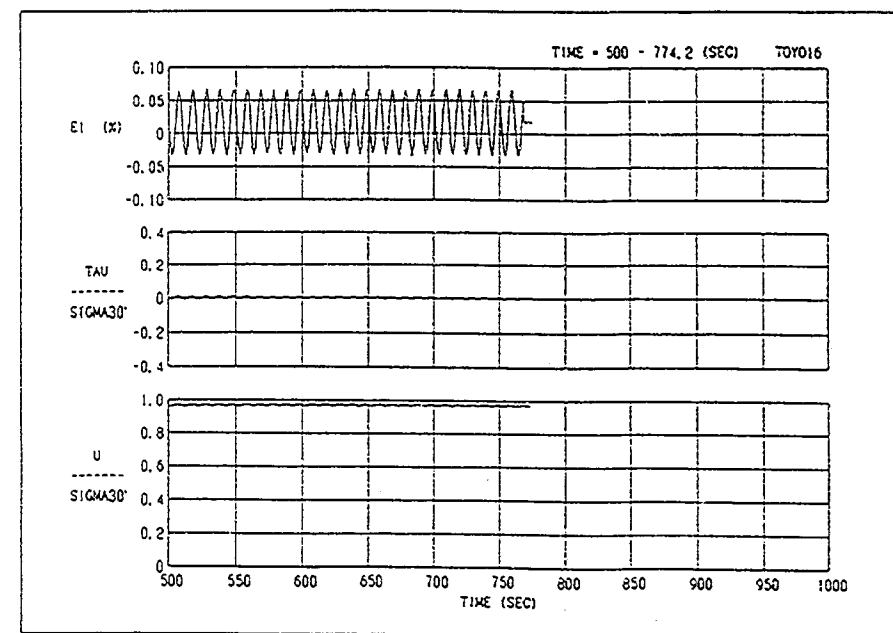
TOY013

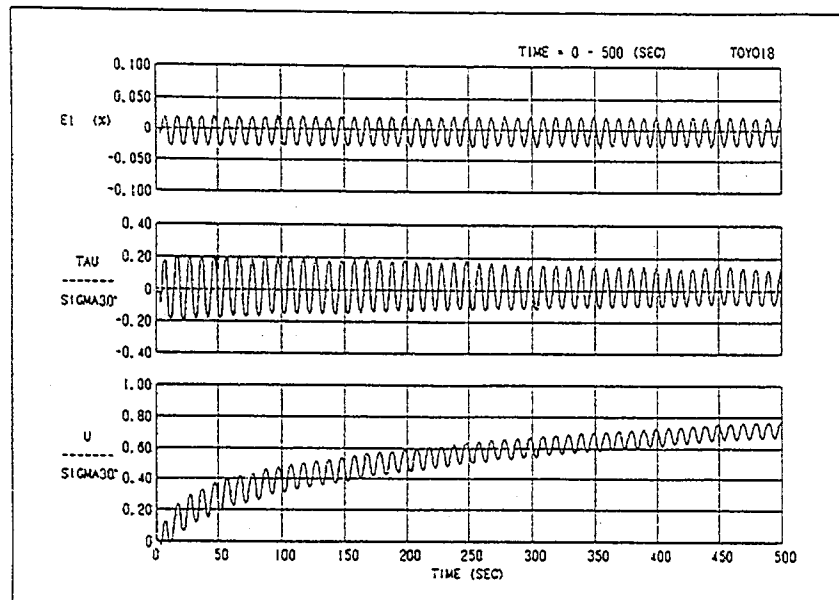


TOY016

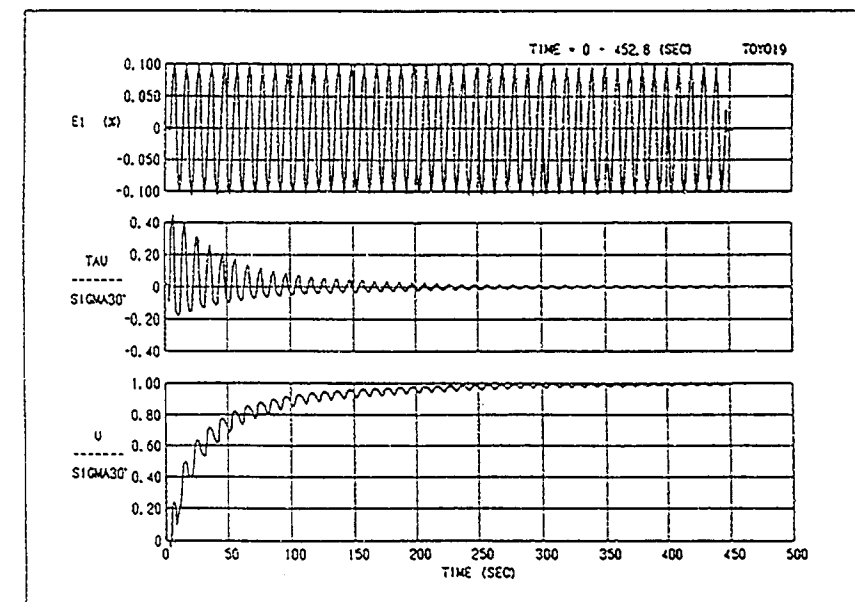
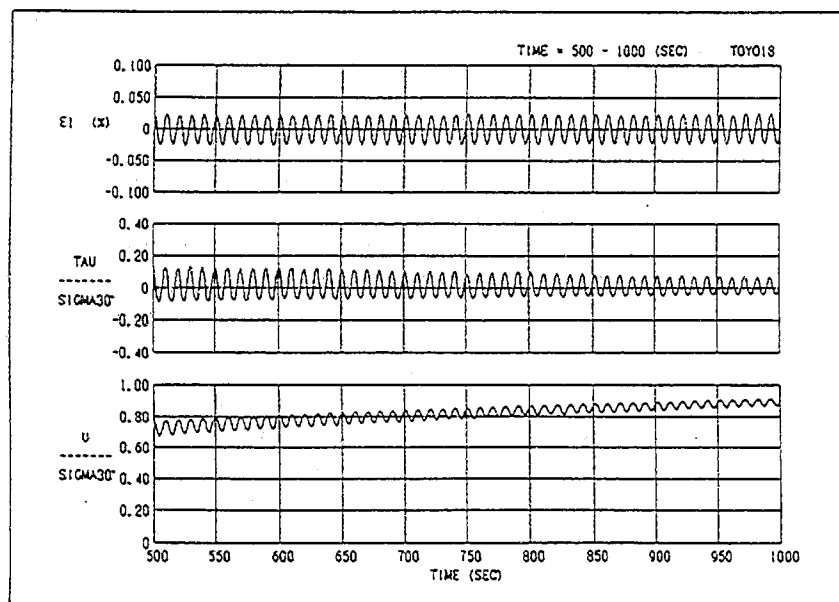
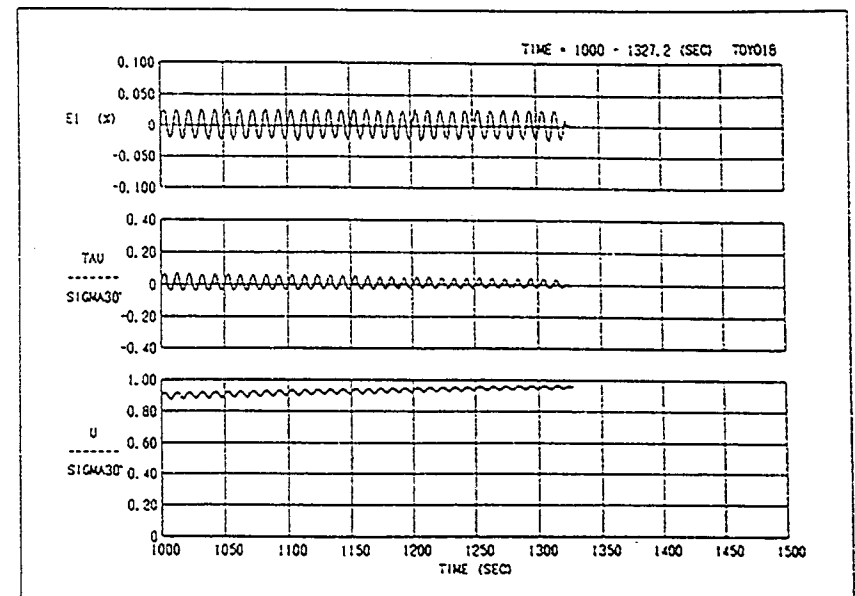


TOY014

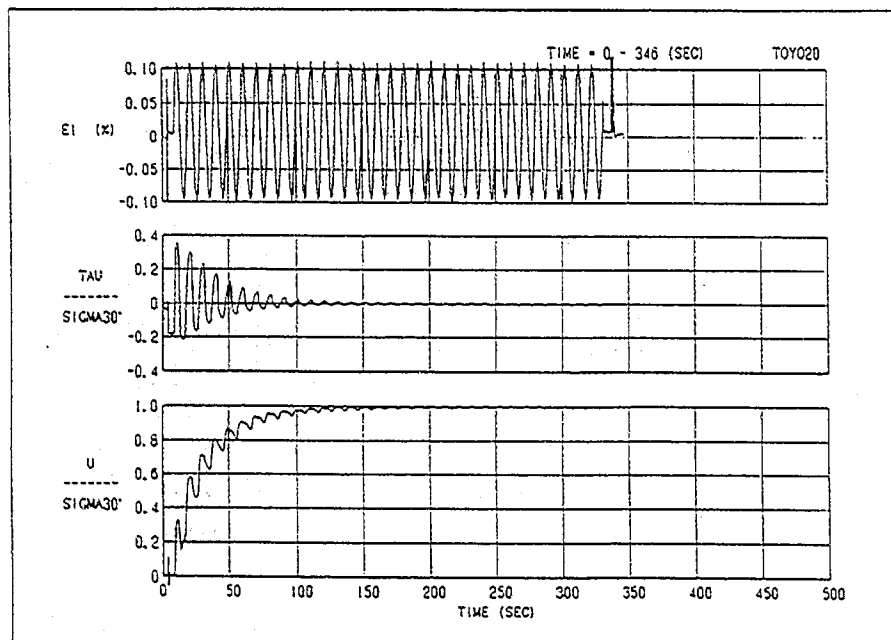




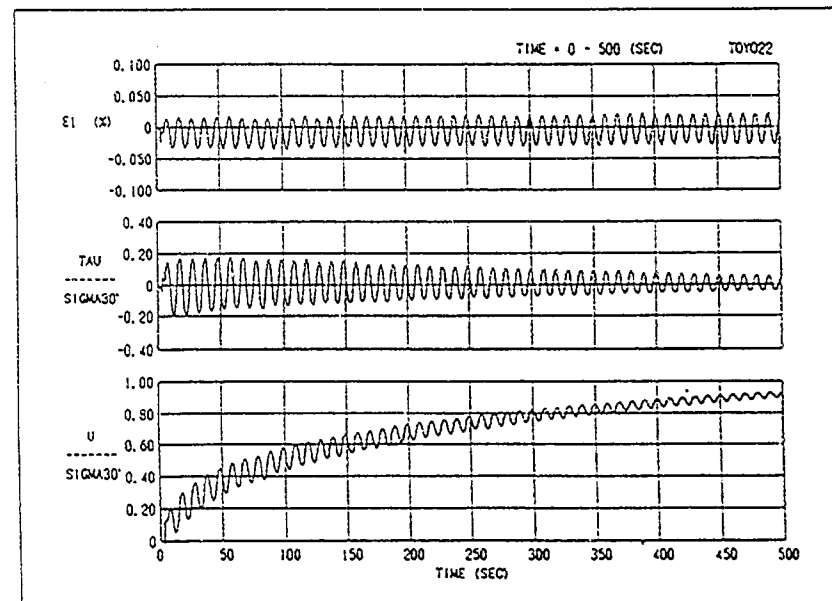
TOY018



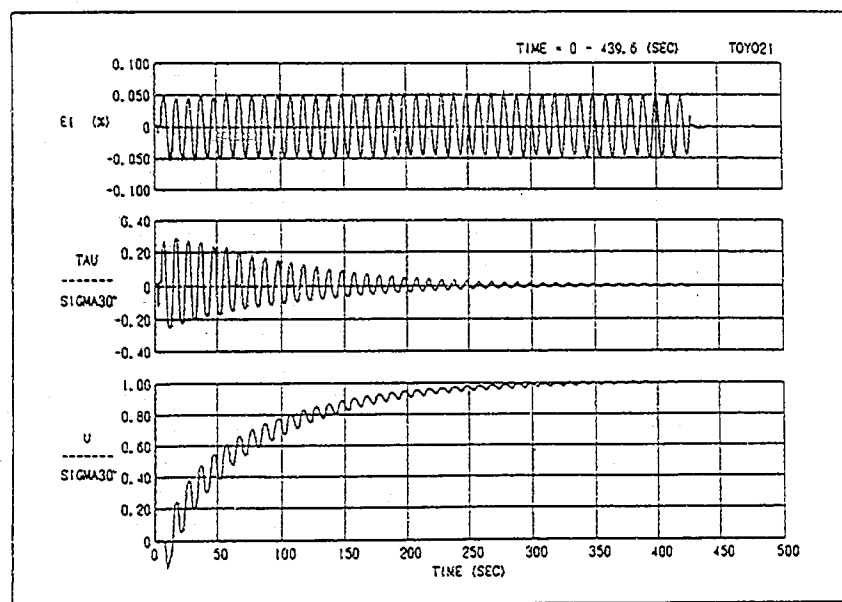
TOY019



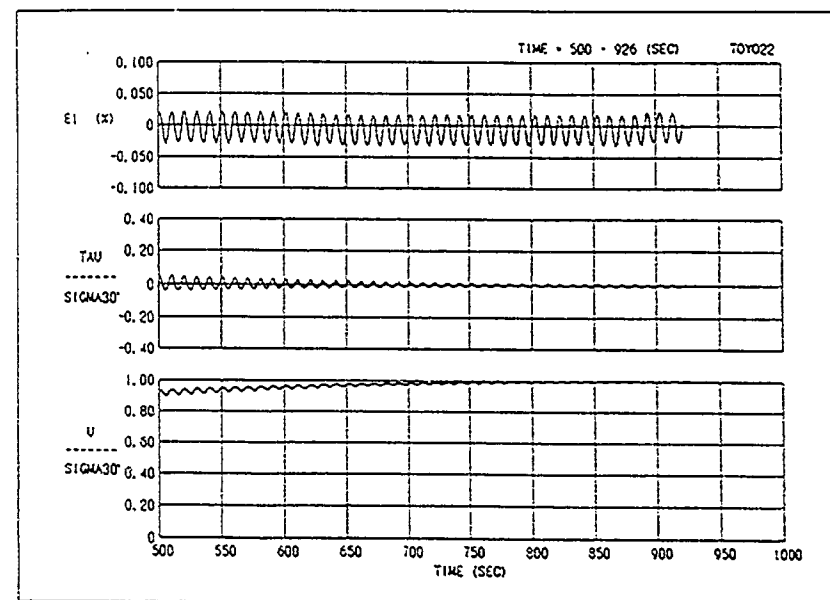
TOY020

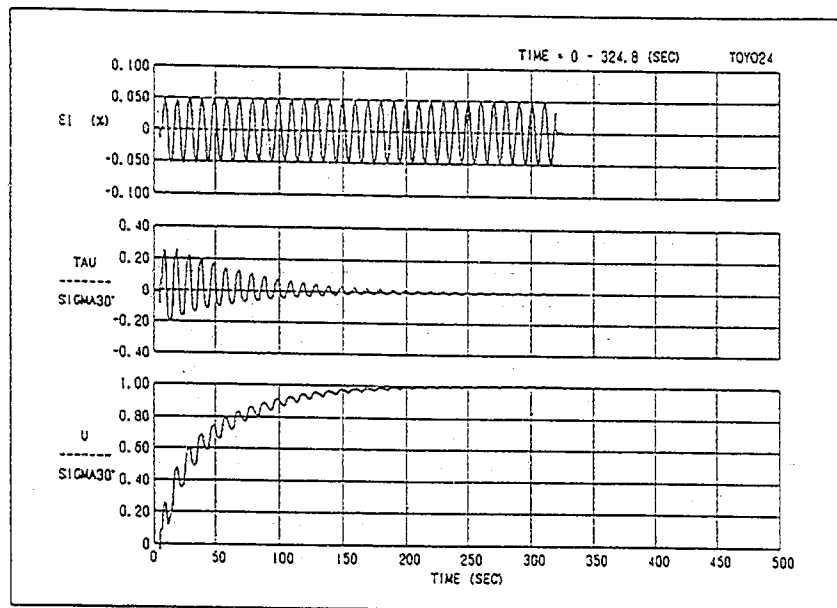


TOY022

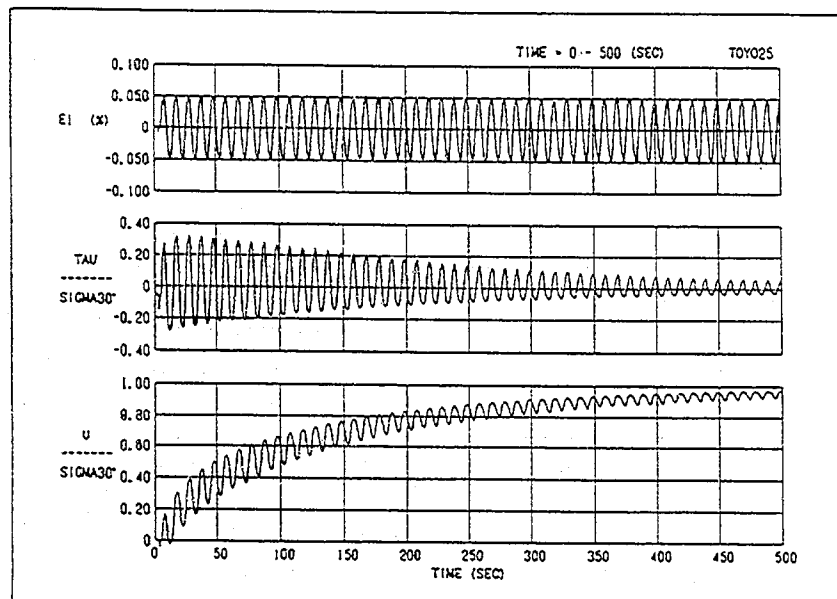
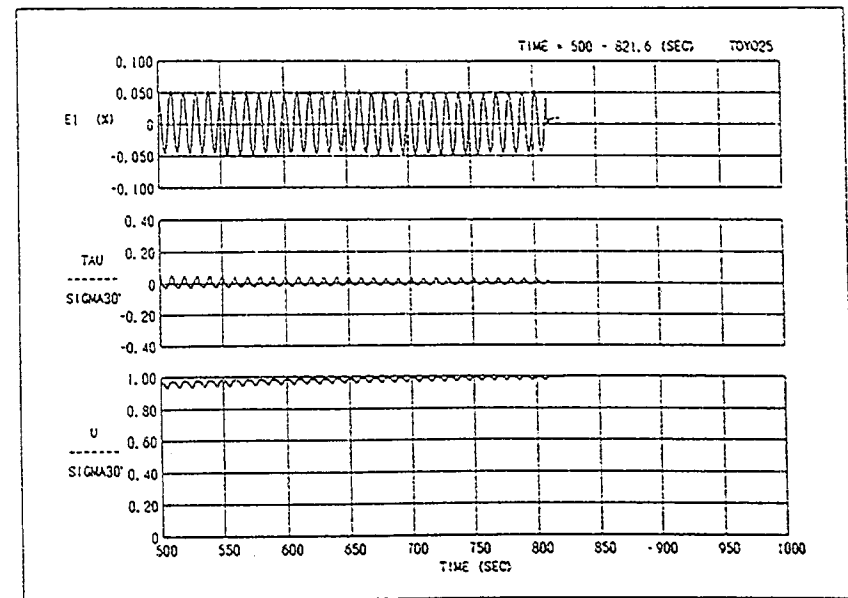


TOY021

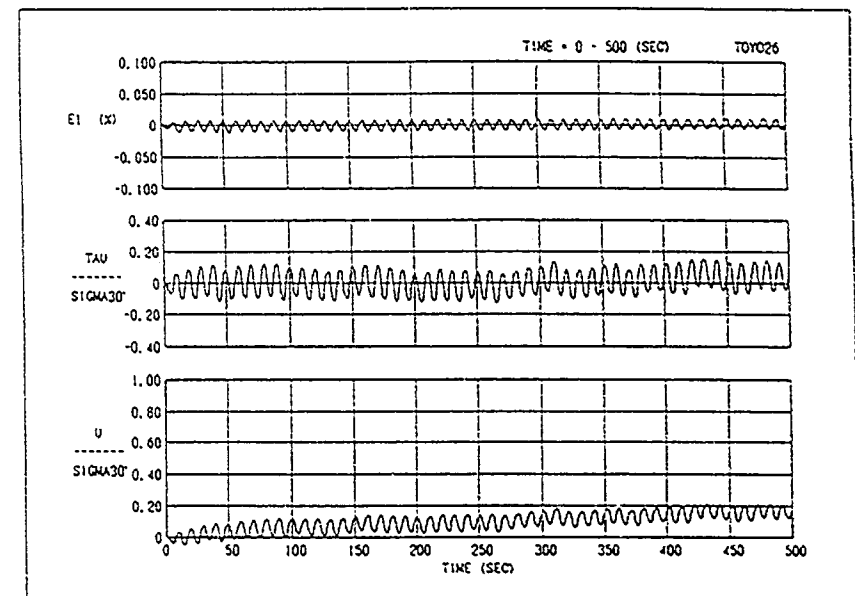




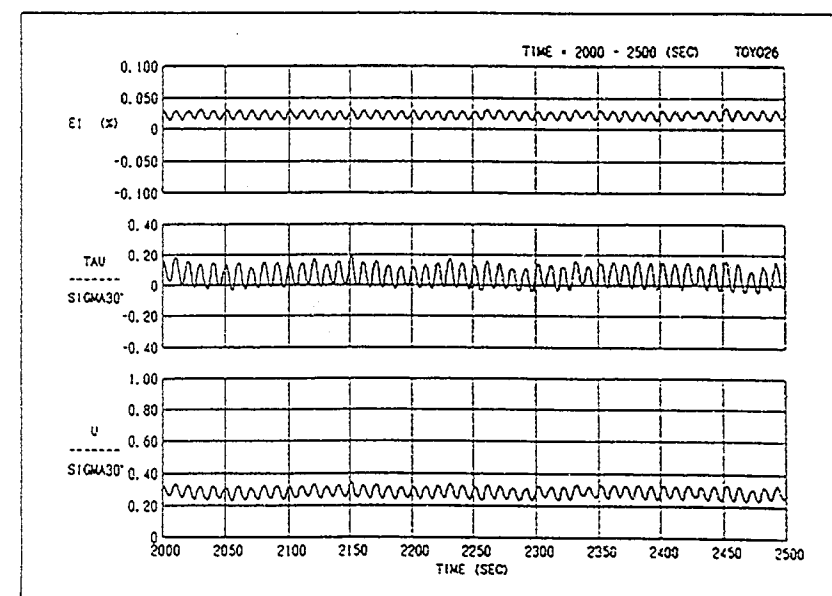
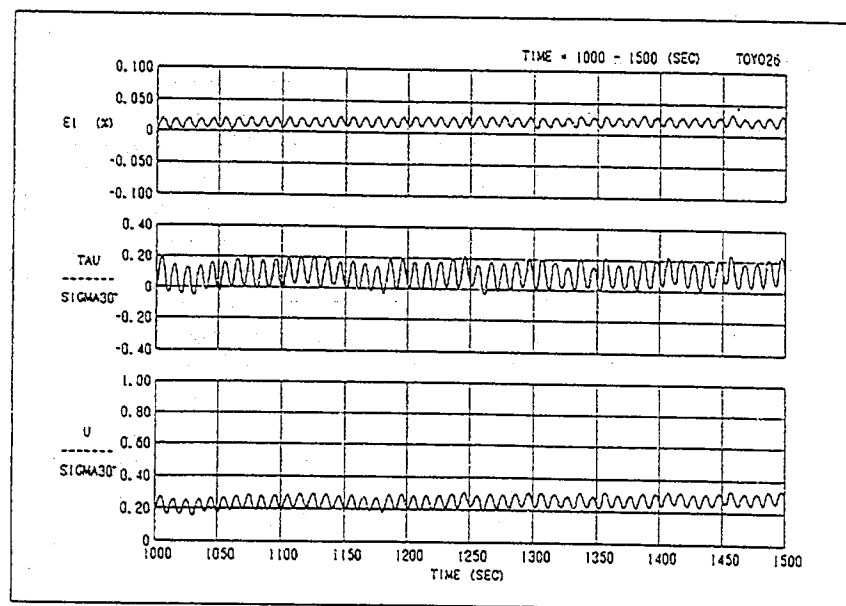
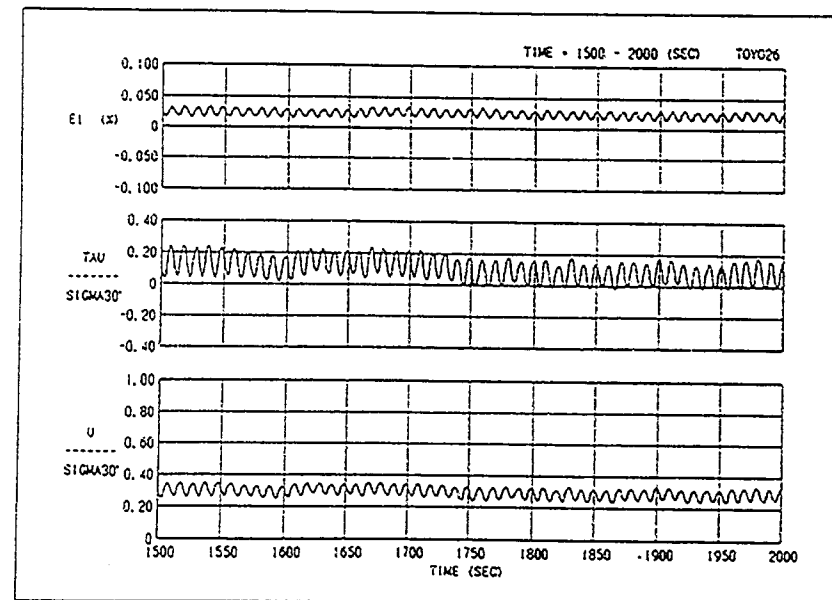
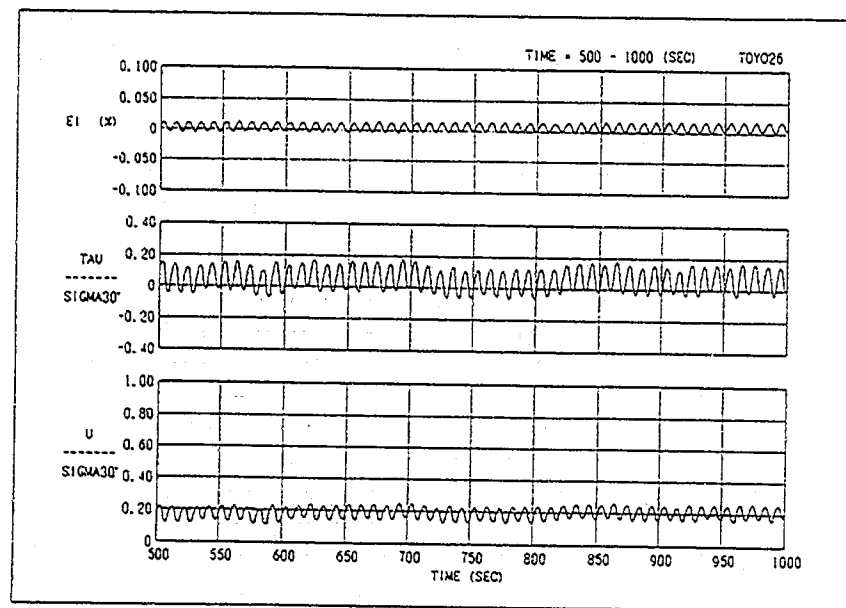
TOY024

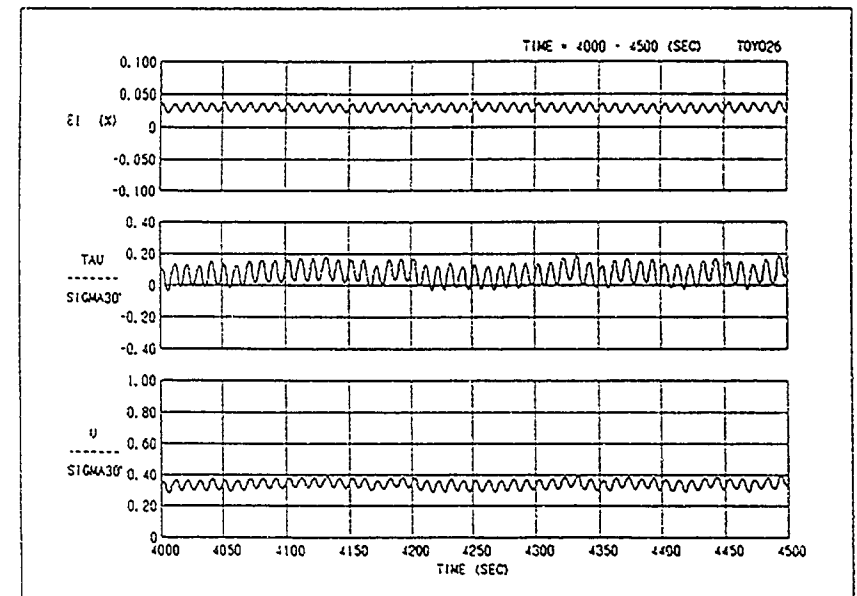
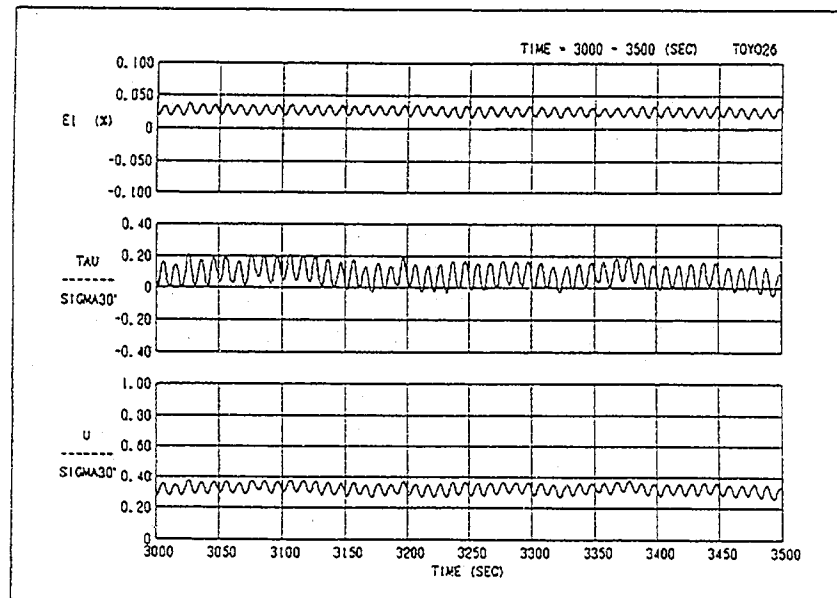
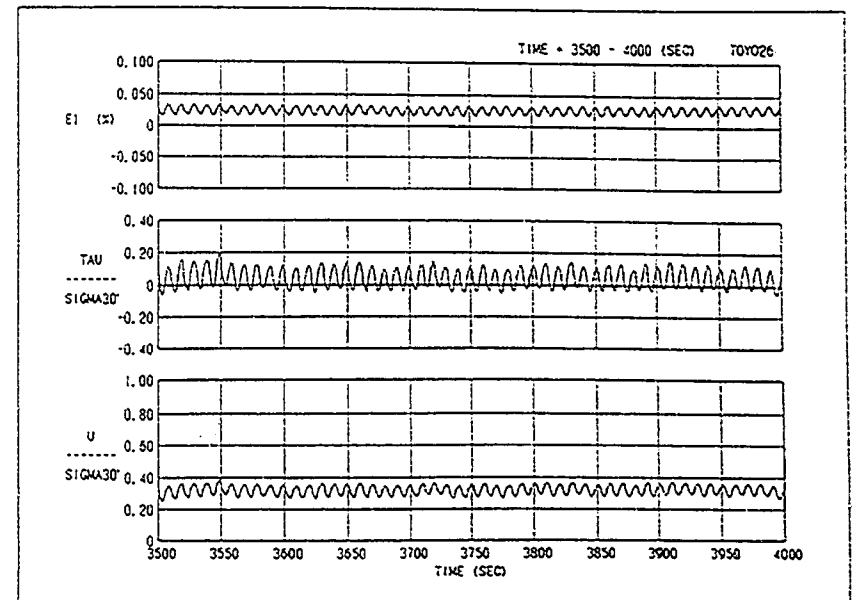
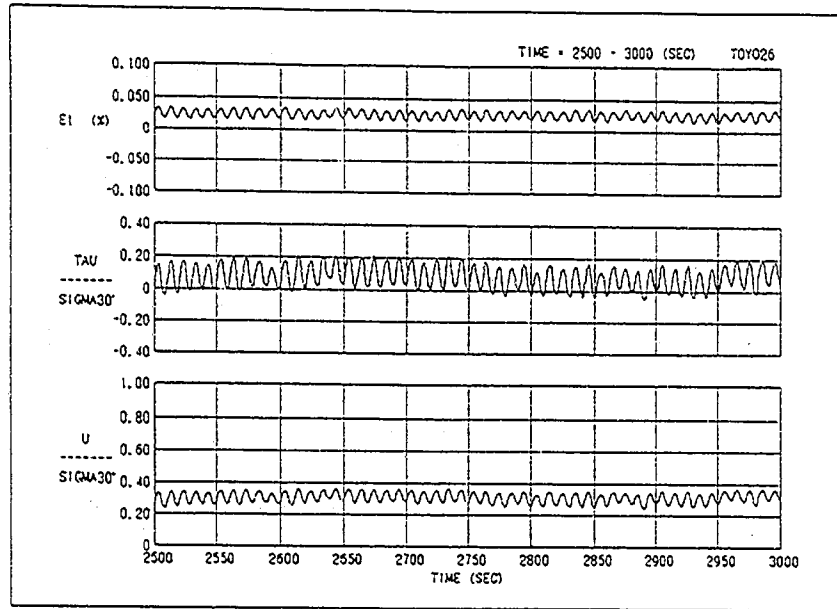


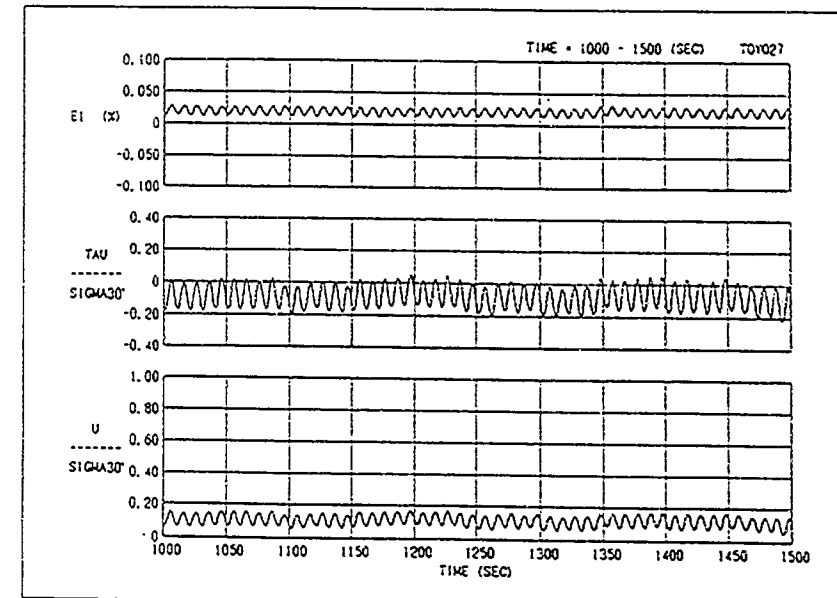
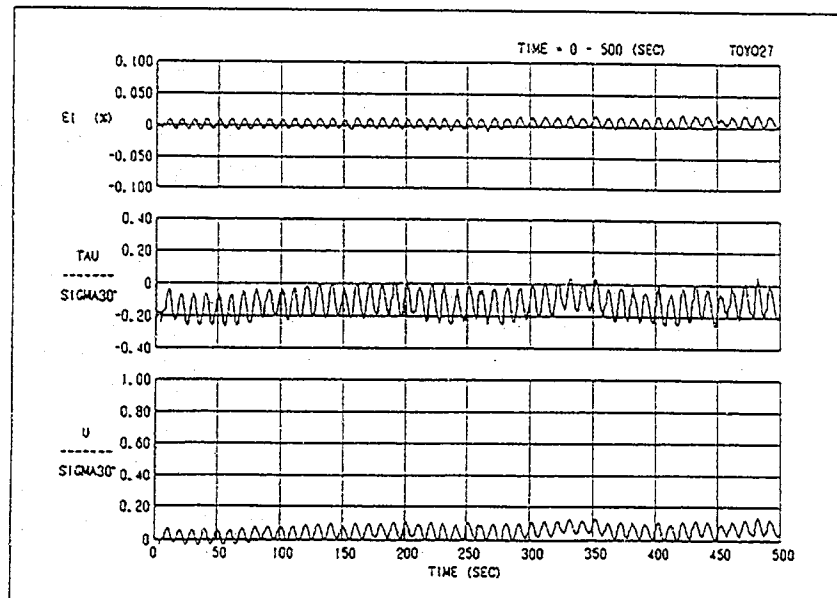
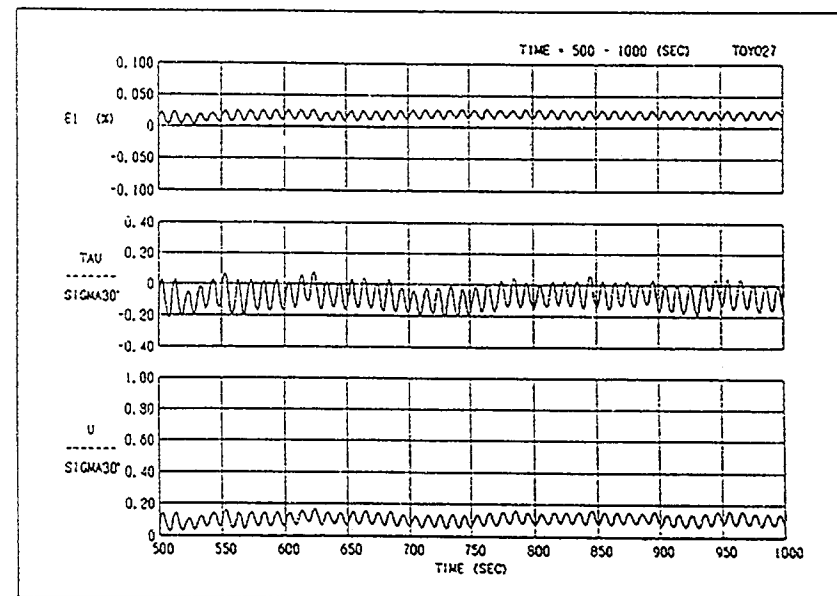
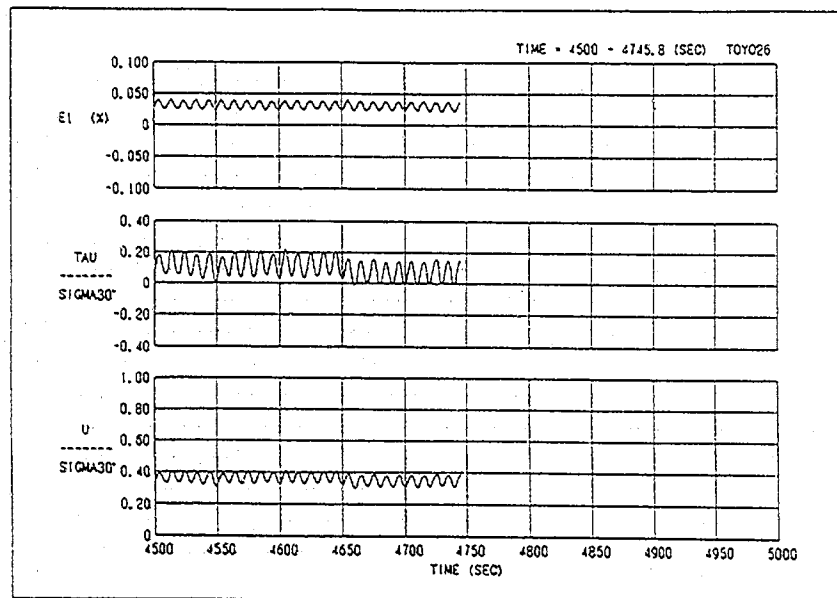
TOY025



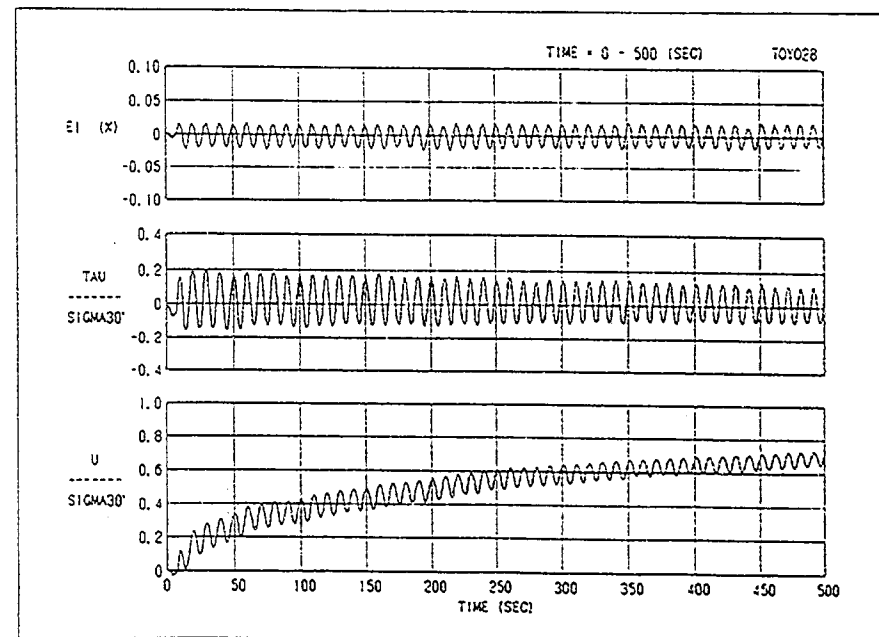
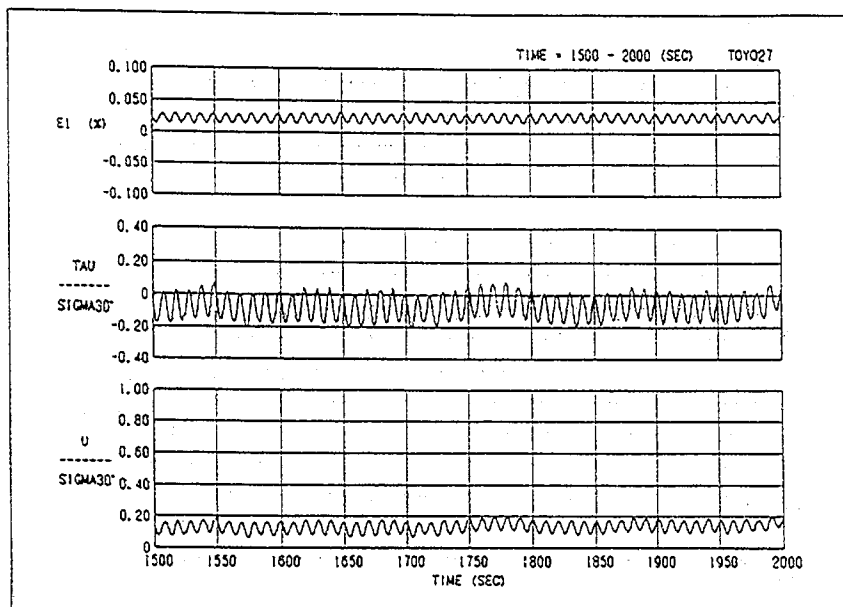
TOY026



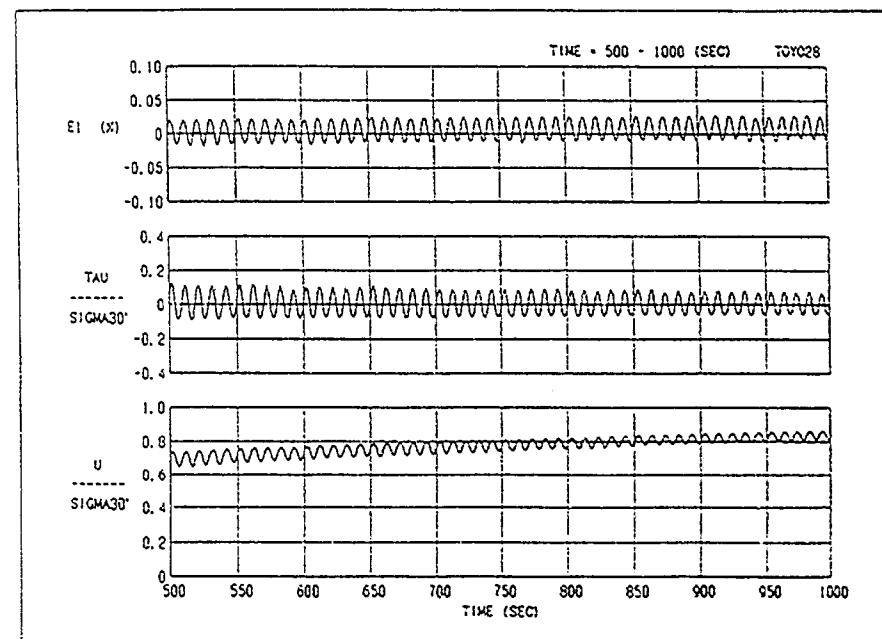
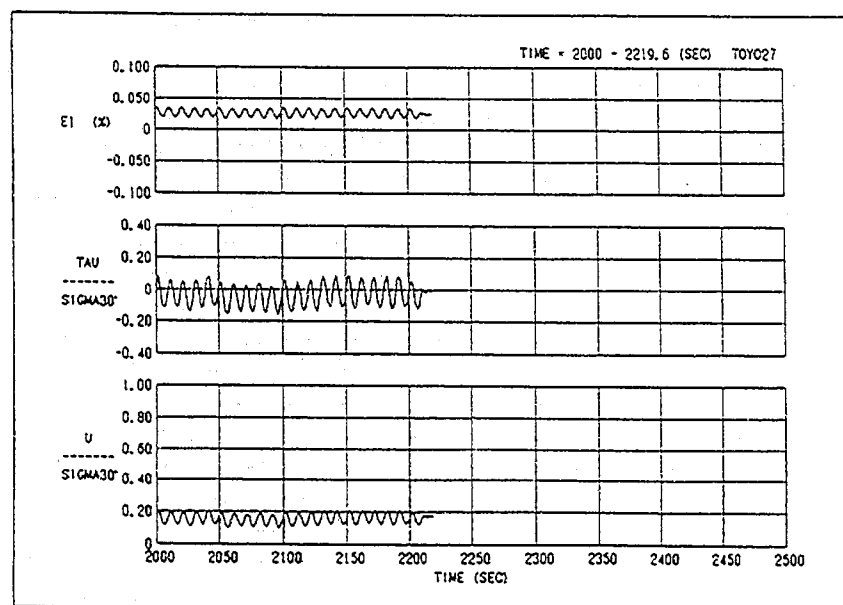


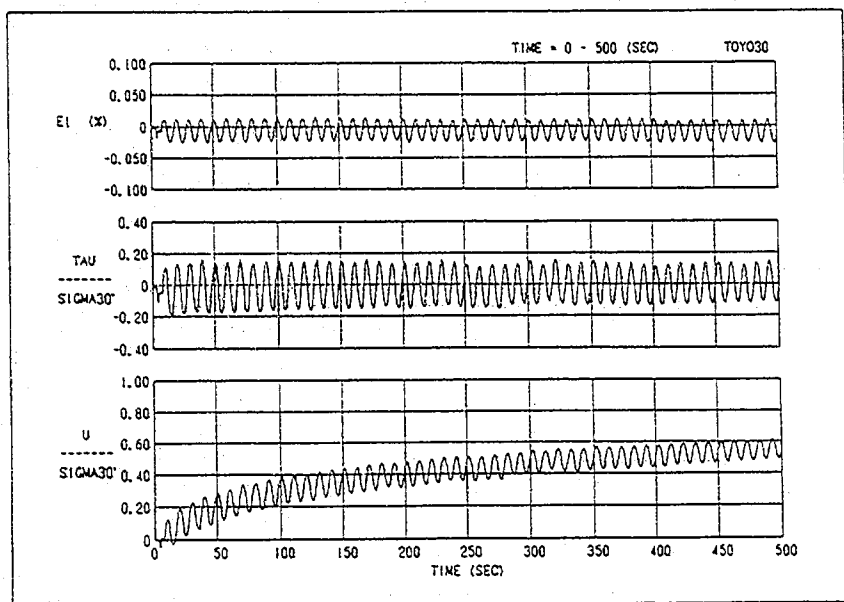
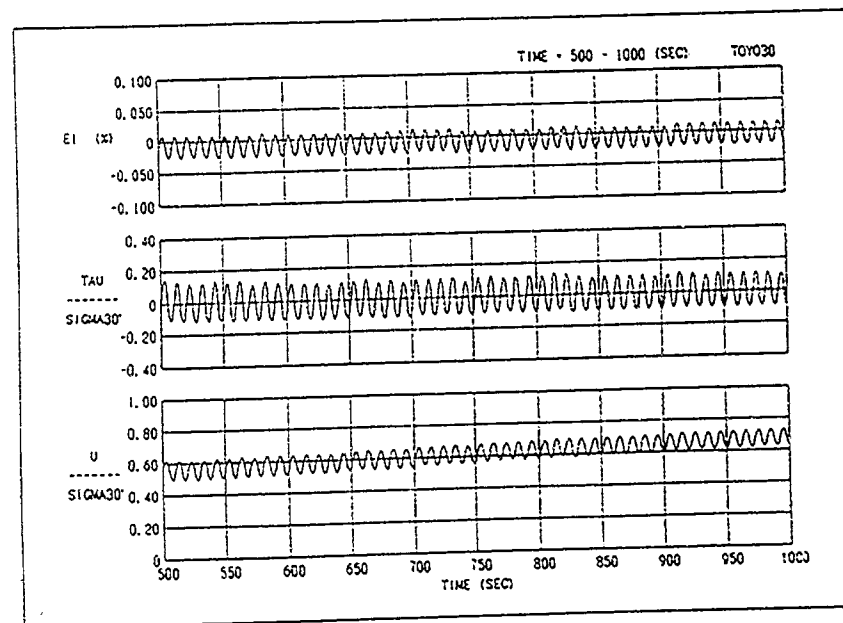
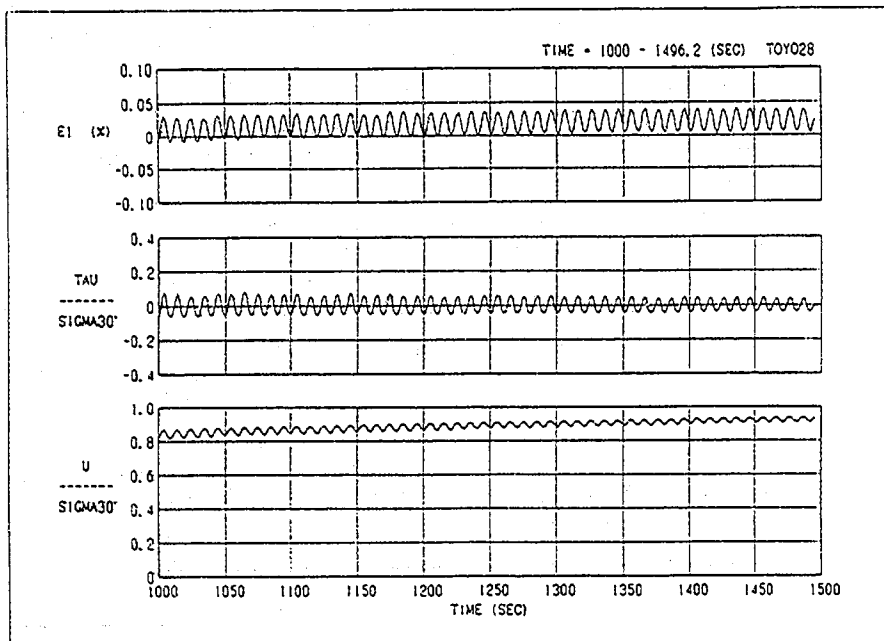


TOY027

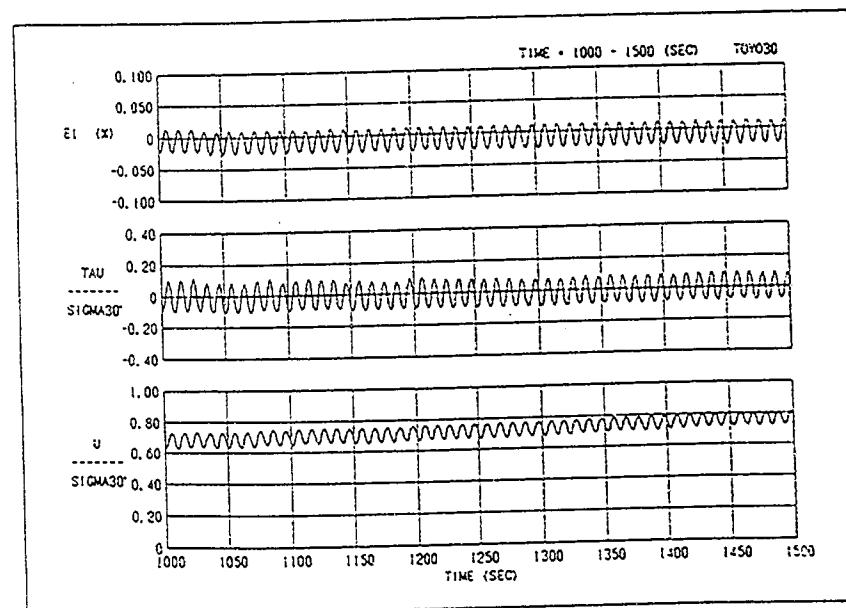


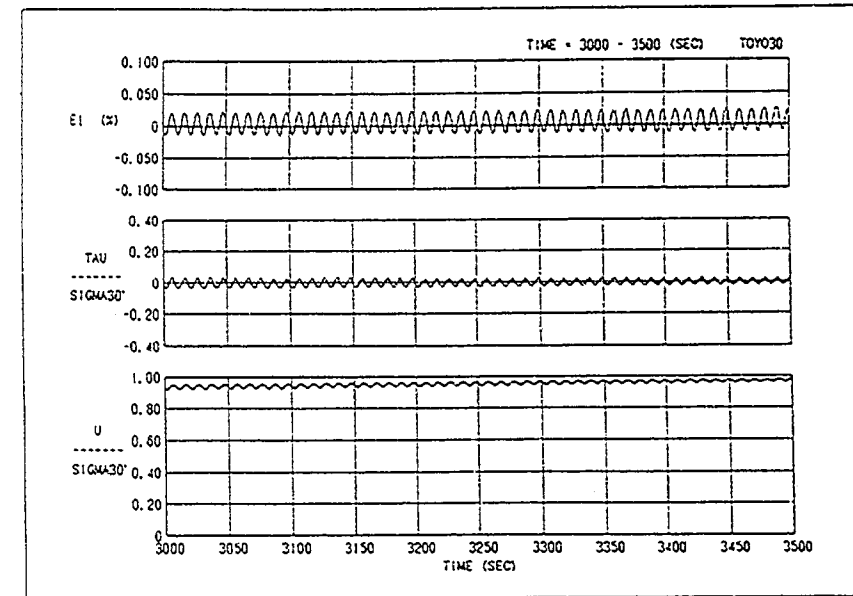
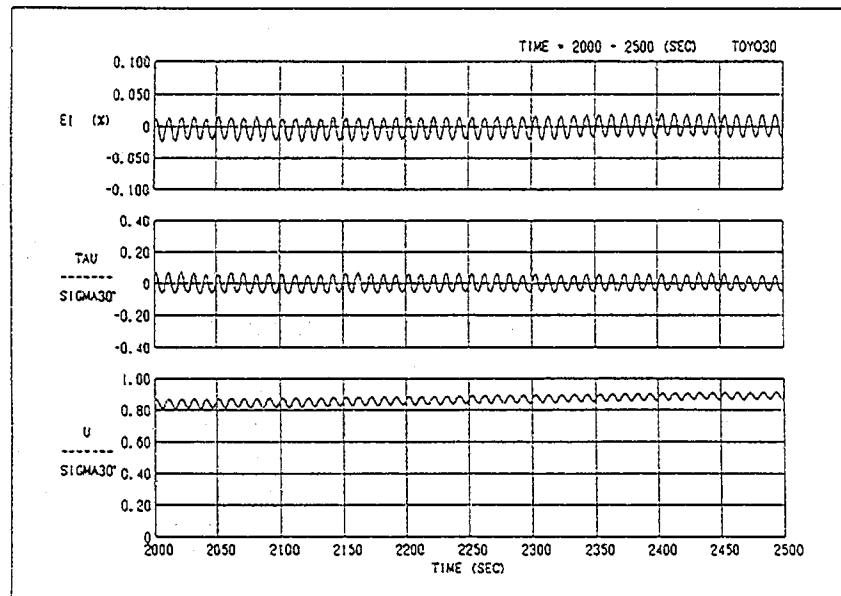
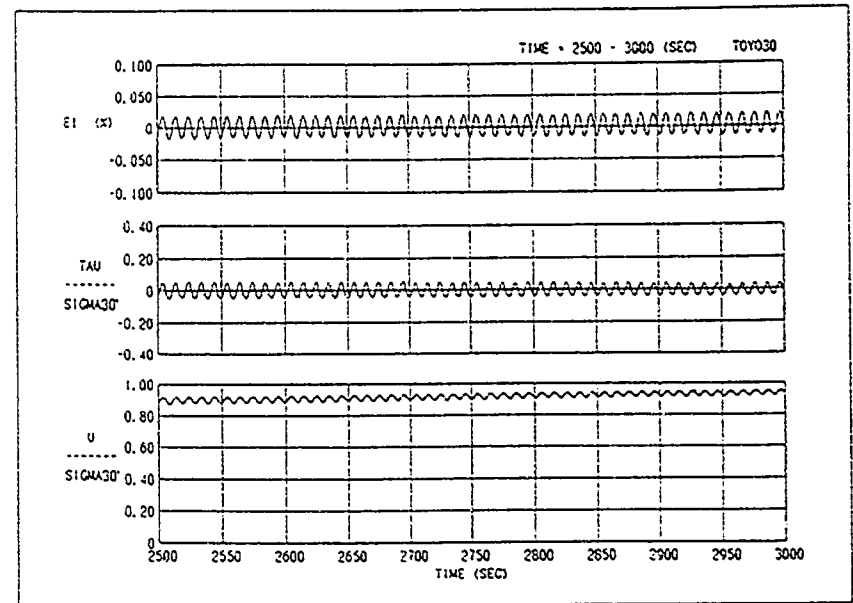
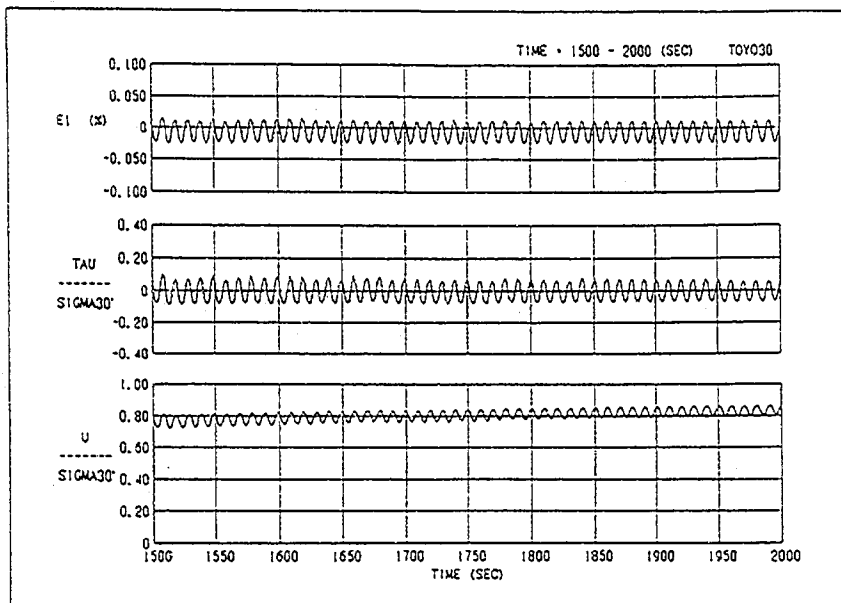
TOY028

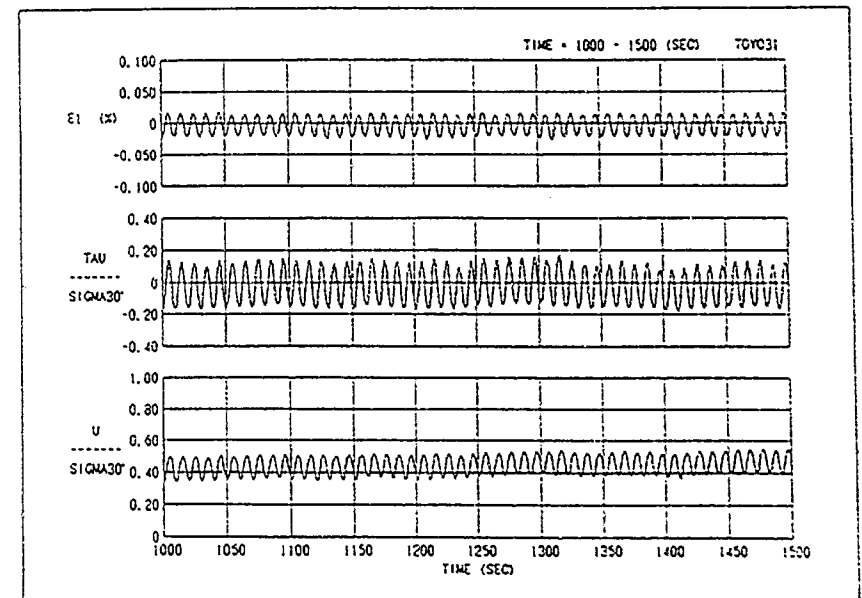
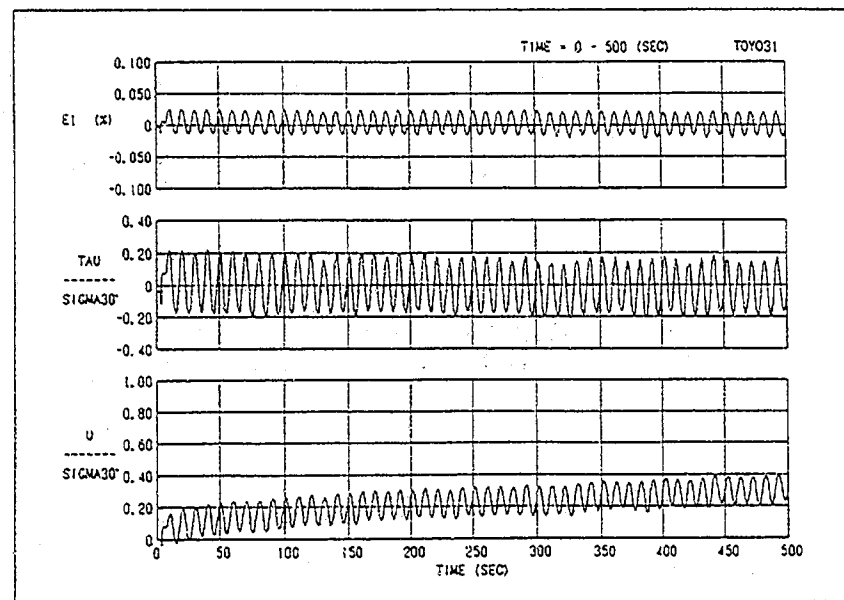
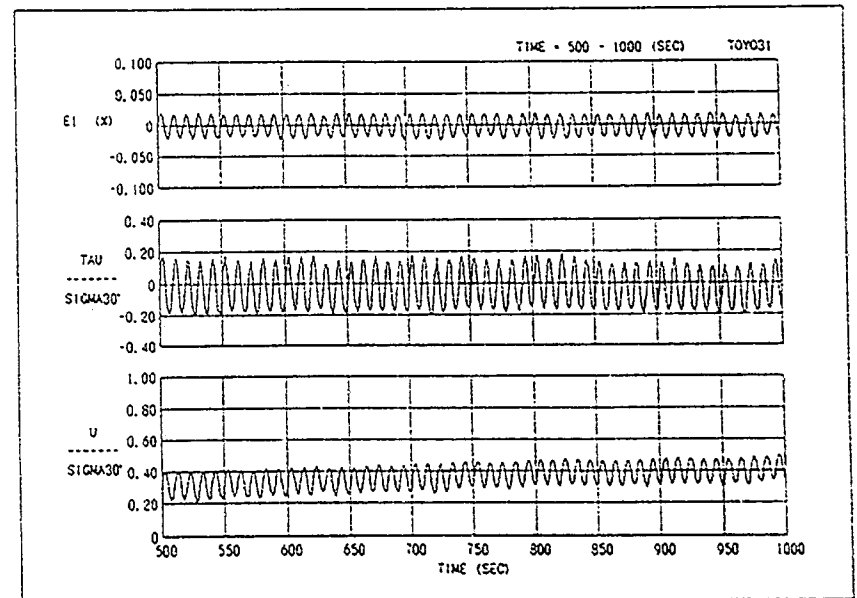
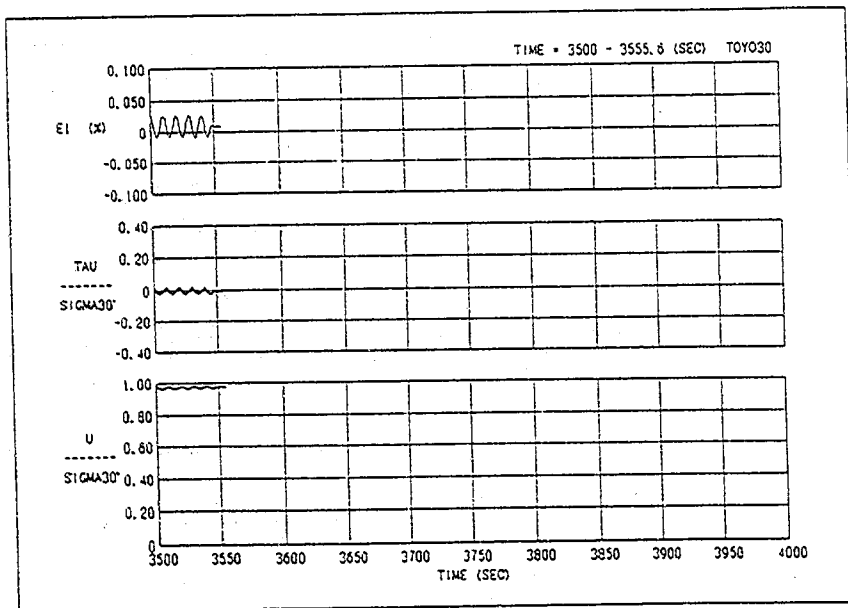




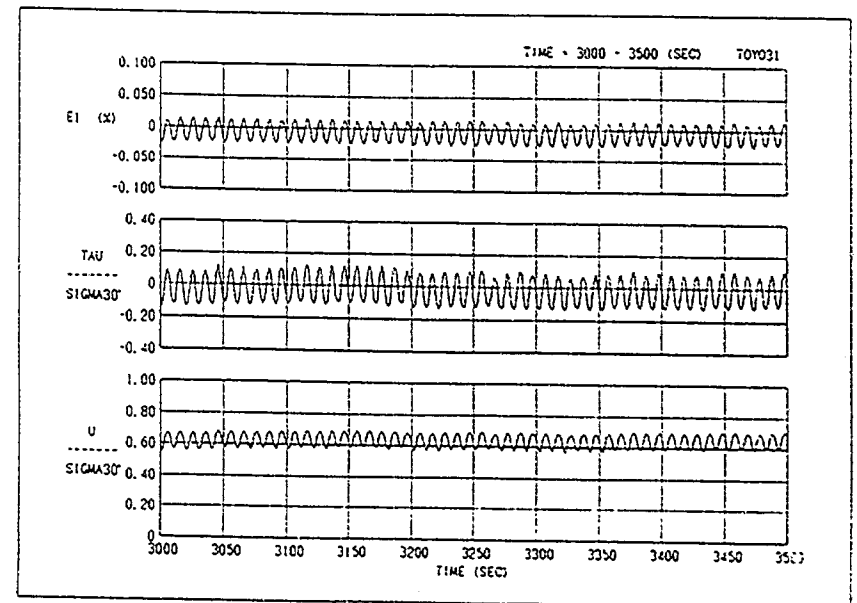
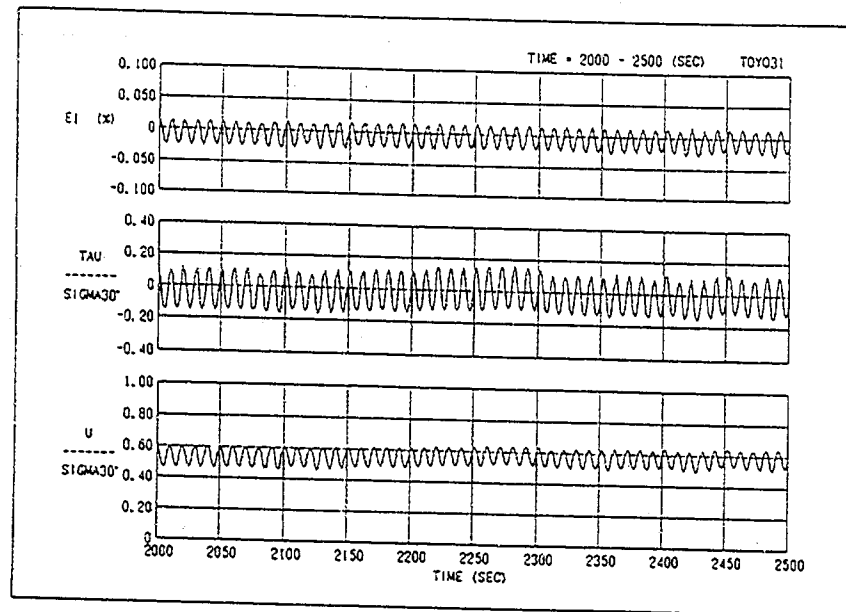
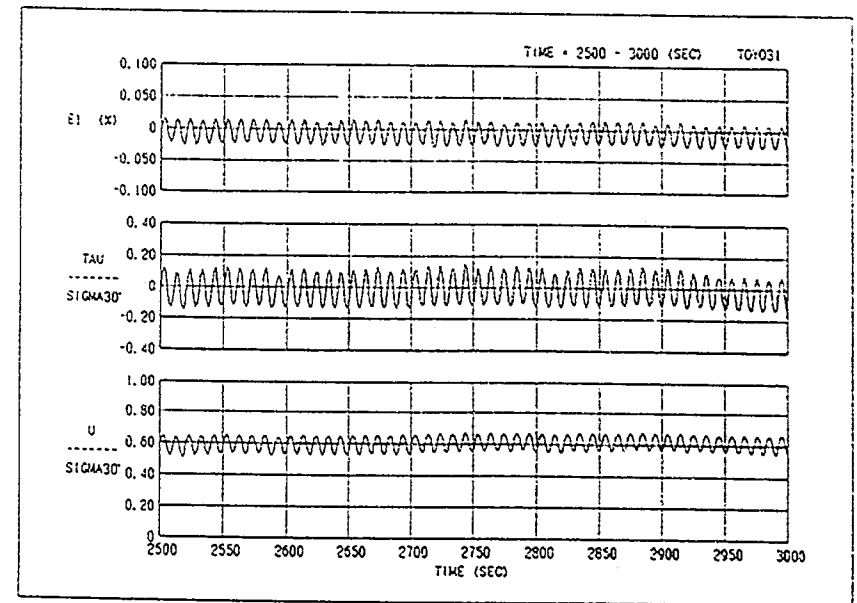
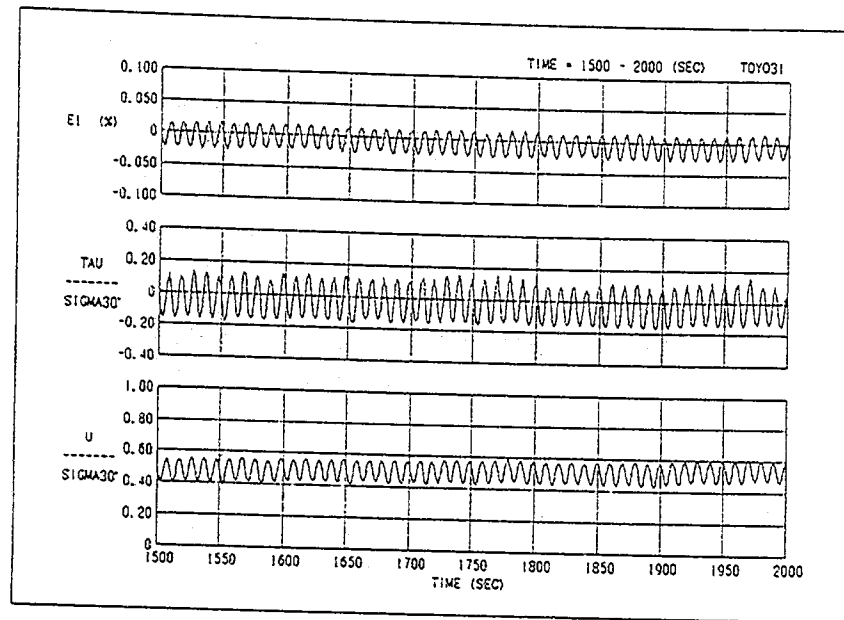
TOY030

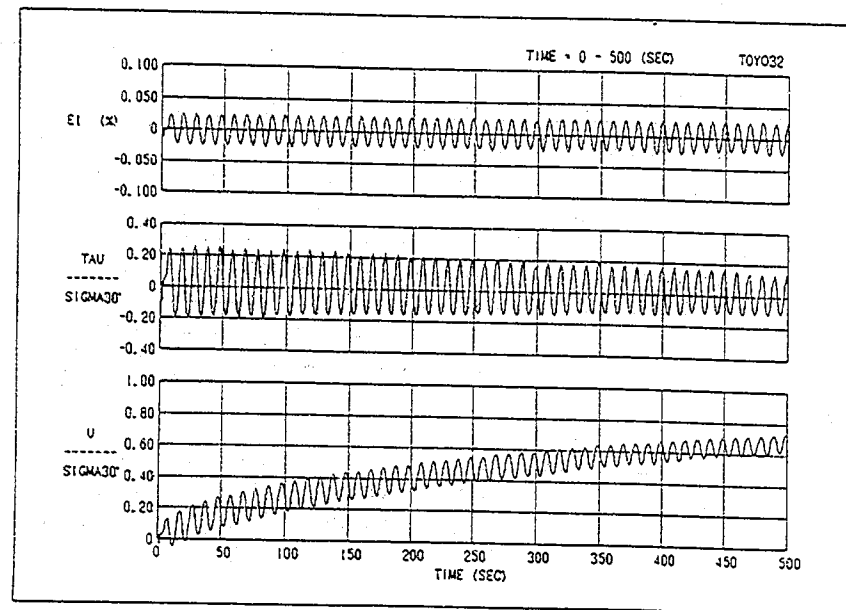
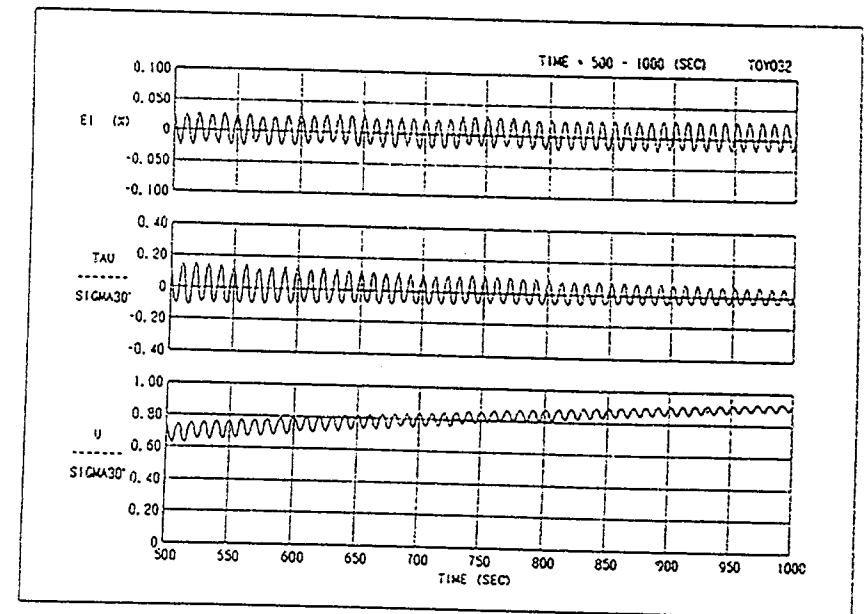
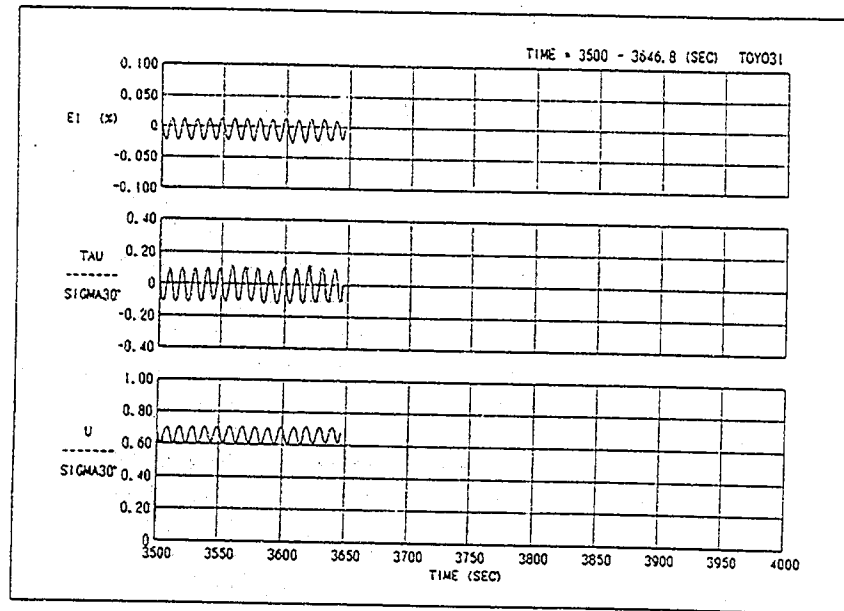




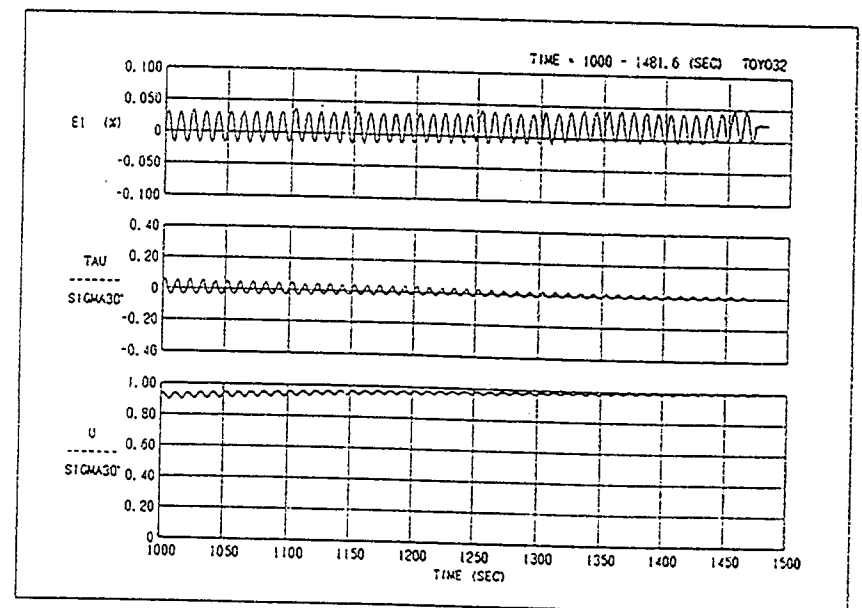


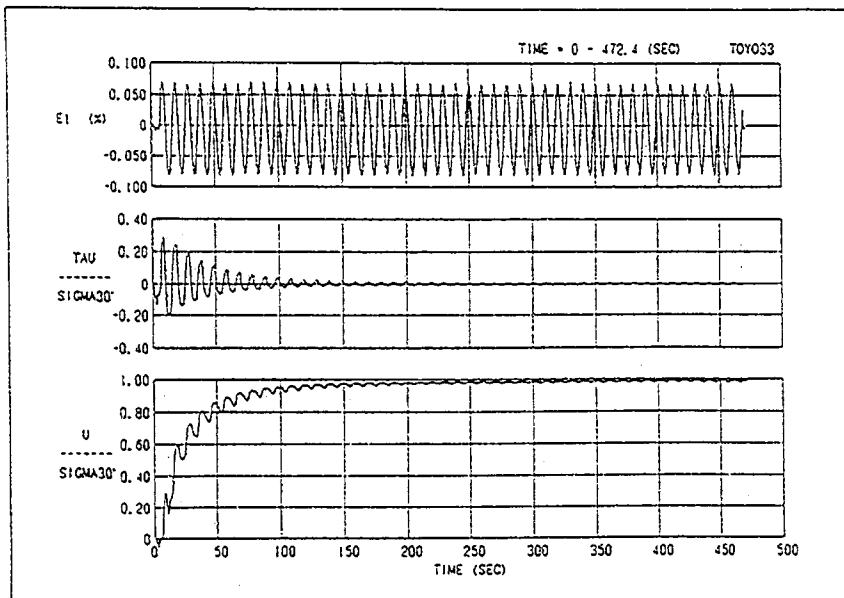
TOY031



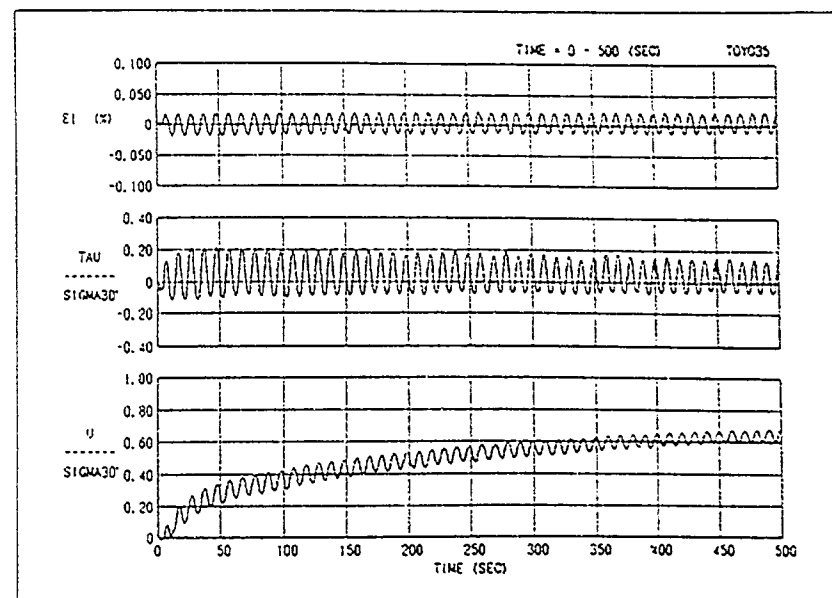


TOY032

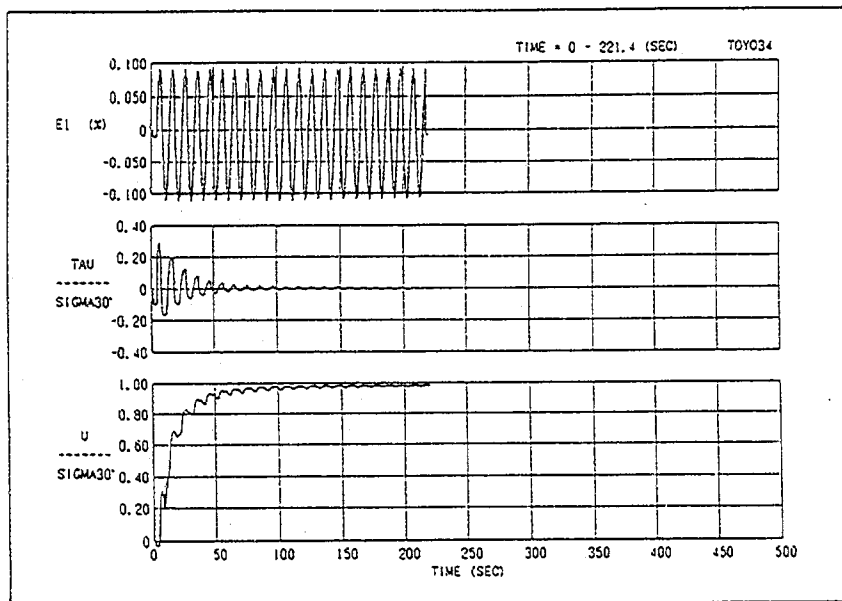




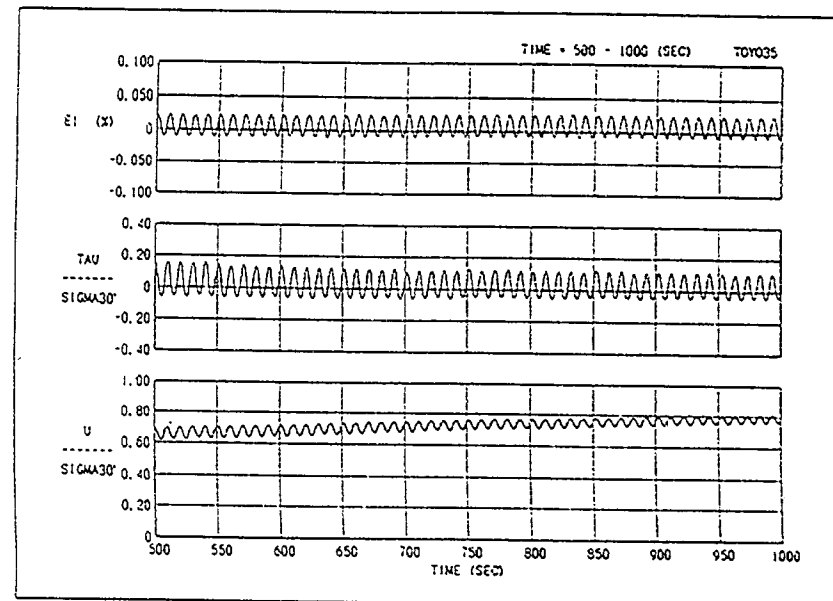
TOY033

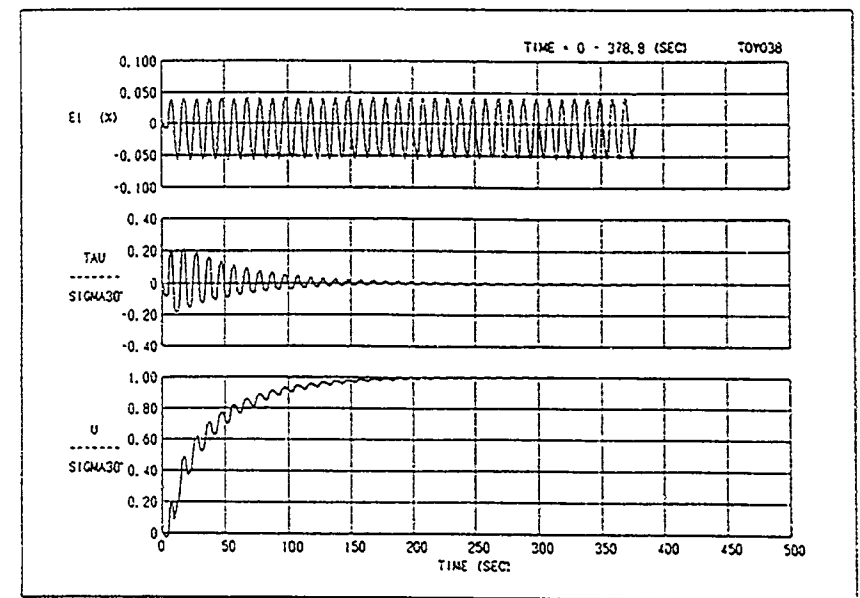
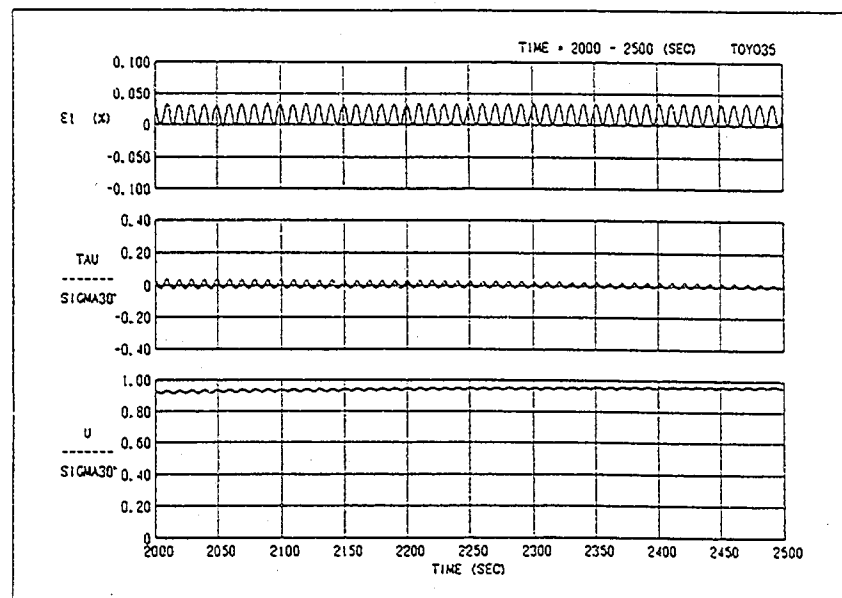
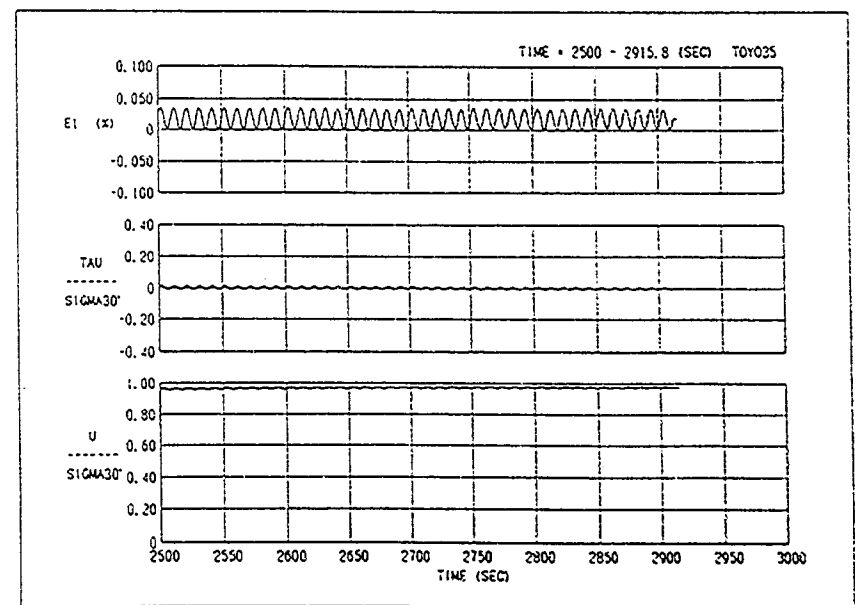
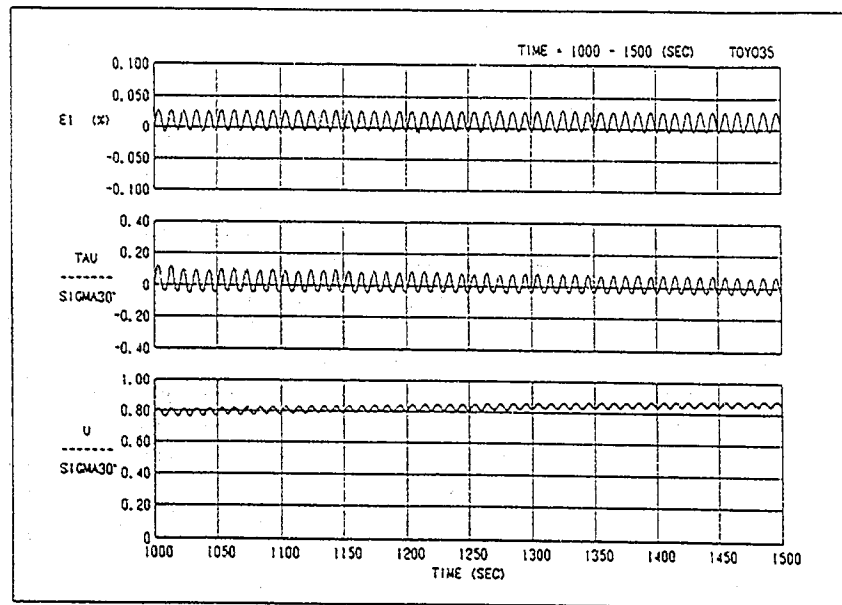


TOY035

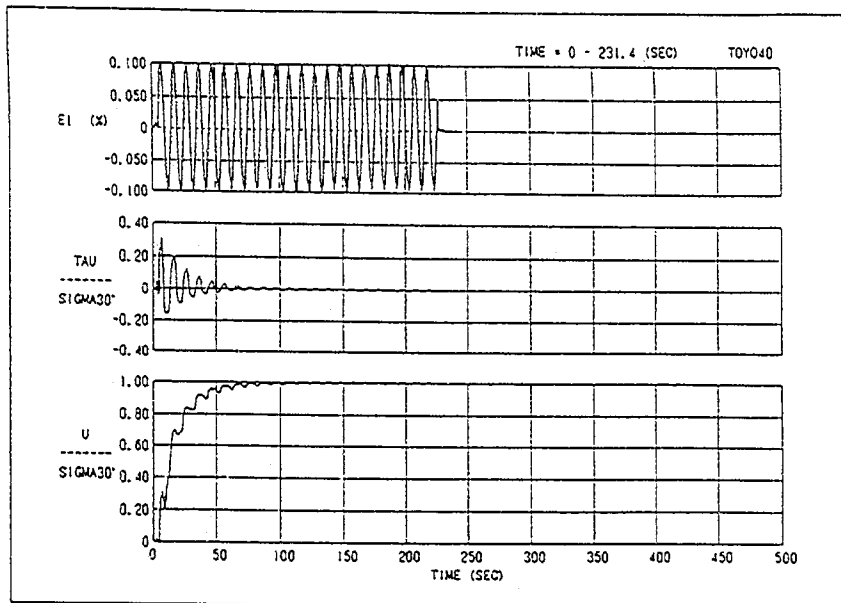


TOY034

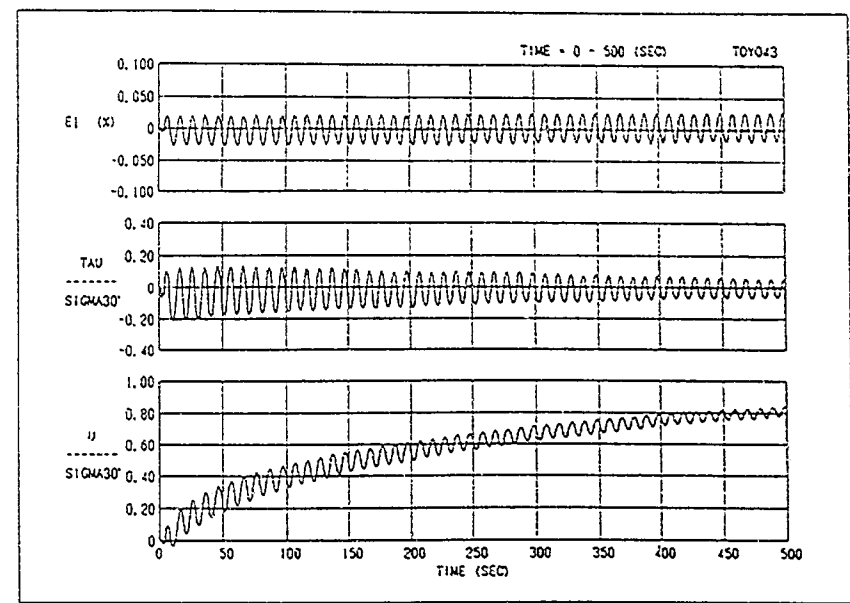




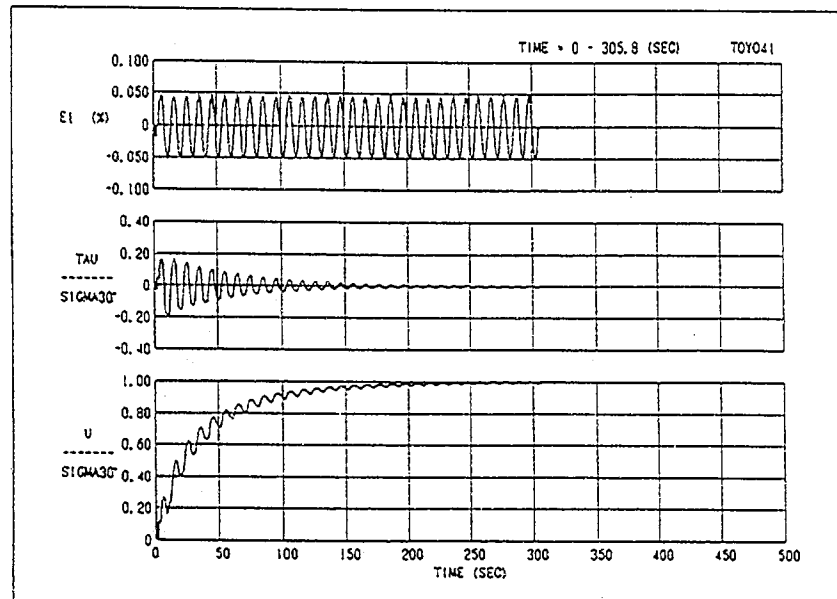
TOY038



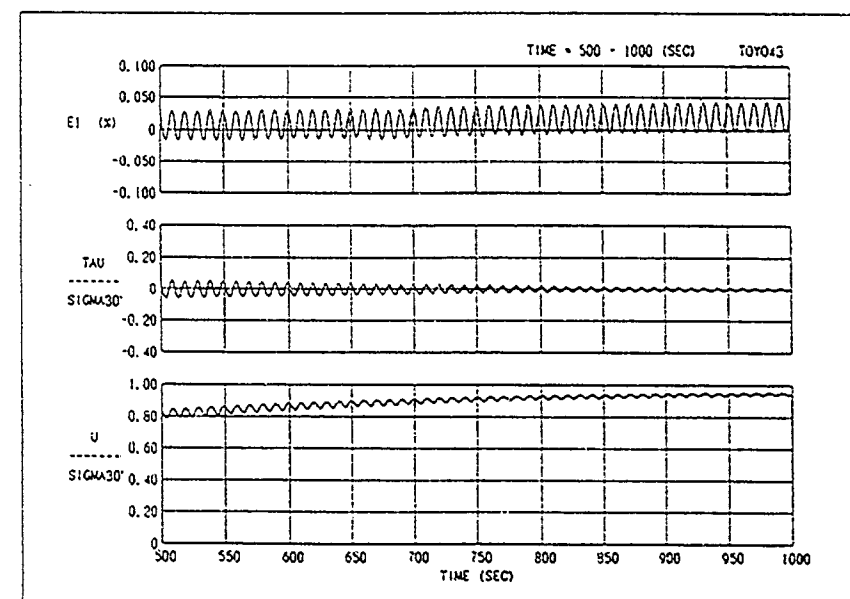
TOY040

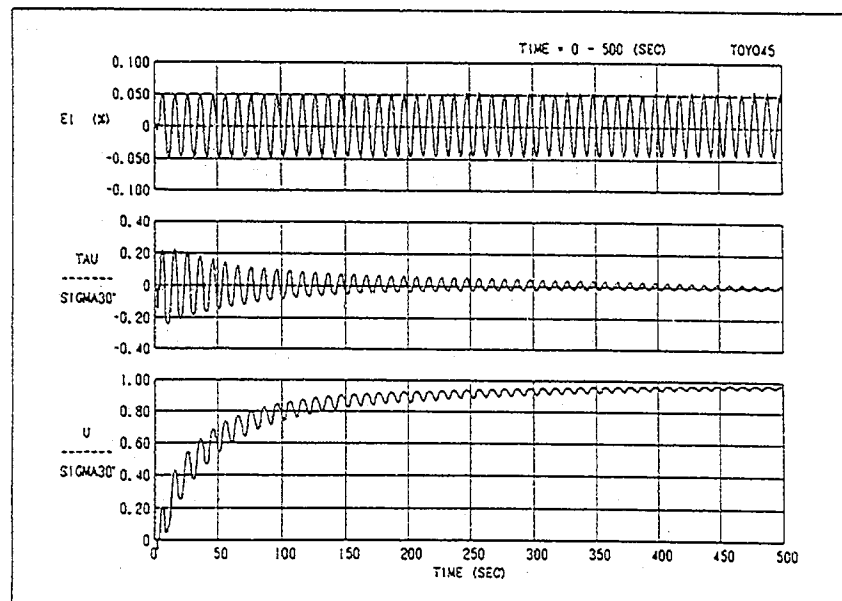
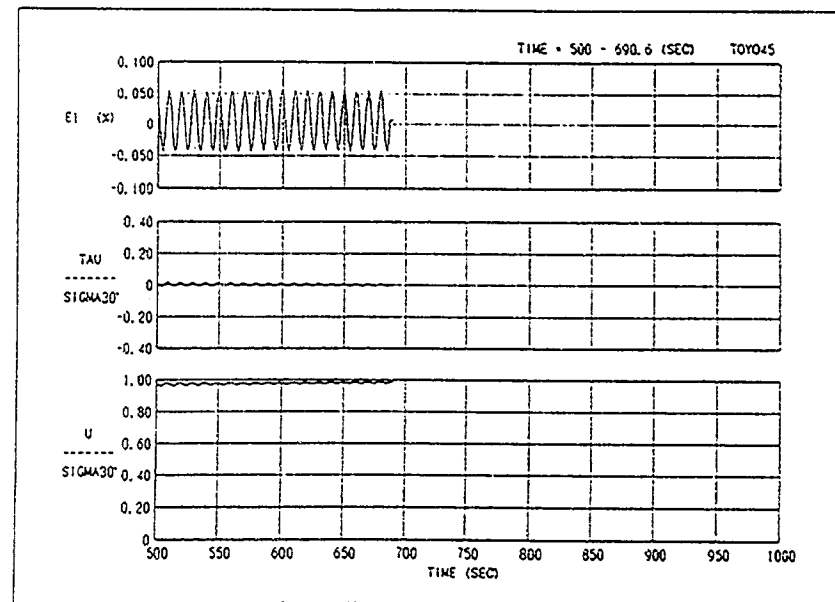
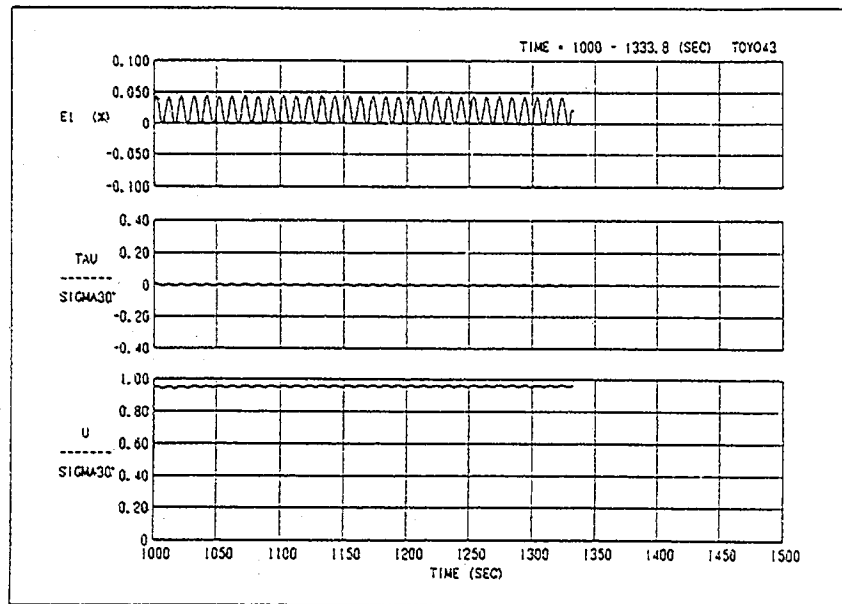


TOY043

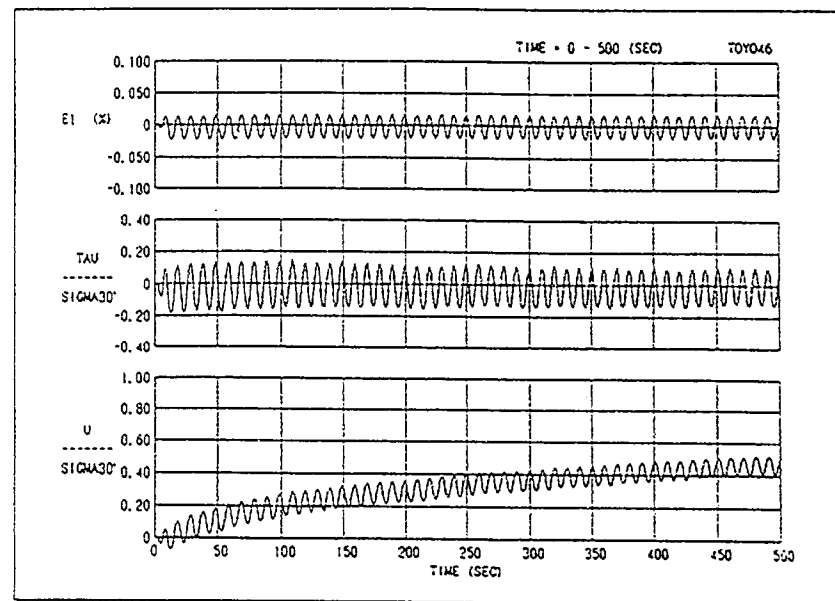


TOY041

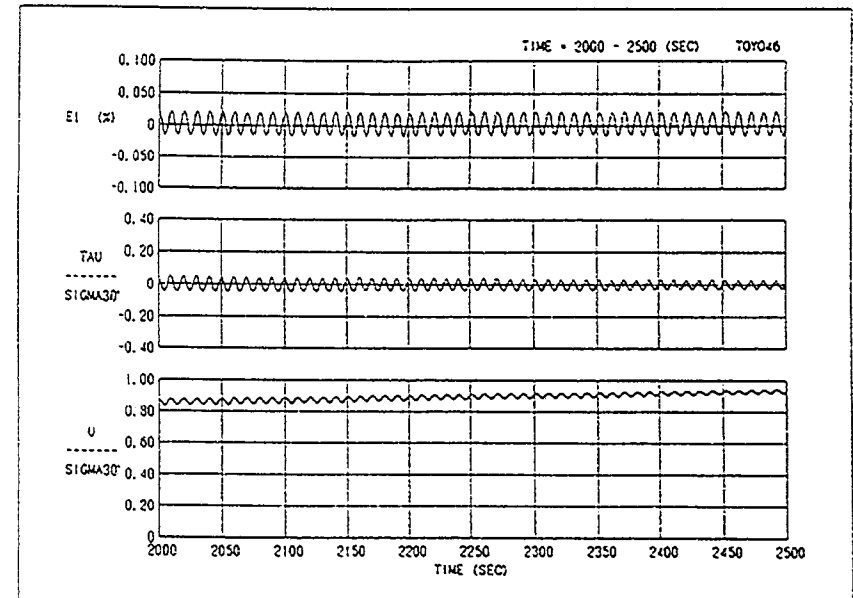
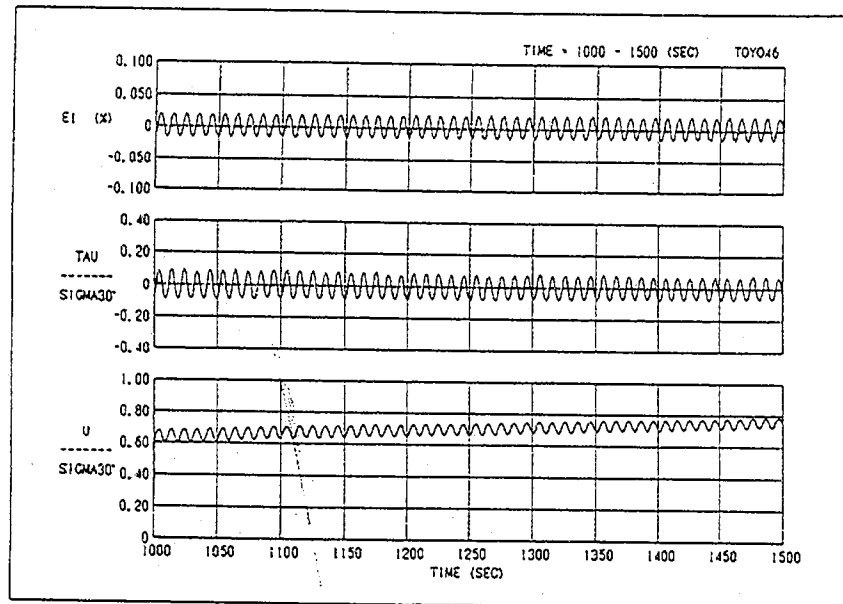
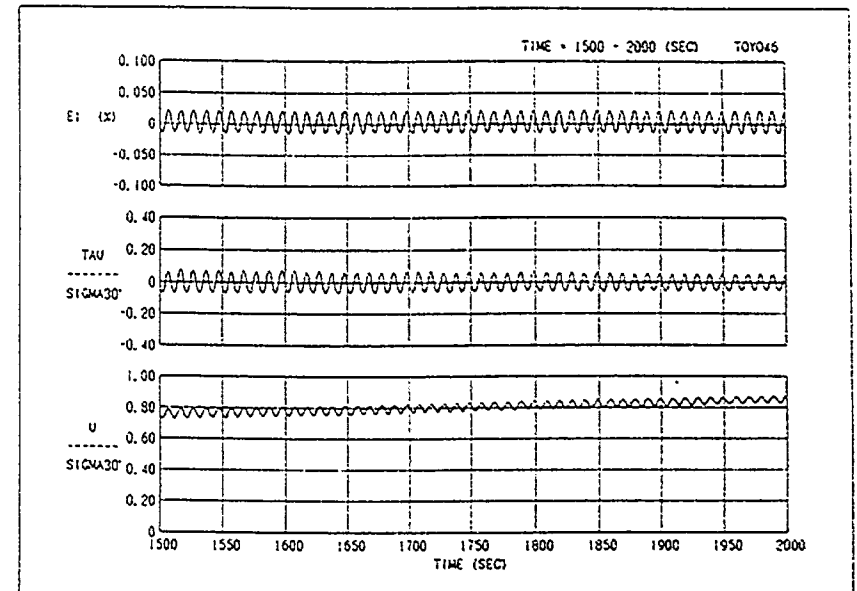
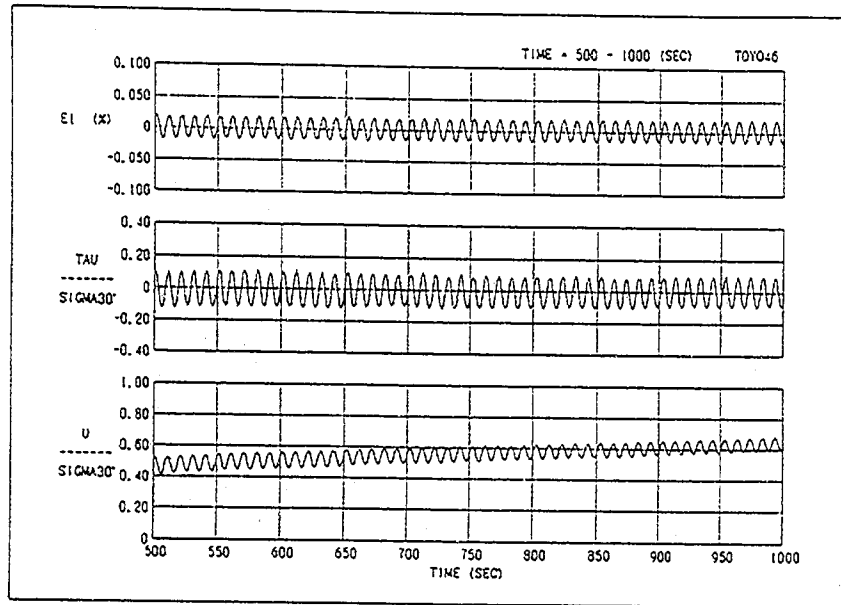


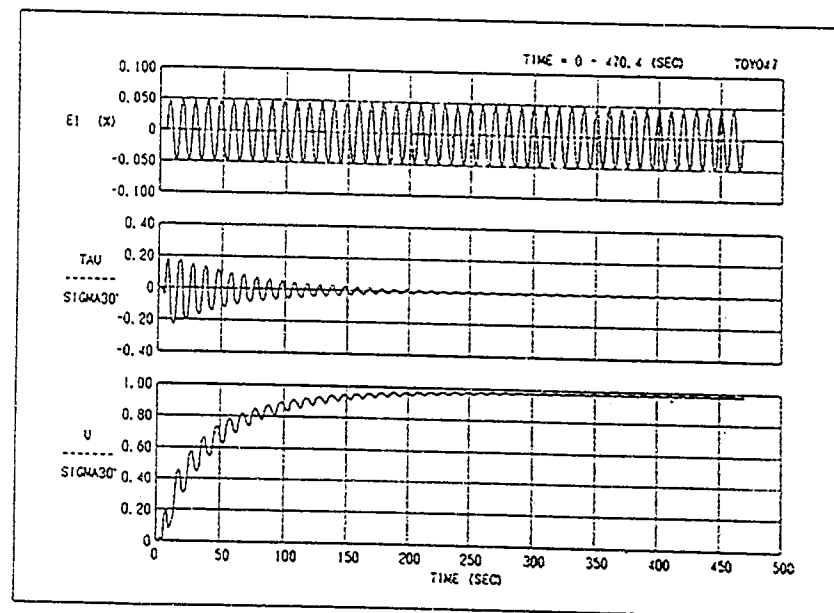
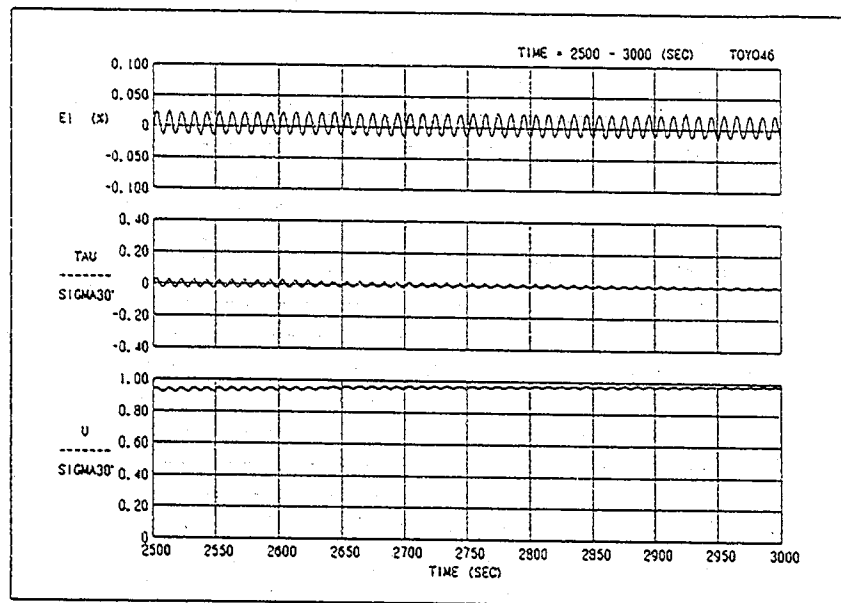


TOY045

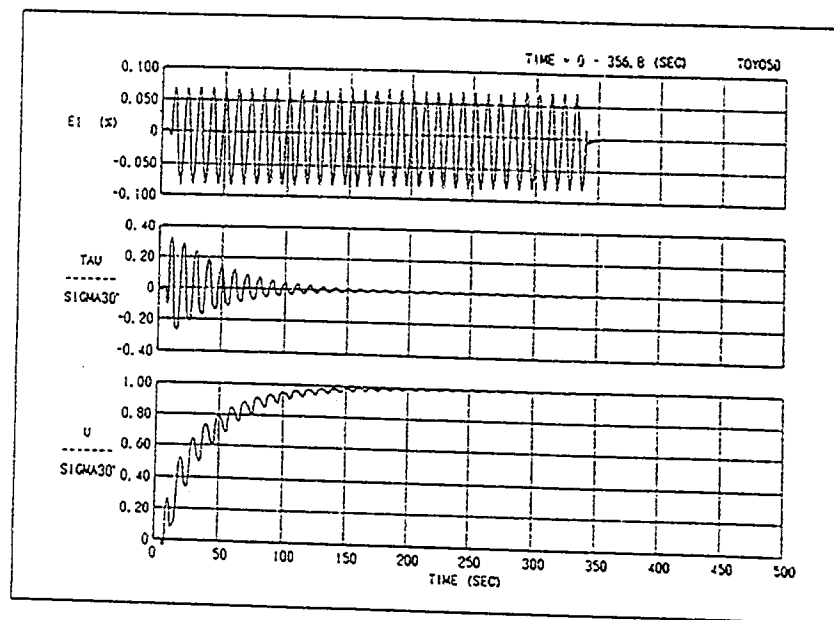
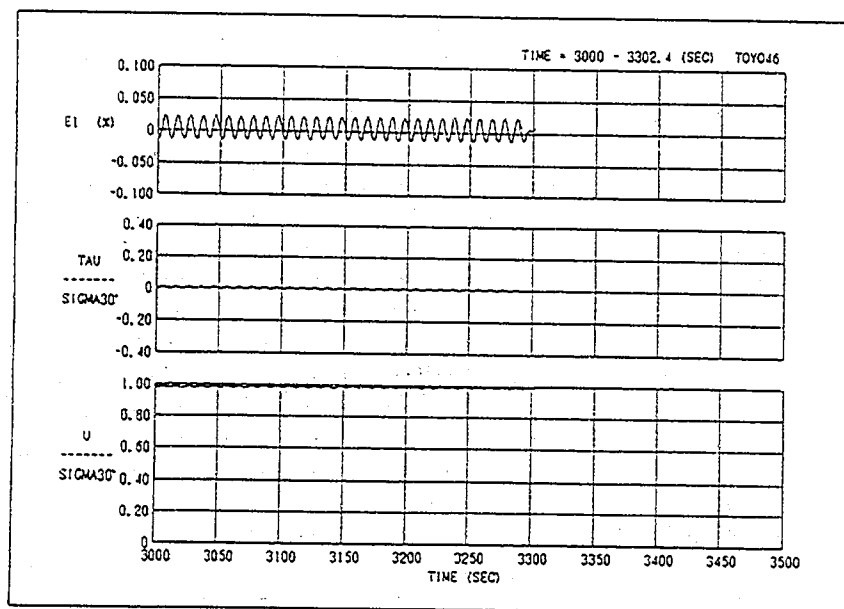


TOY046

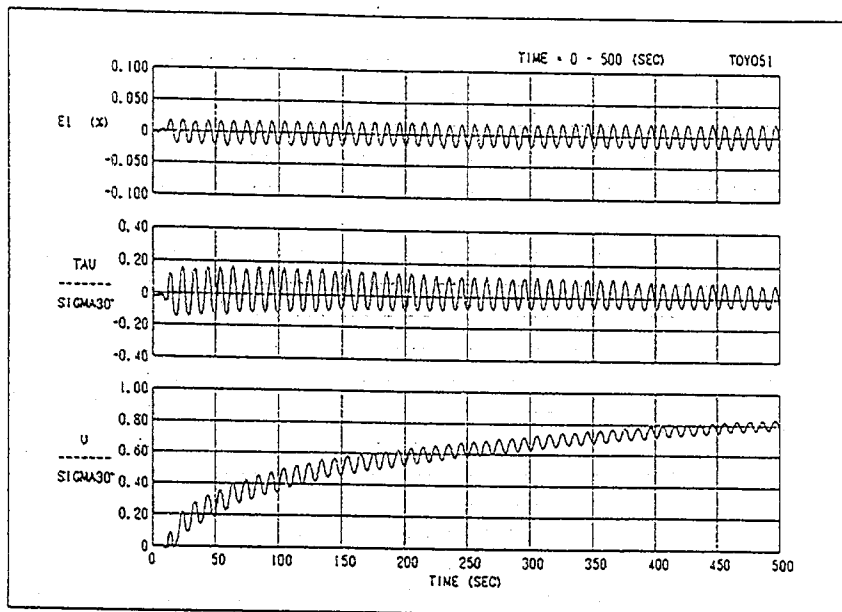




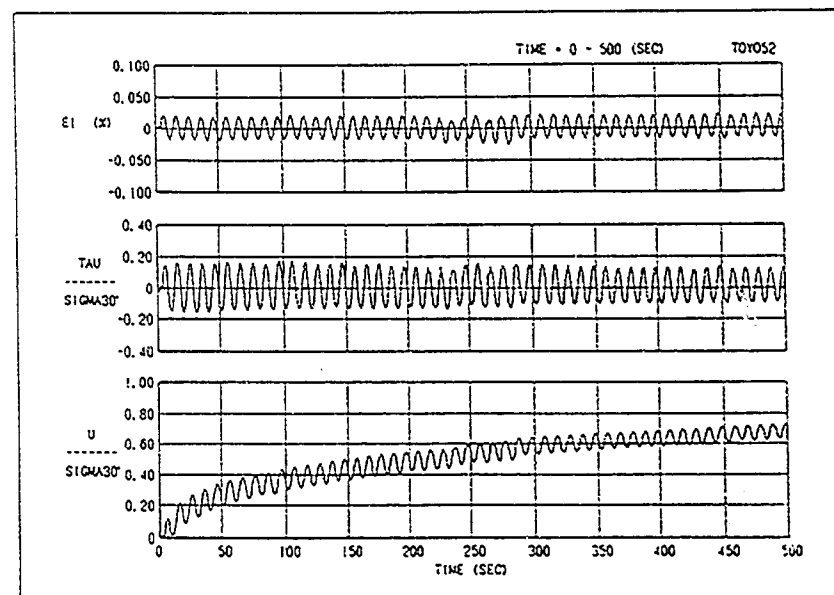
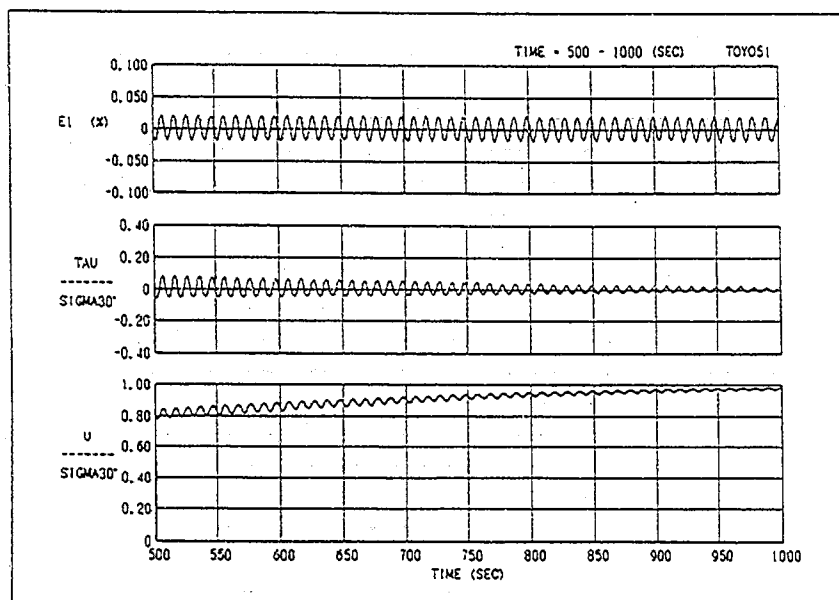
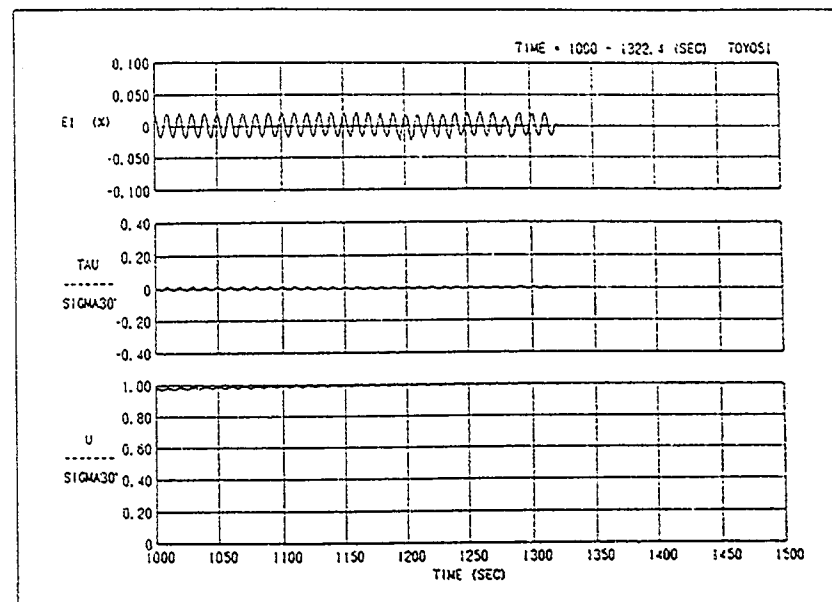
TOY047



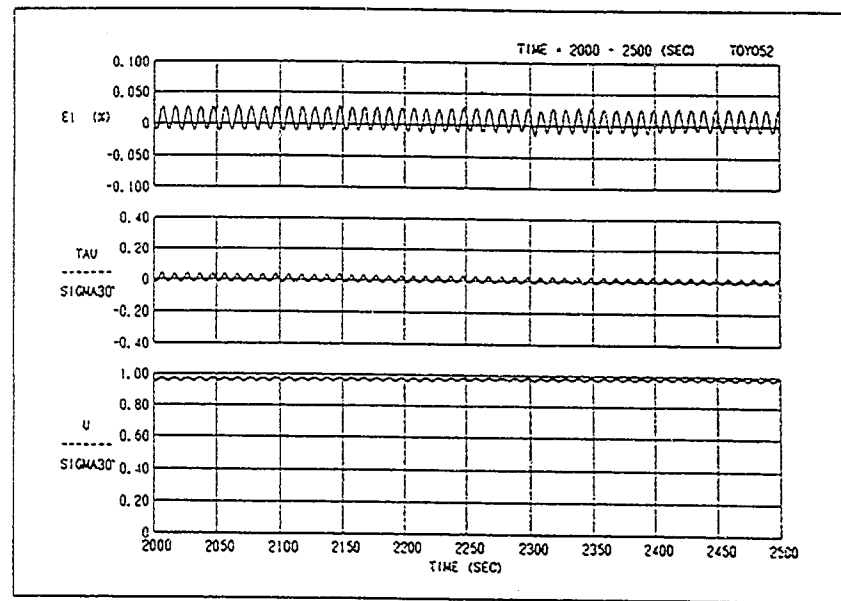
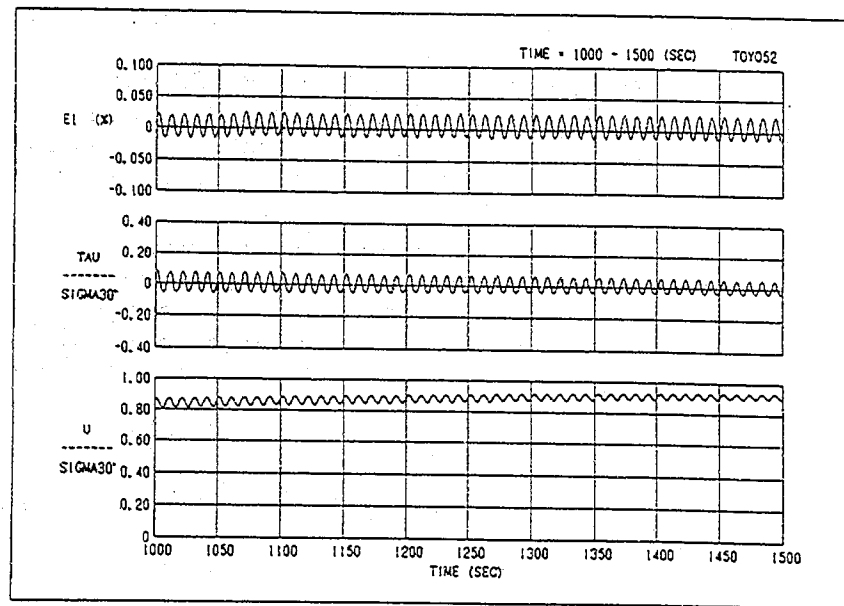
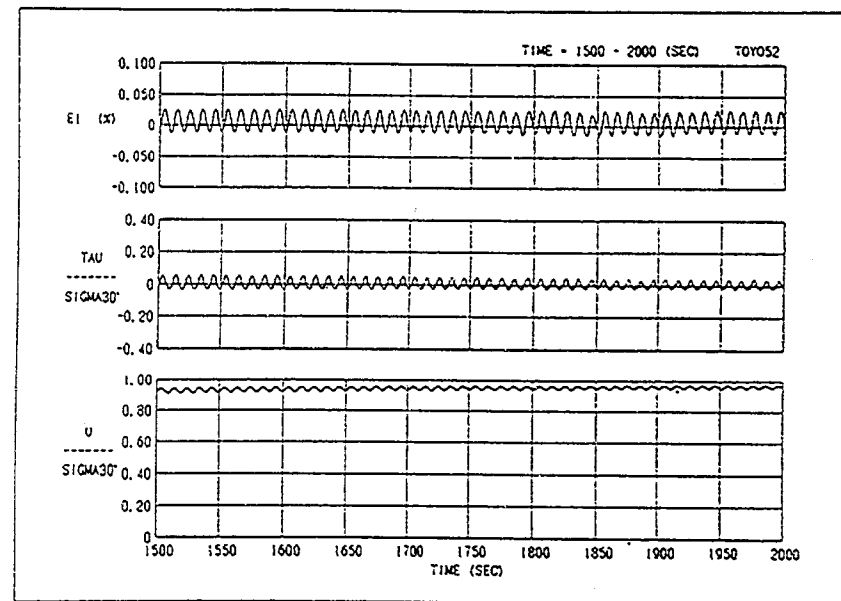
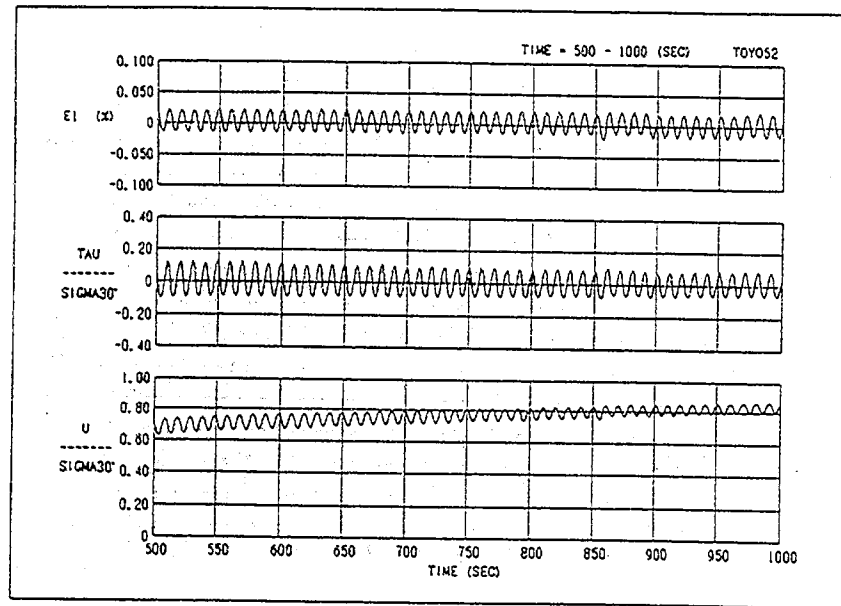
TOY050

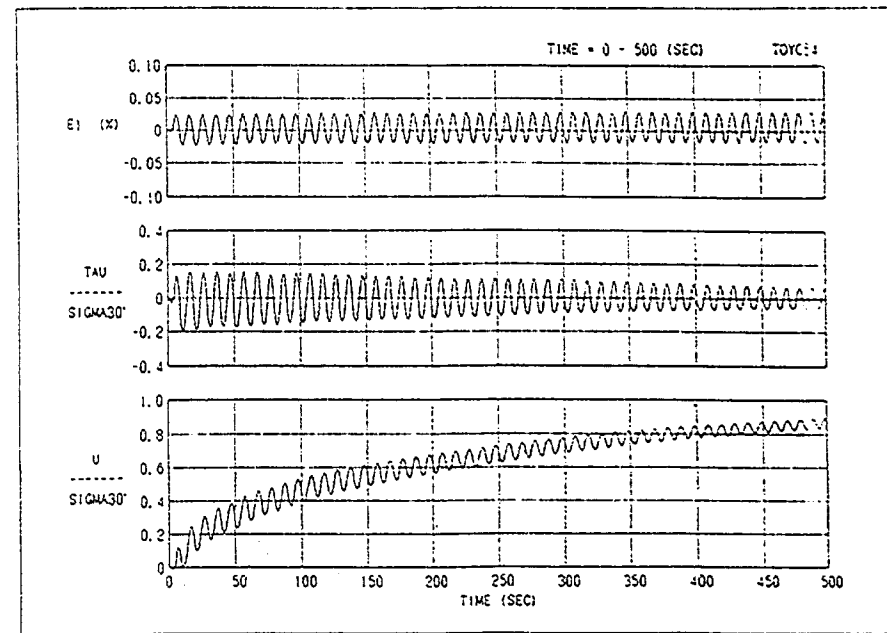
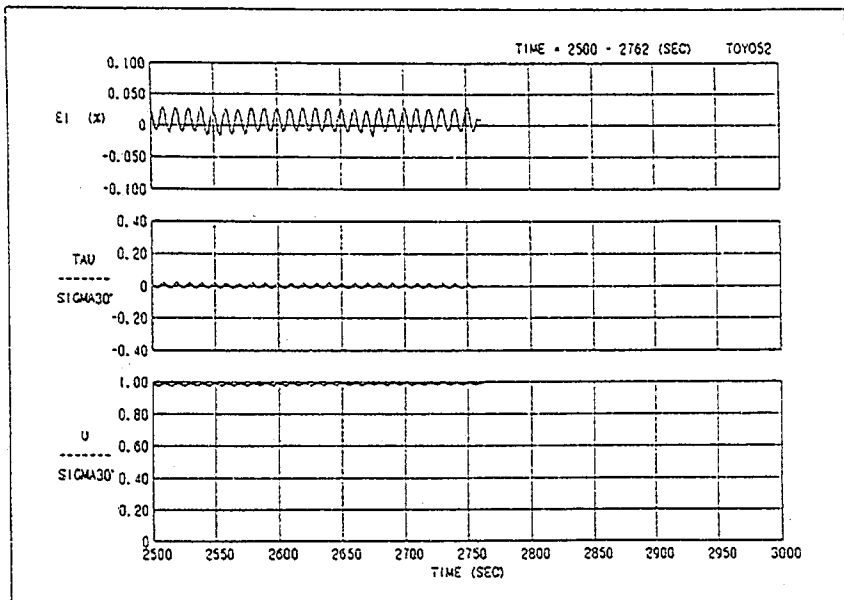


TOY051

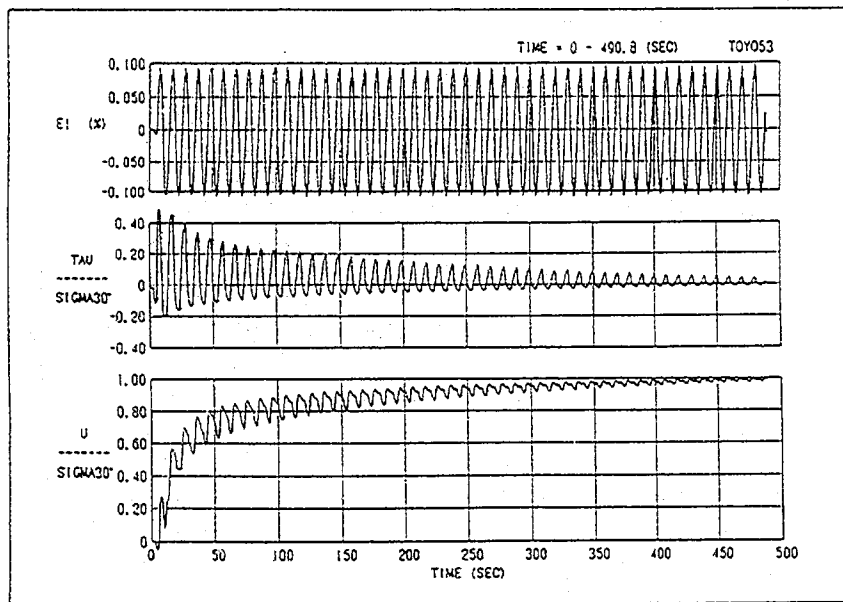


TOY052

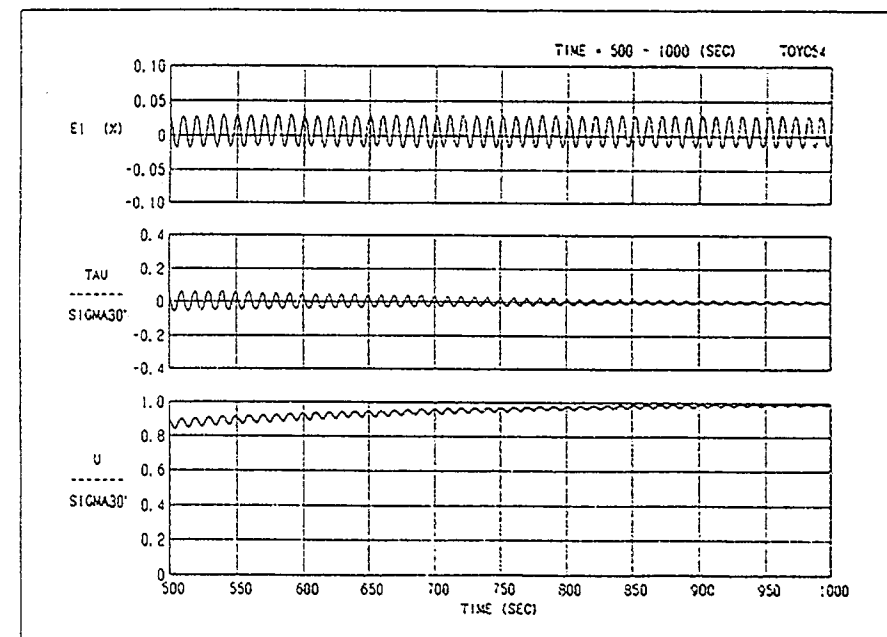


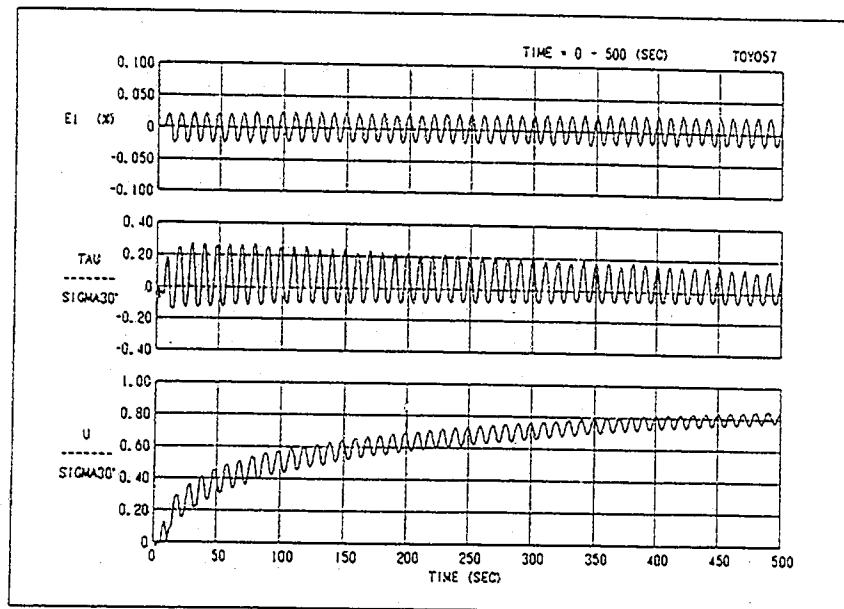
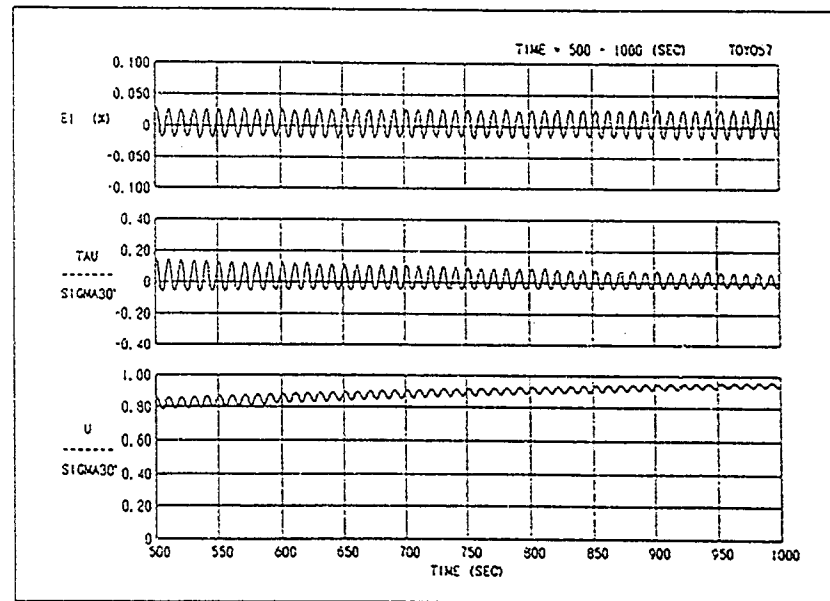
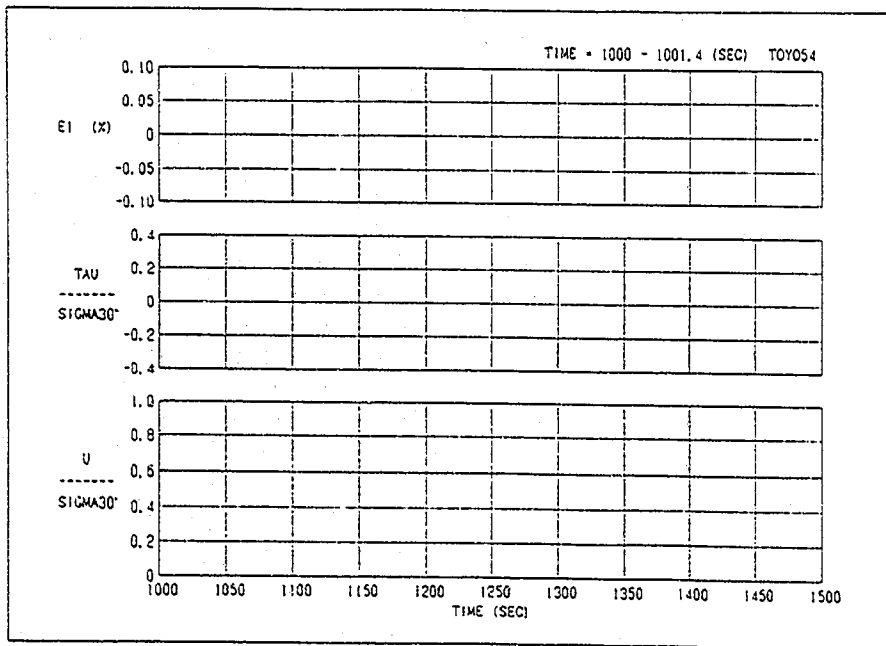


TOY054

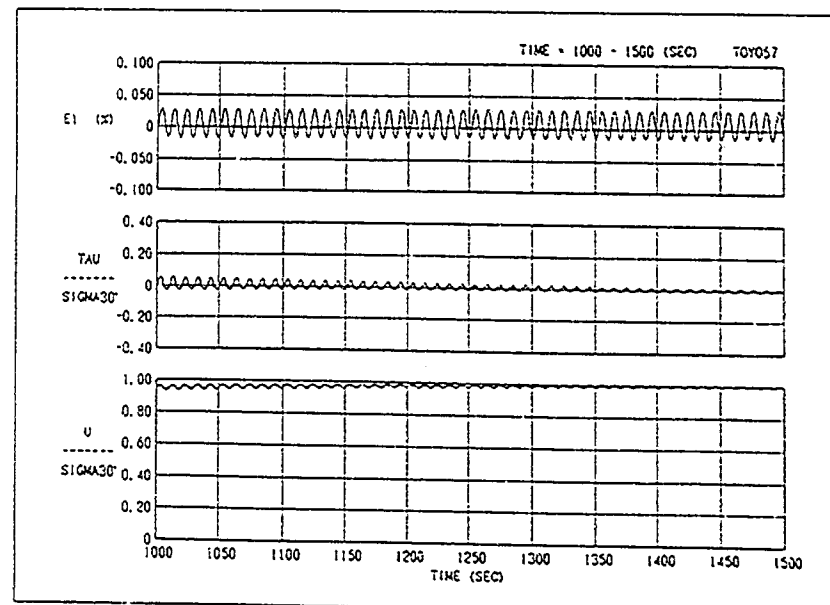


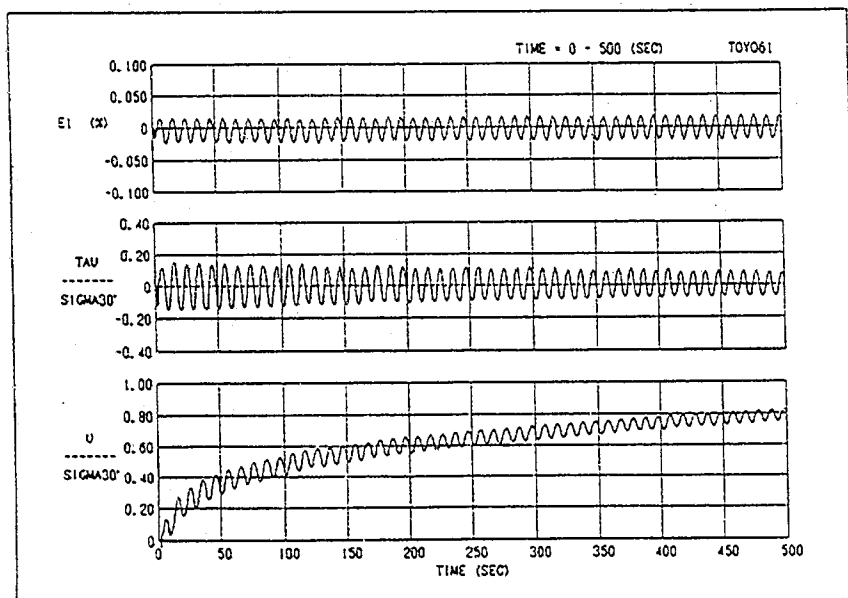
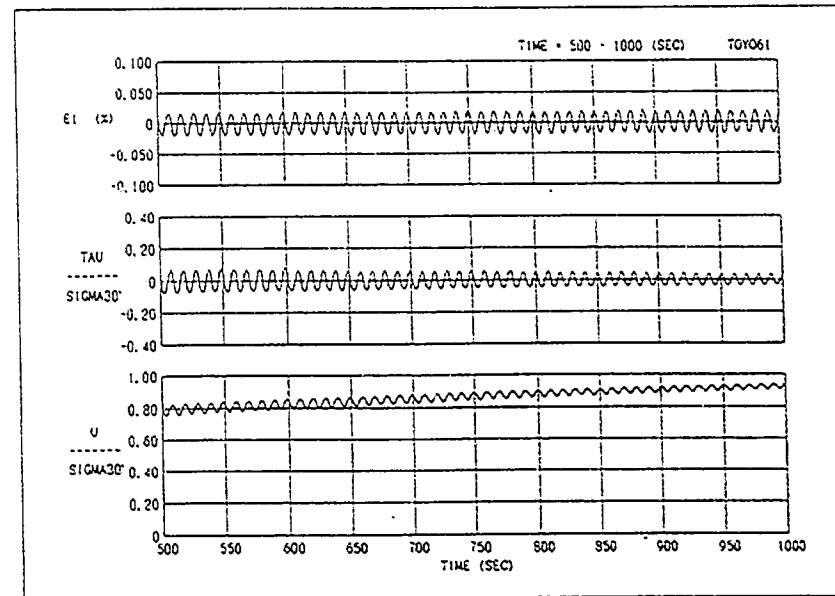
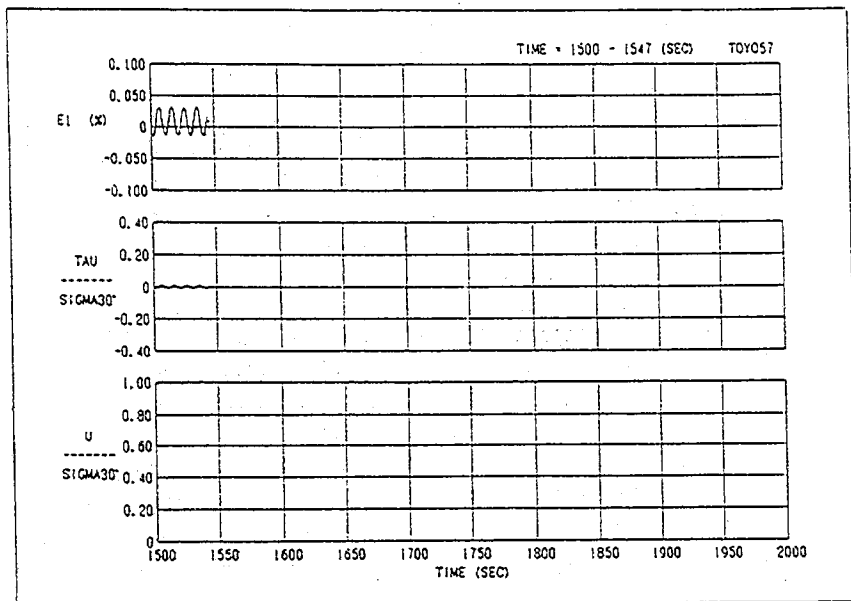
TOY053



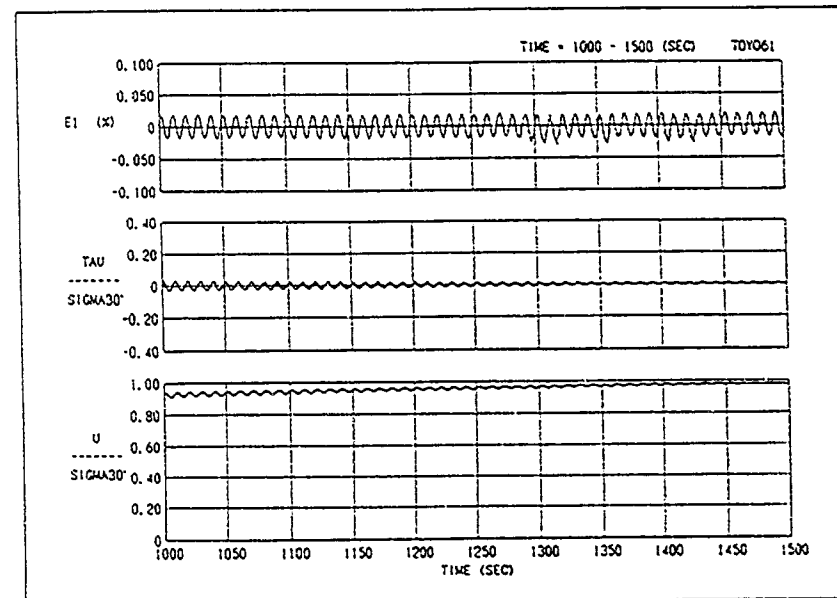


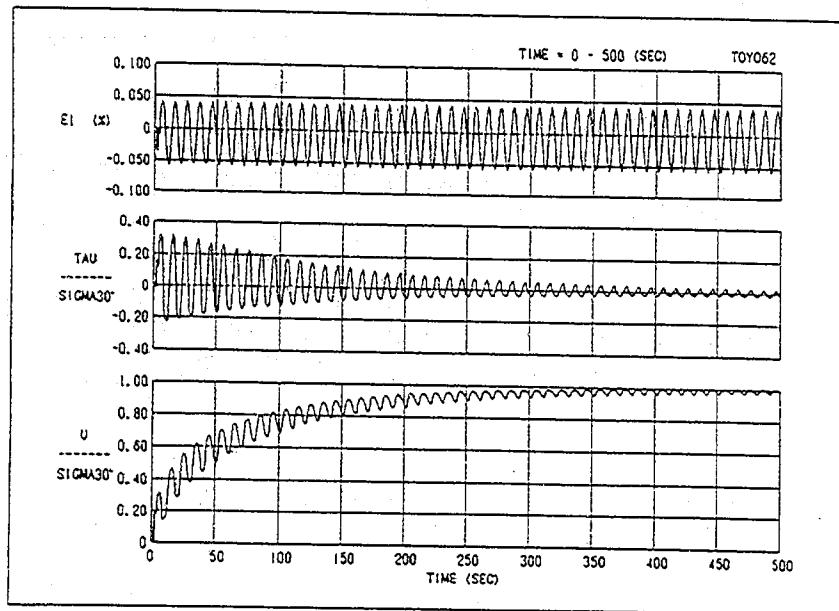
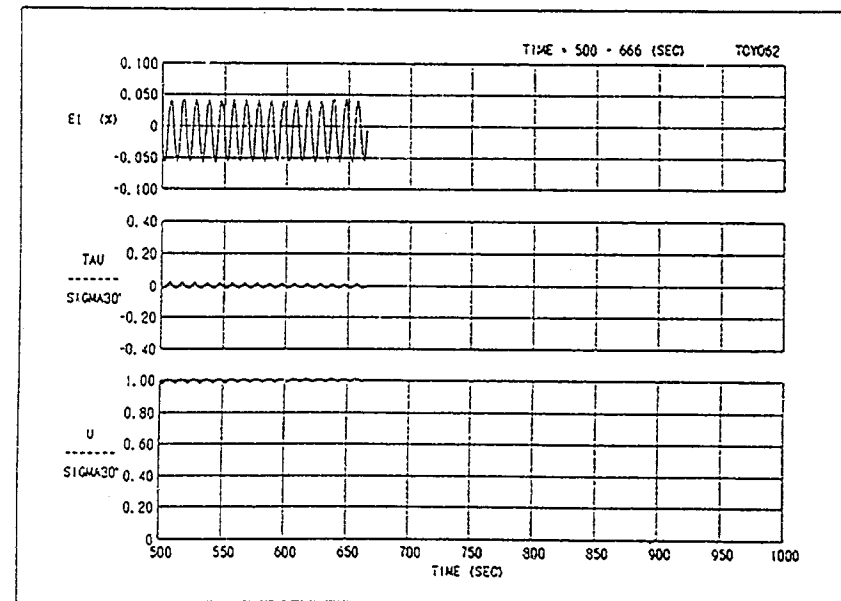
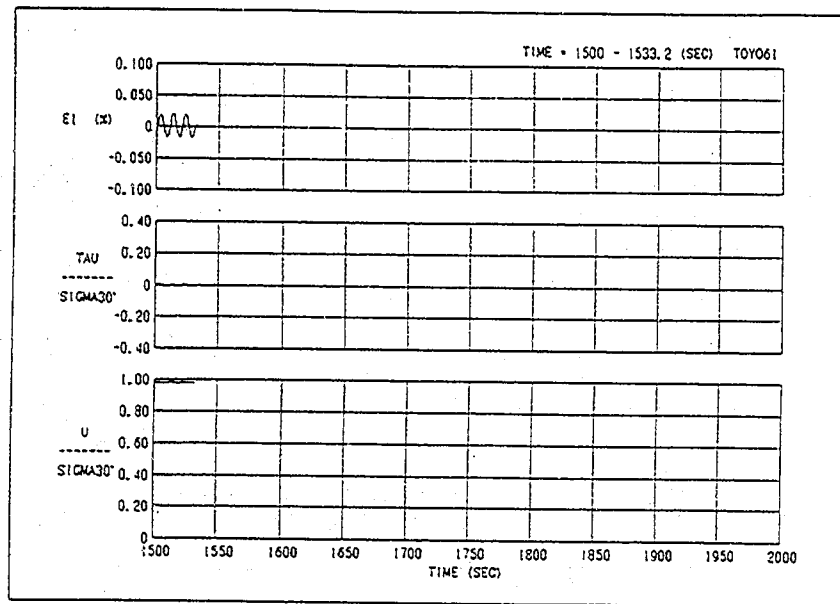
TOY057



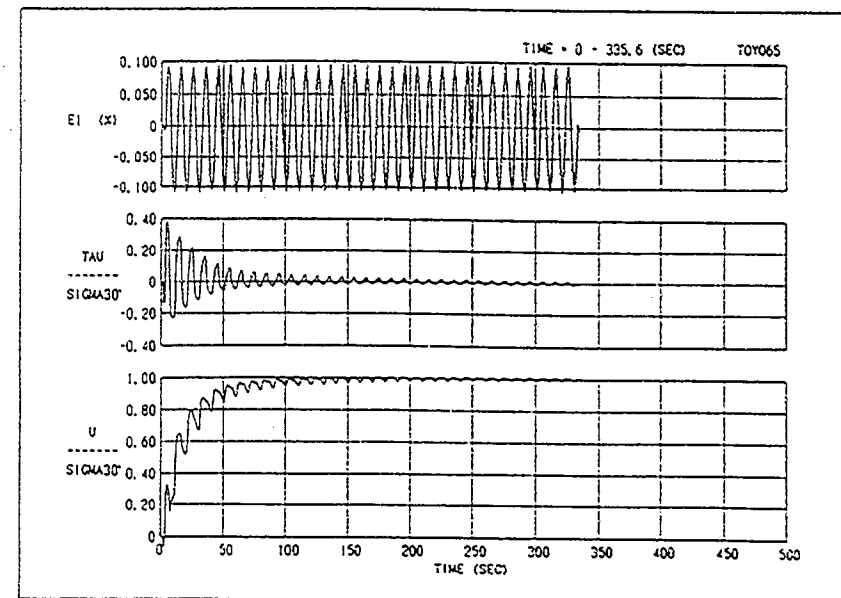


TOY061

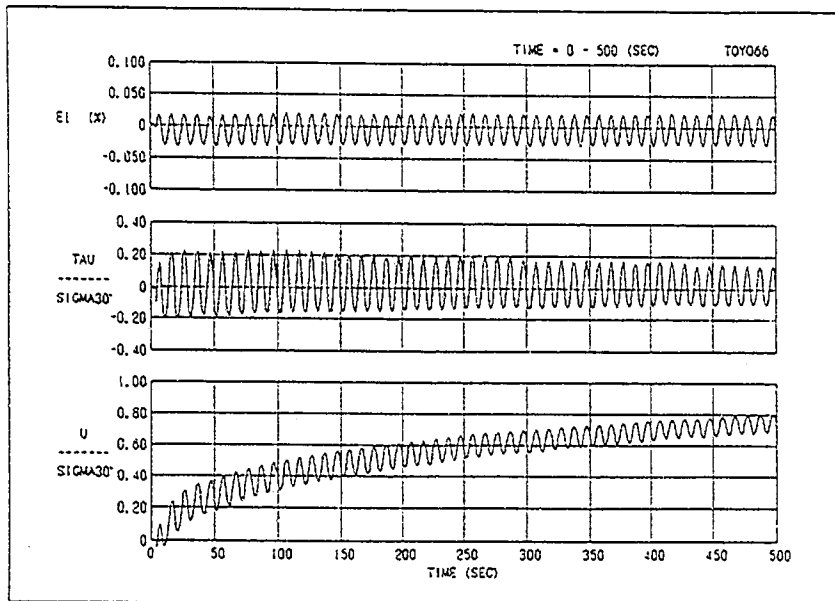




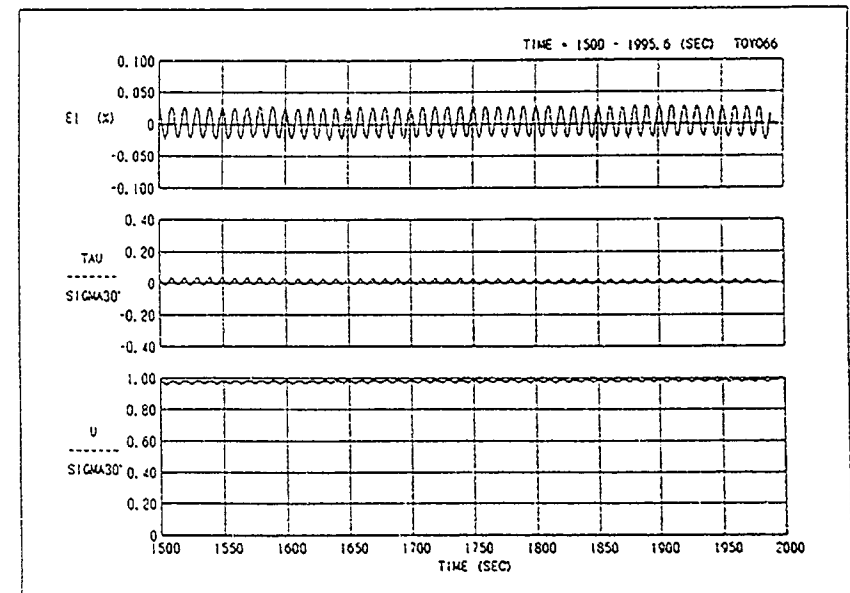
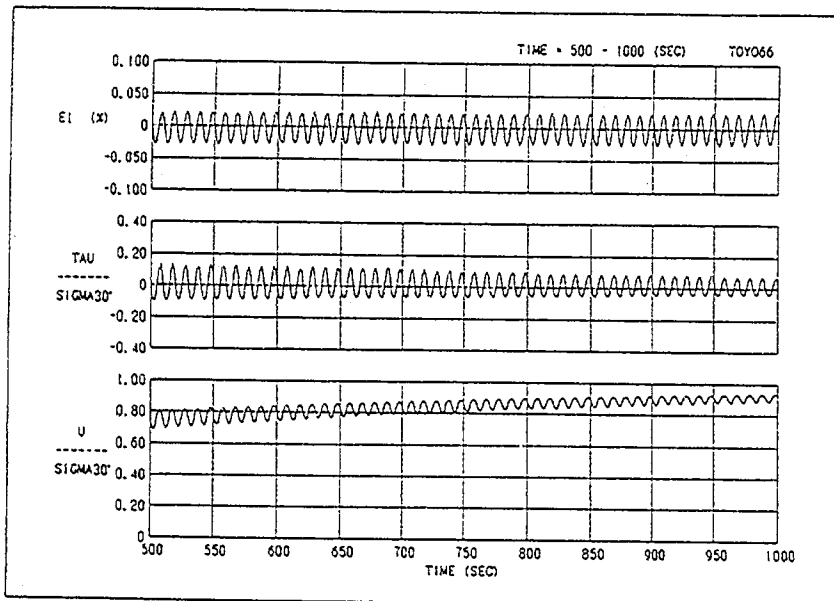
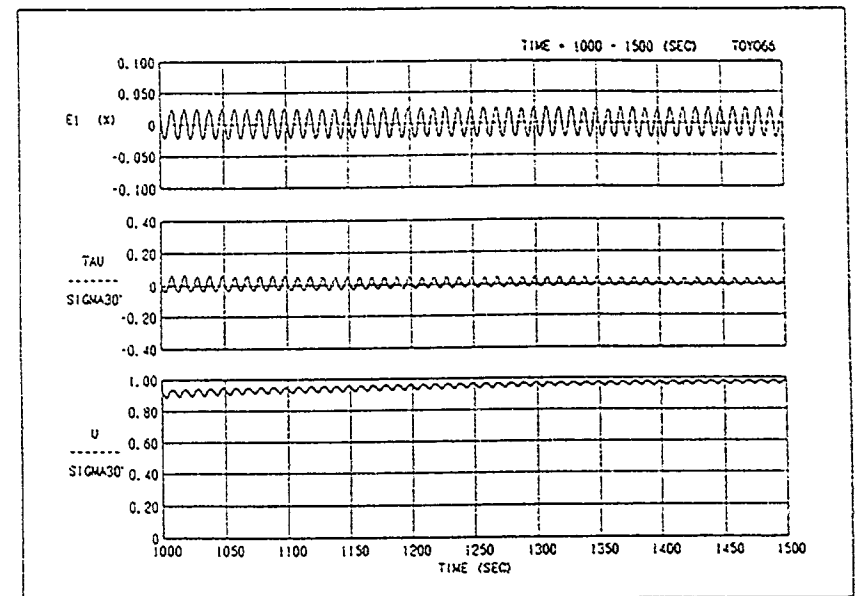
TOY062

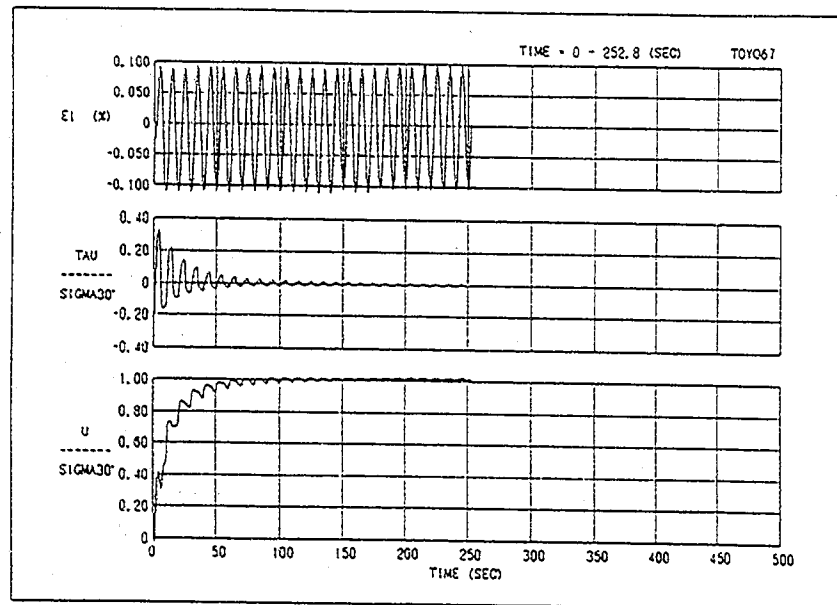


TOY065

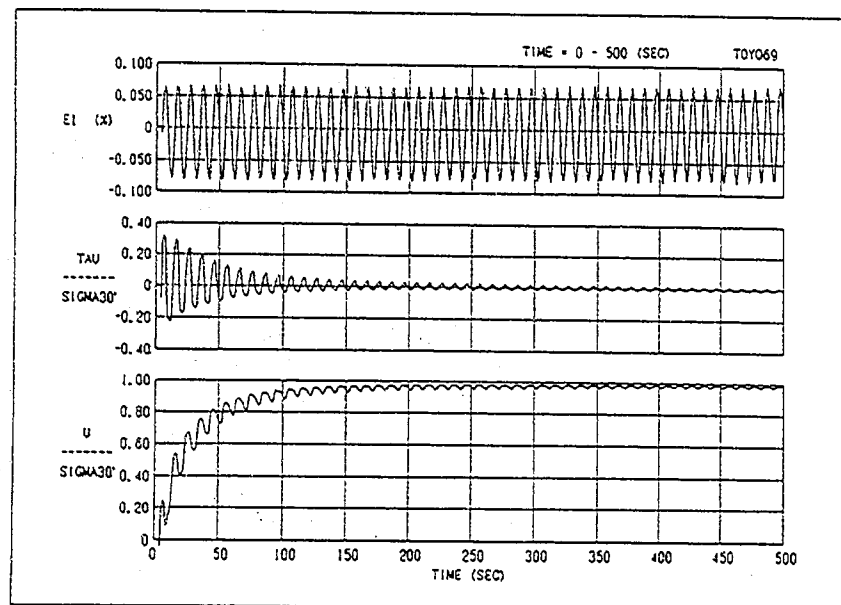
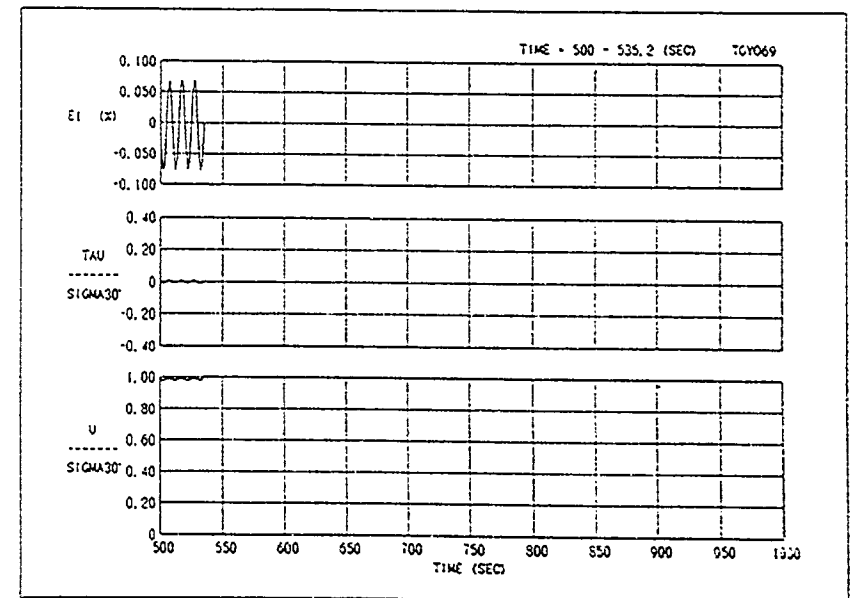


TOY066

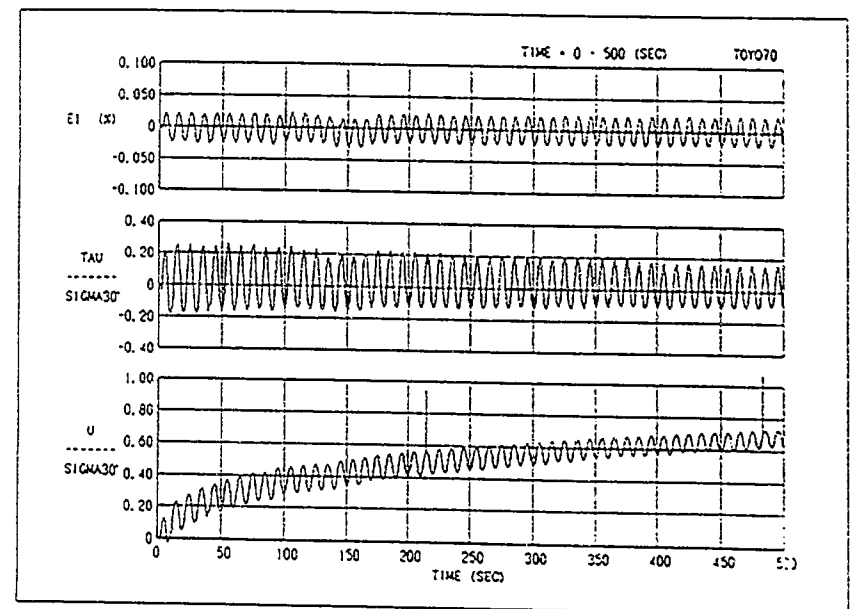




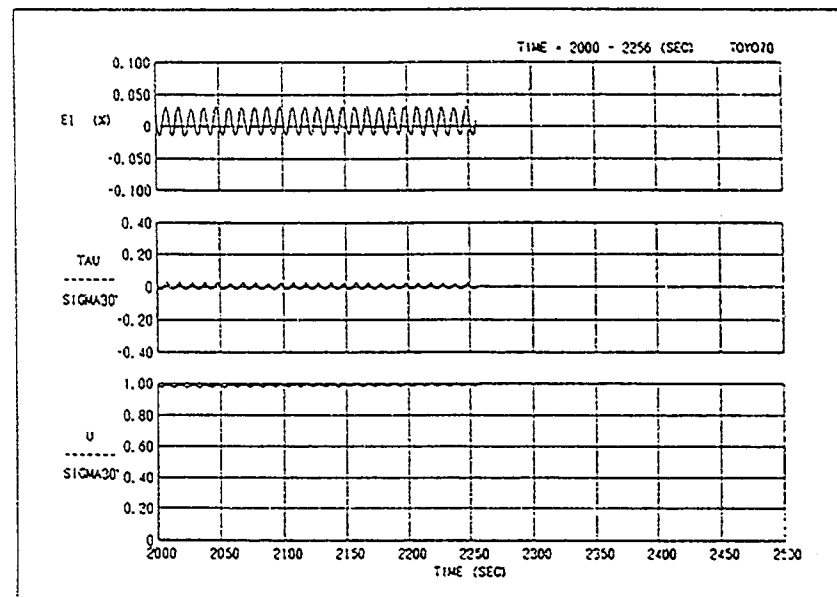
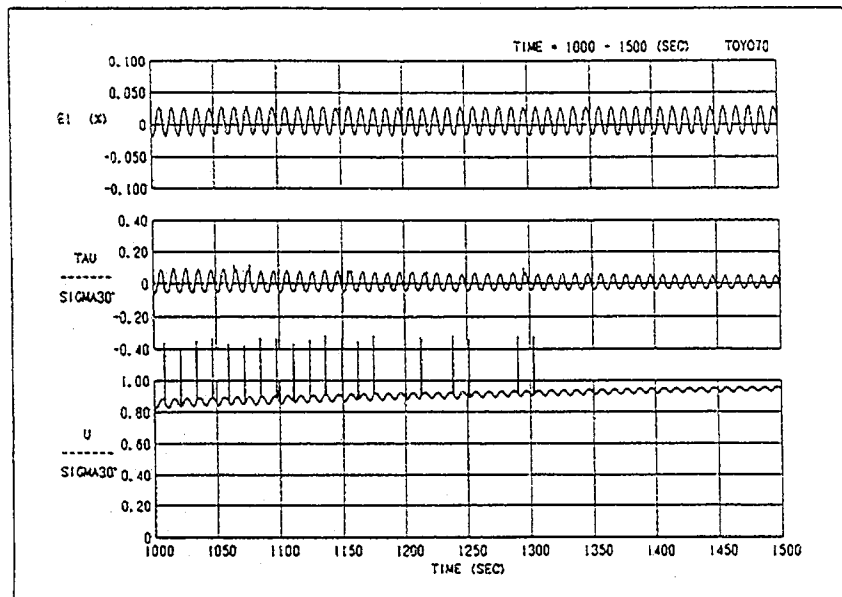
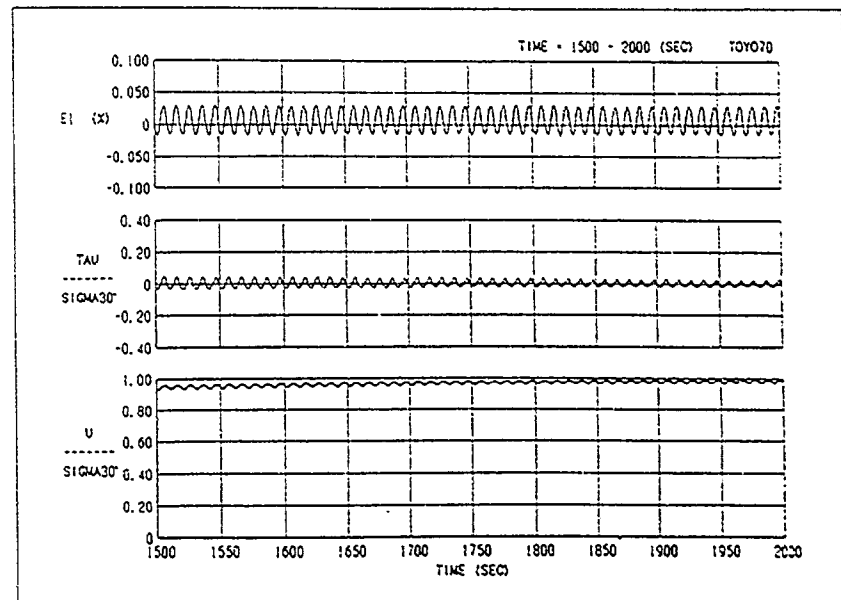
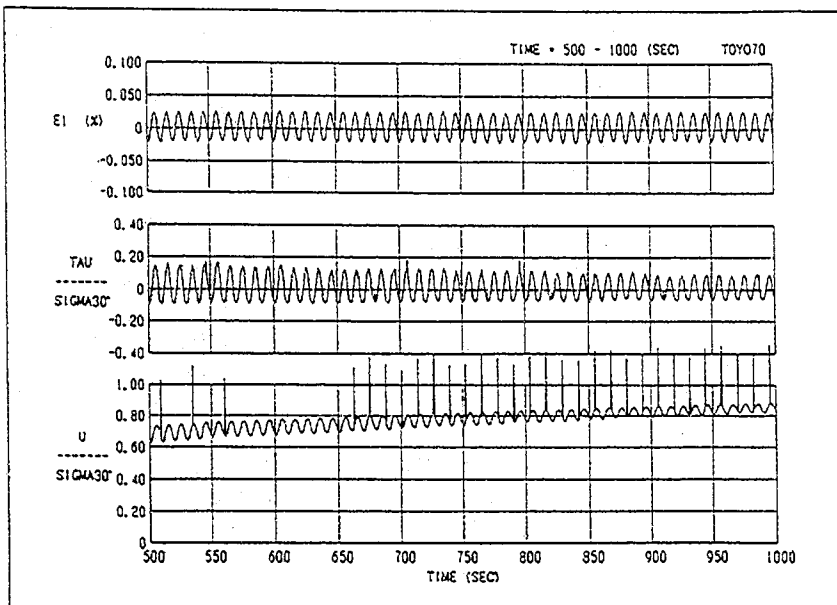
TOY067

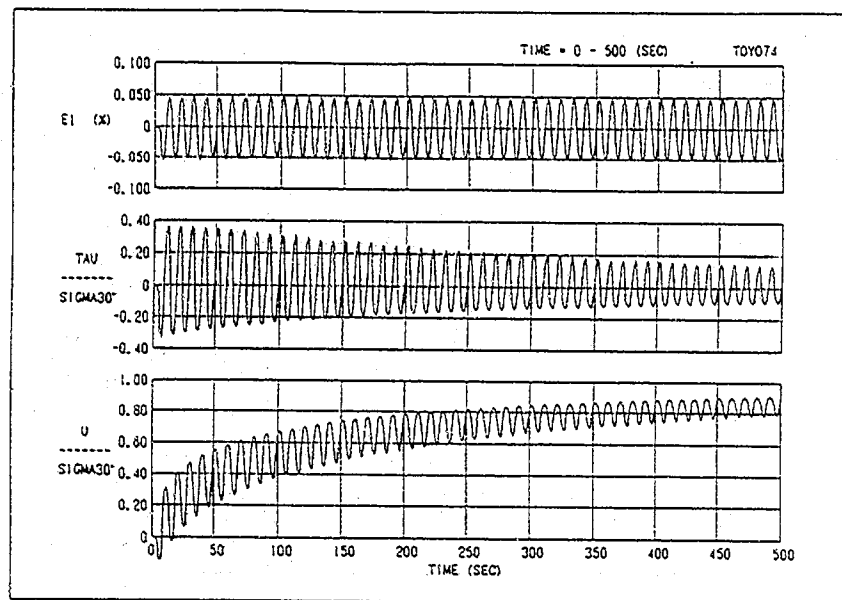


TOY069

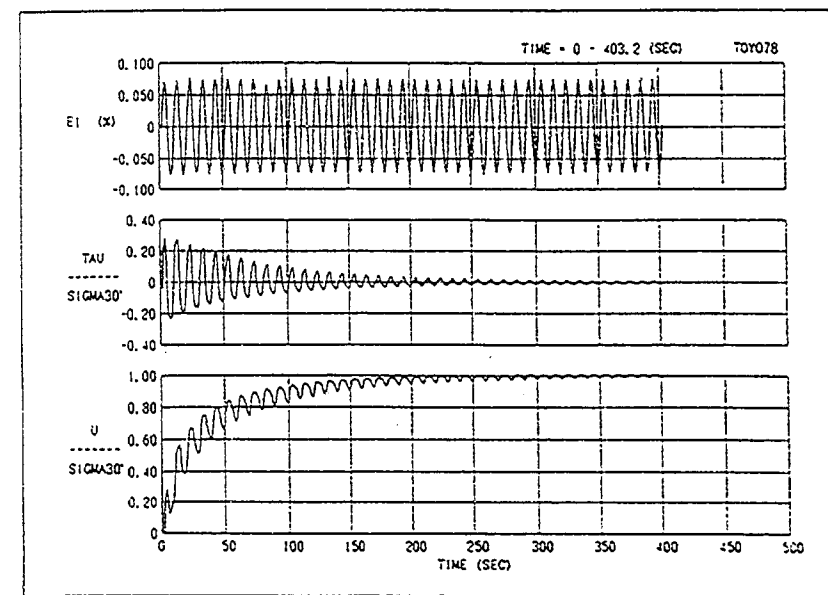
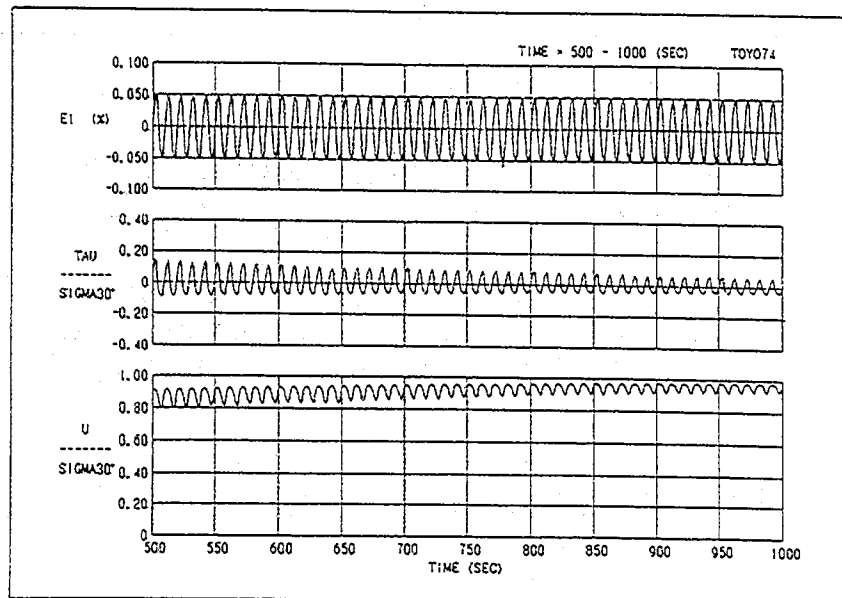
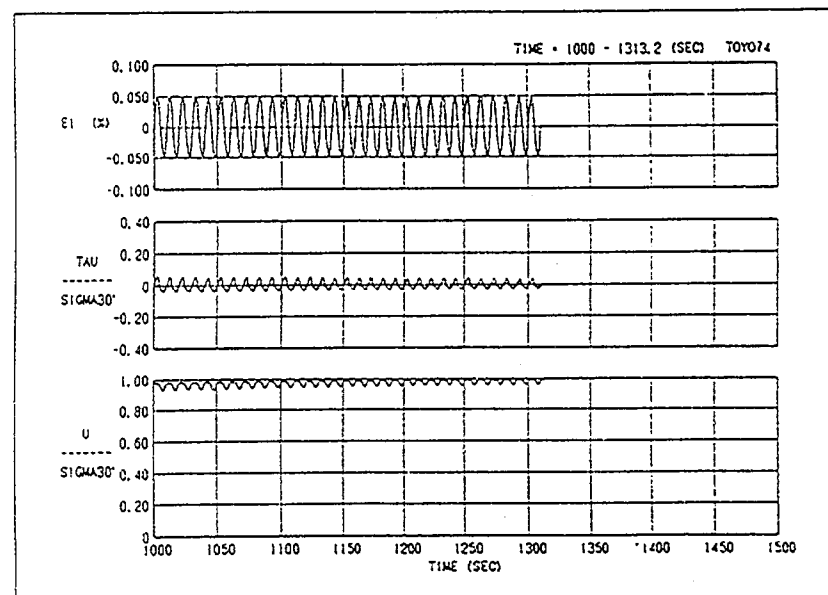


TOY070

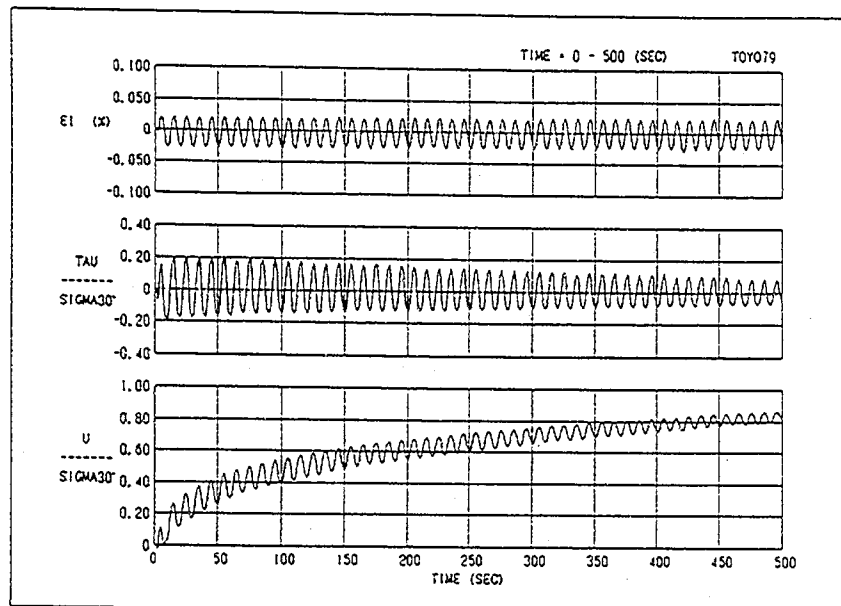




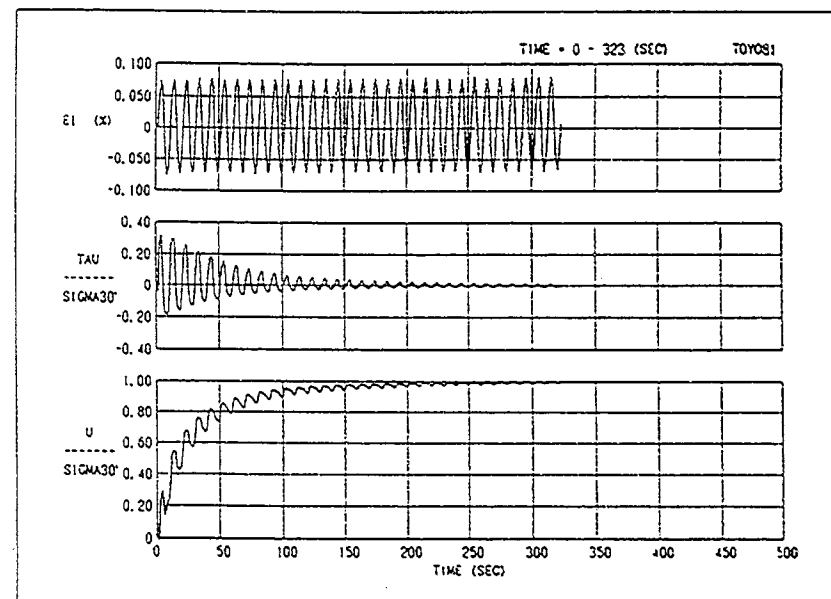
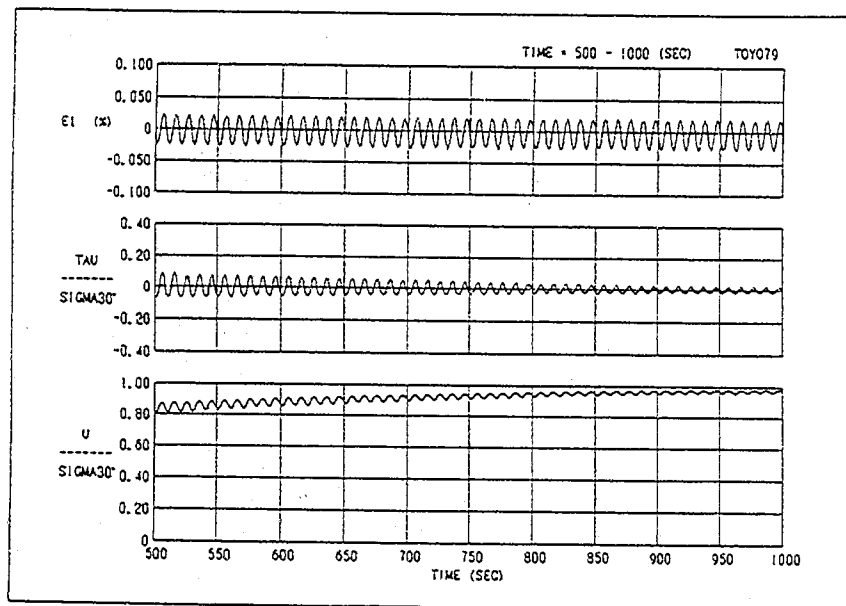
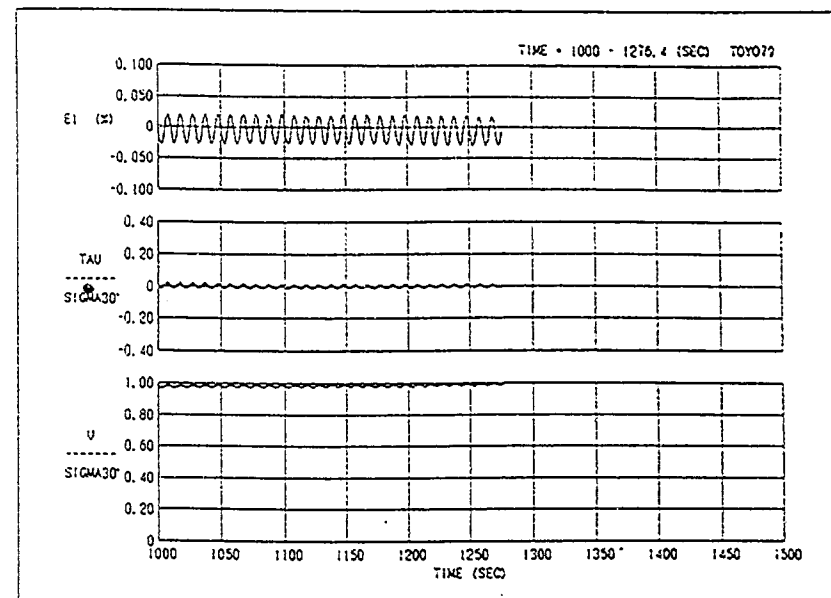
TOY074



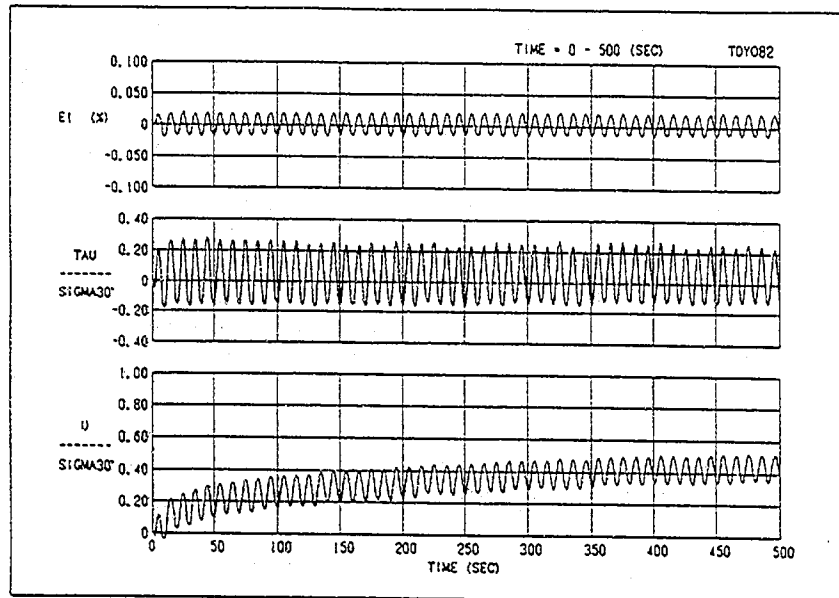
TOY078



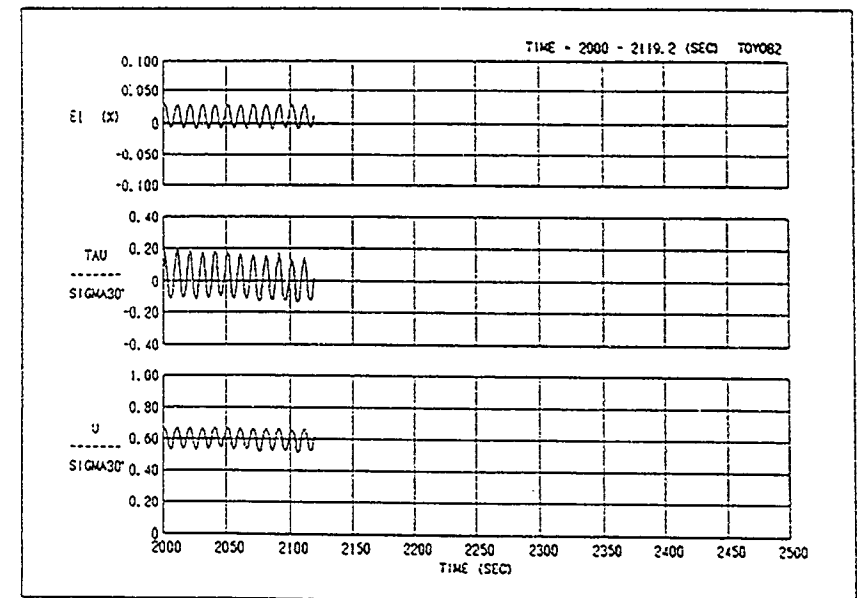
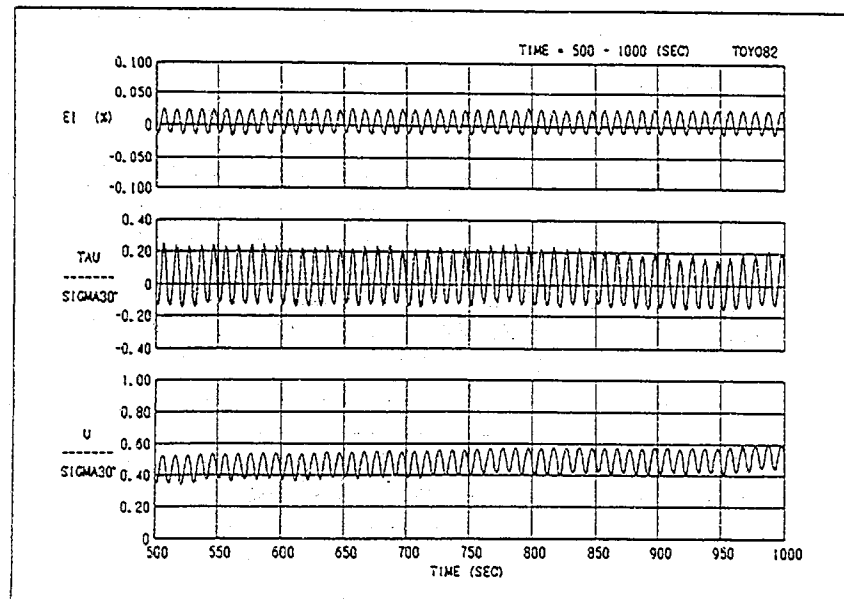
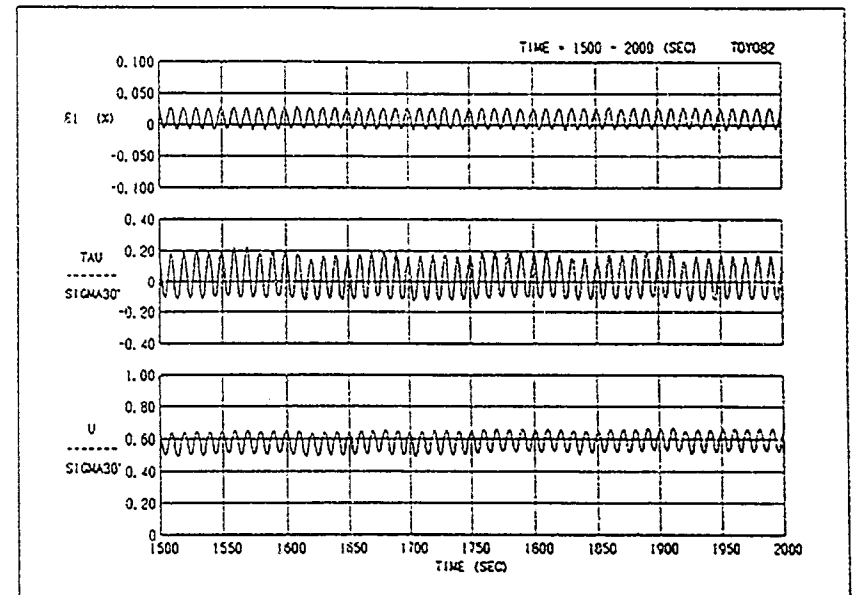
TOY079

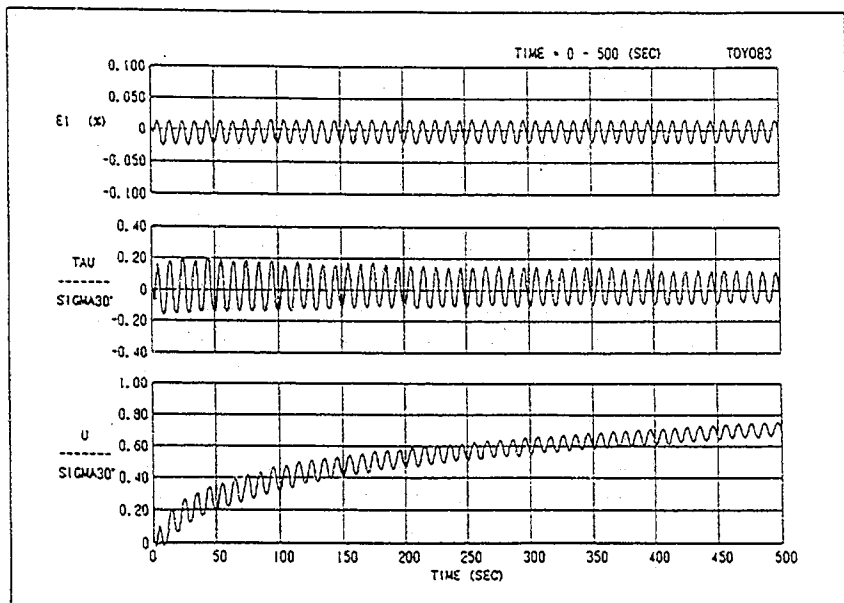


TOY081

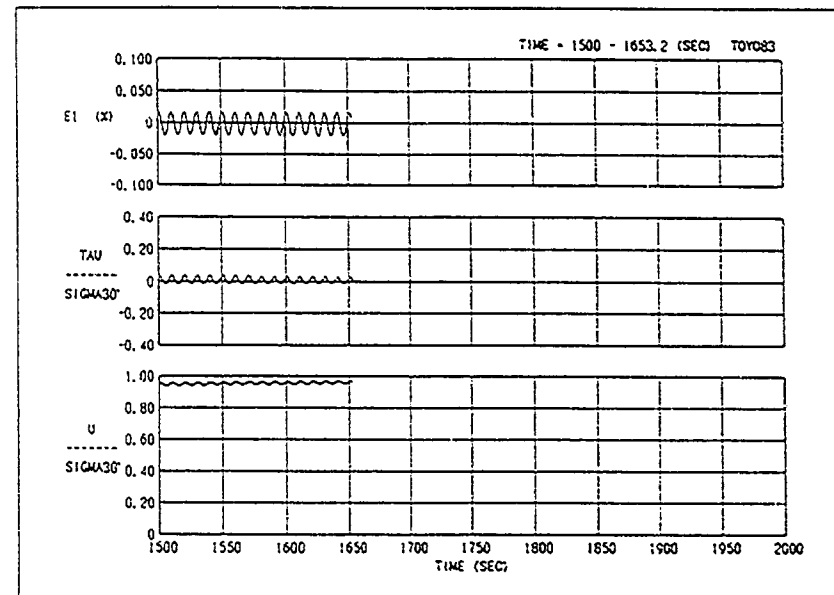
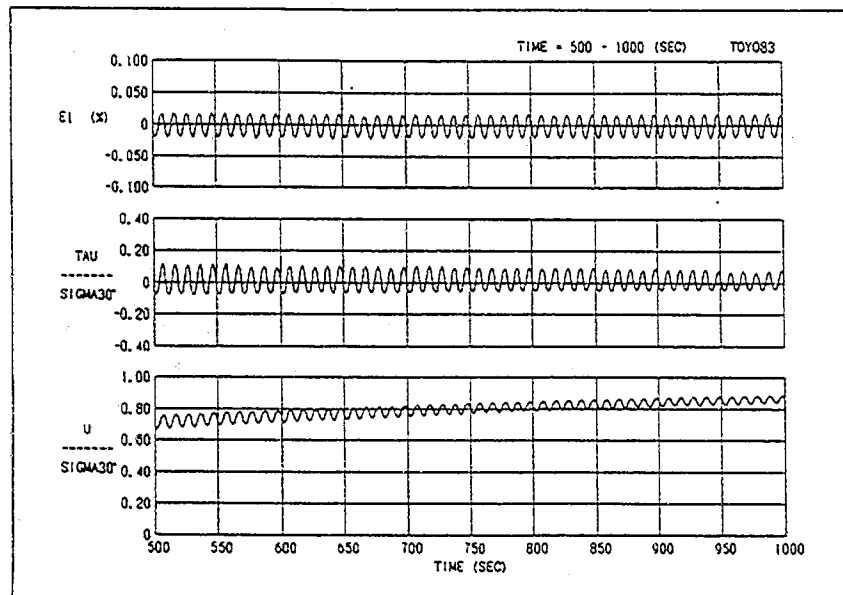
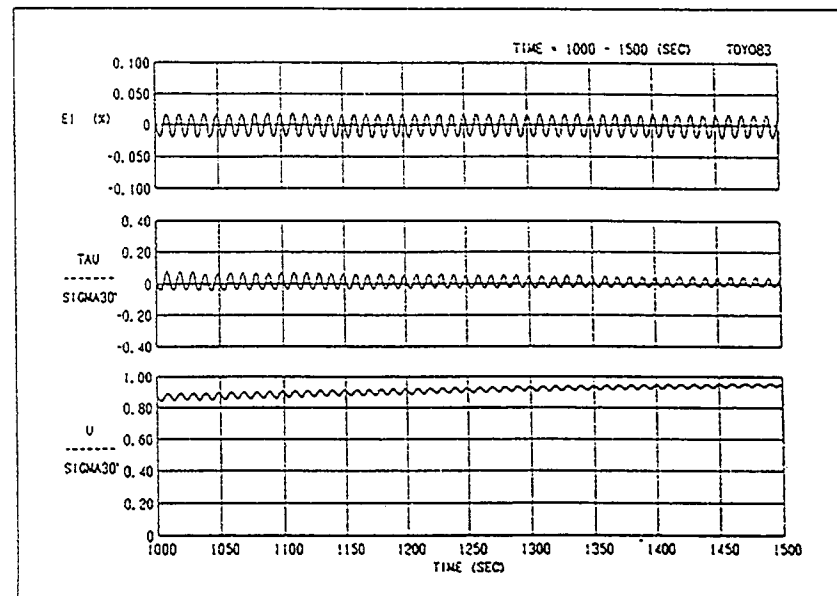


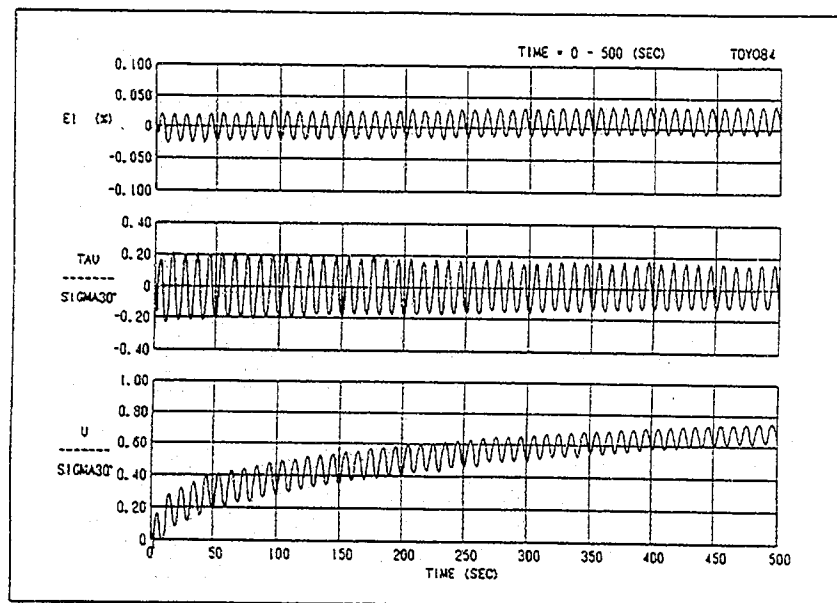
TOY082



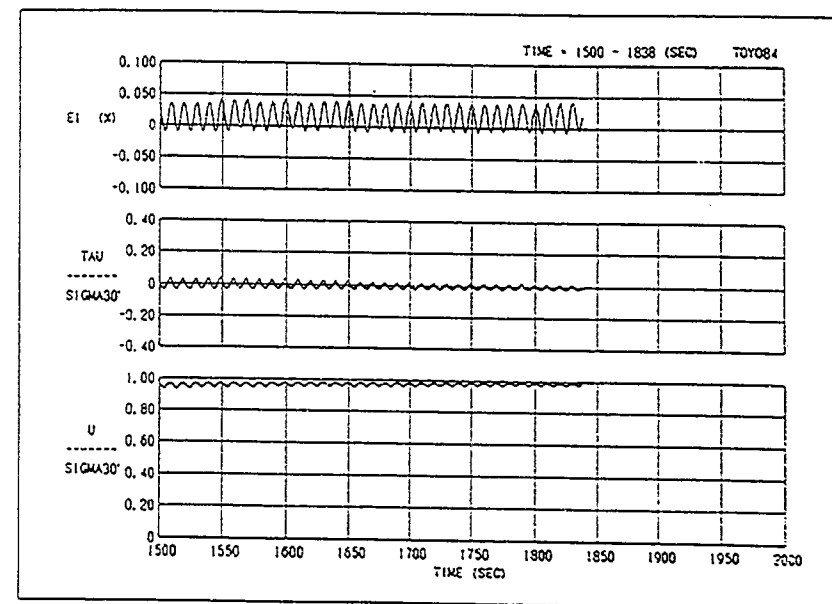
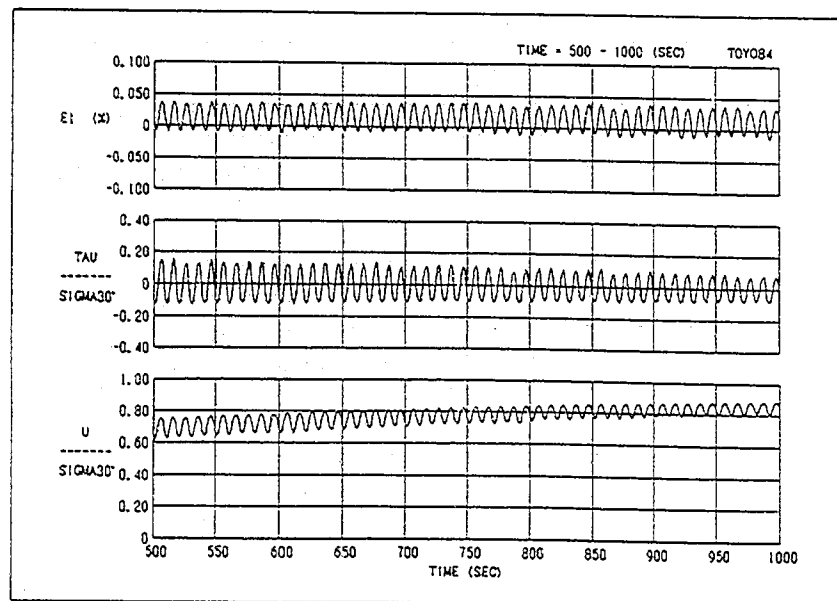
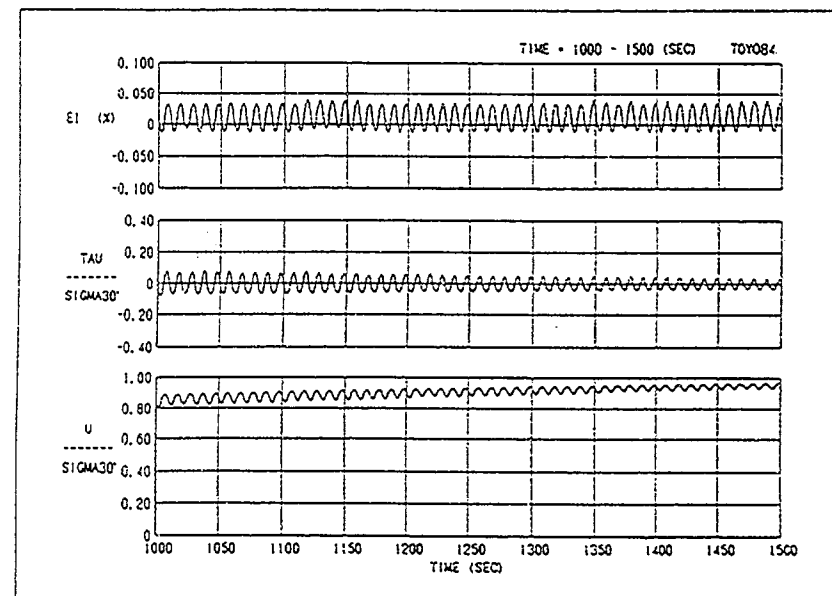


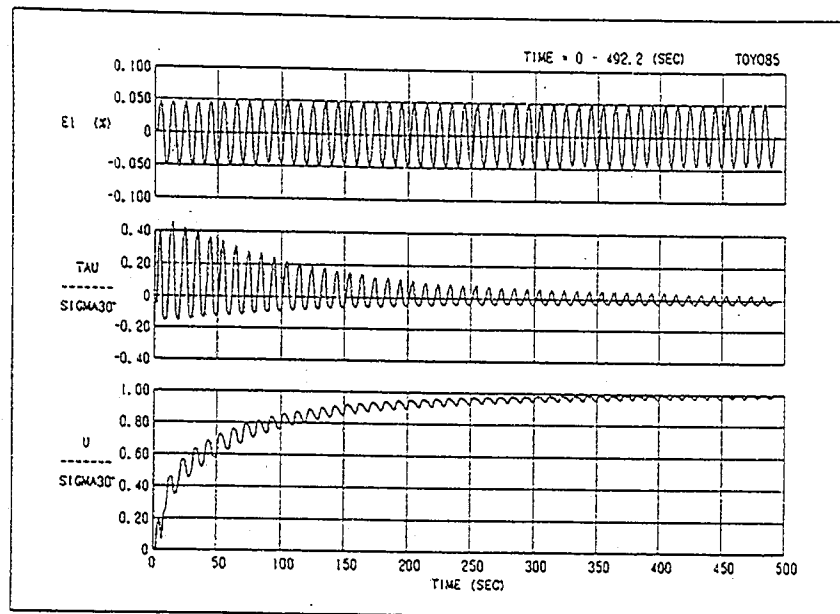
TOY083



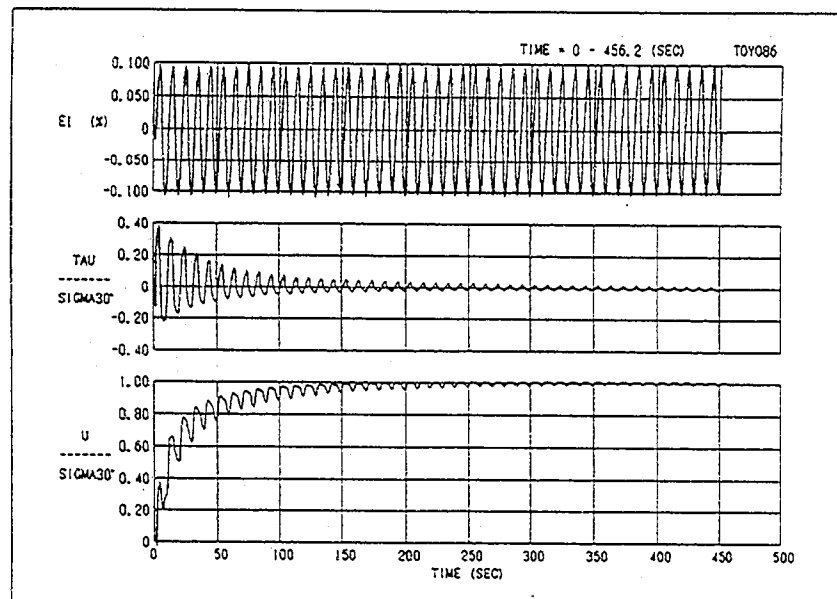


TOY084

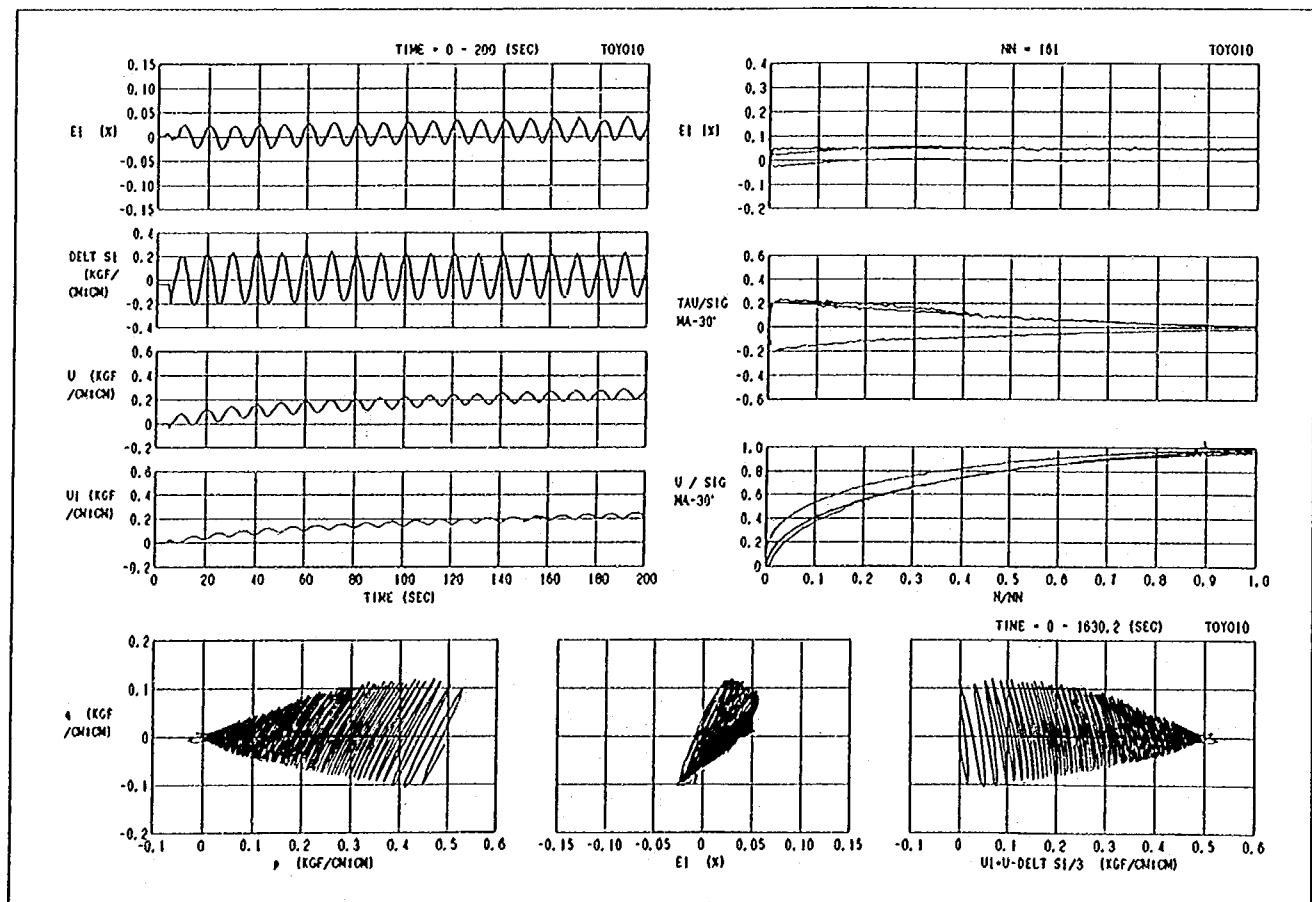
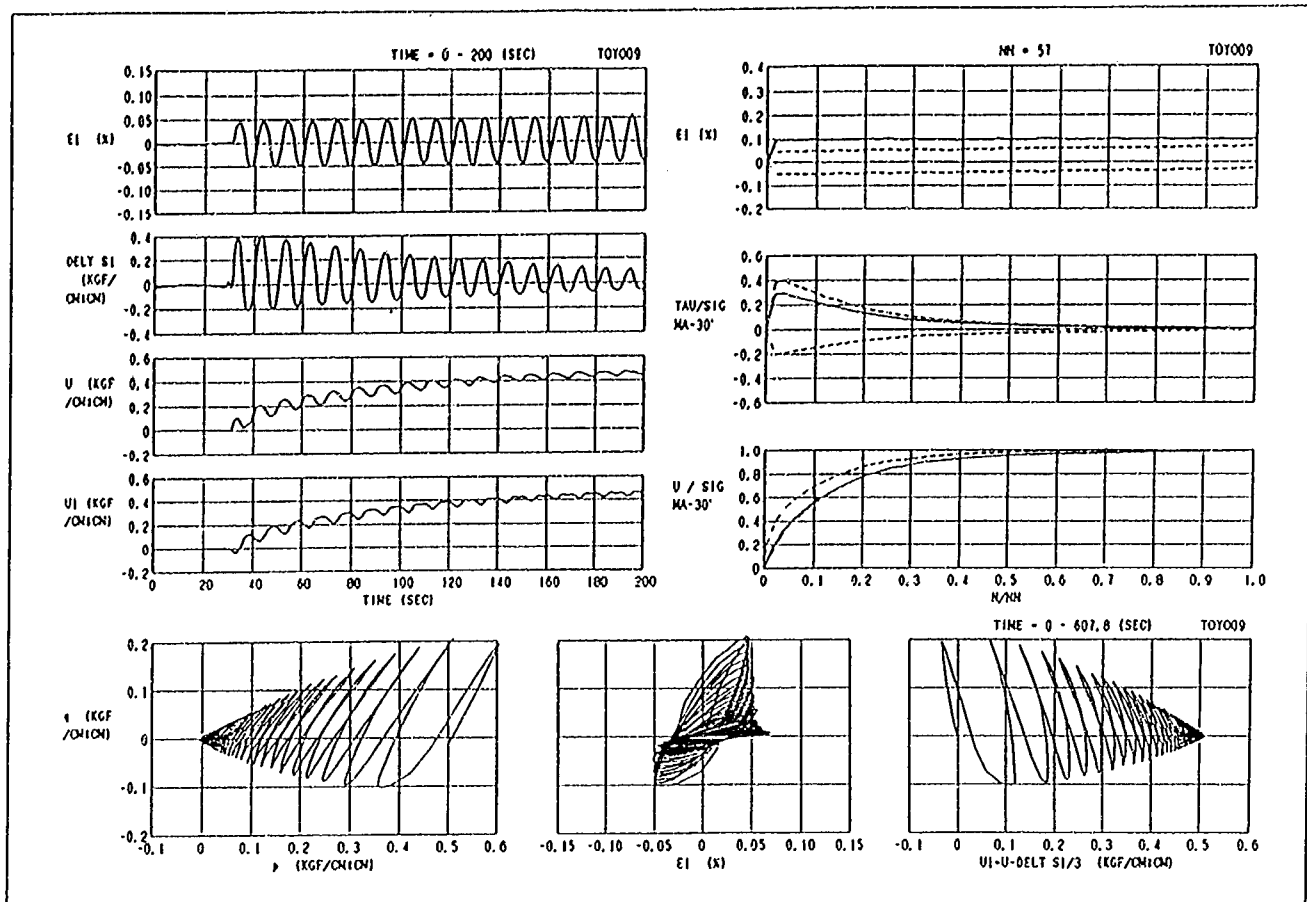


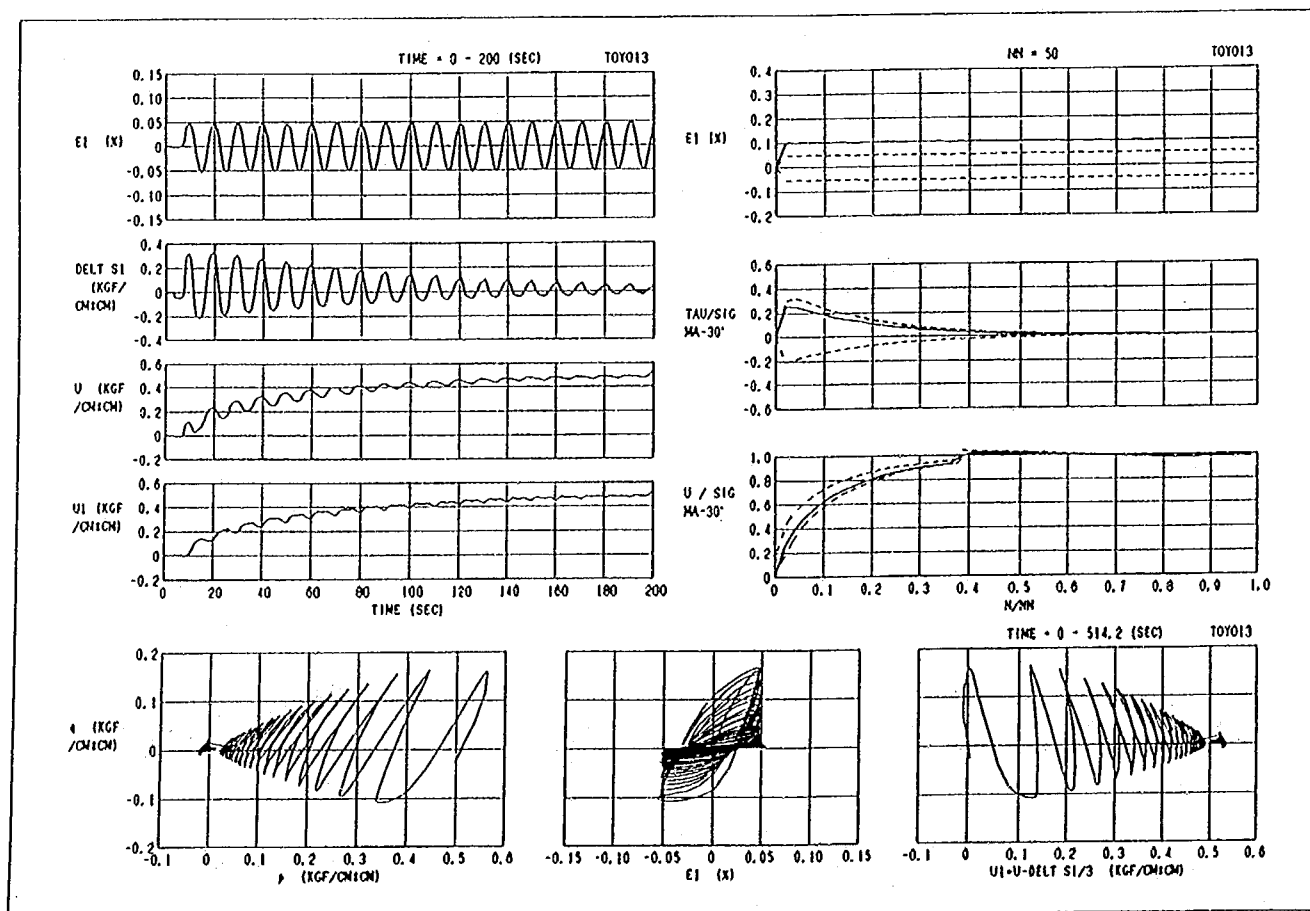
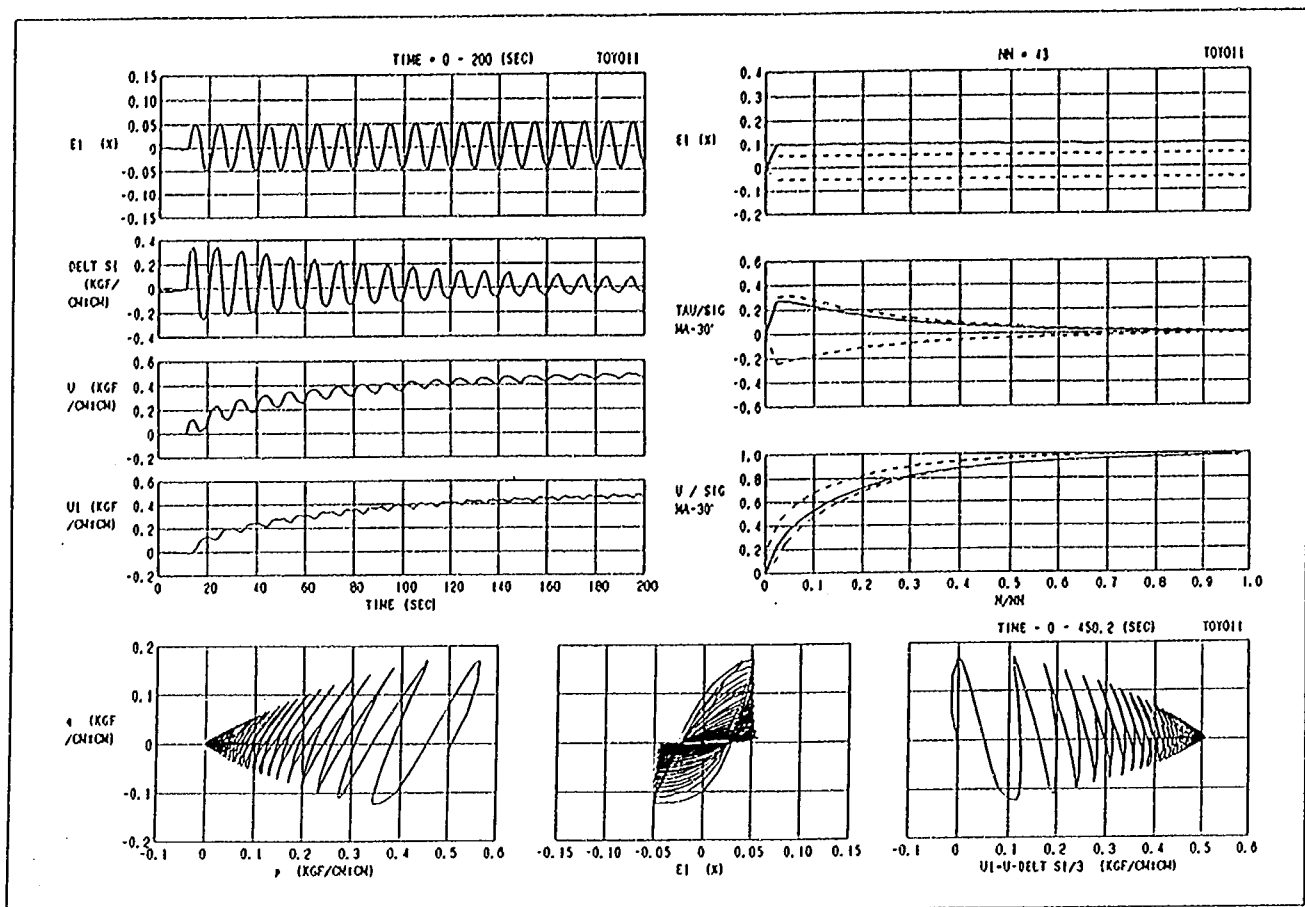


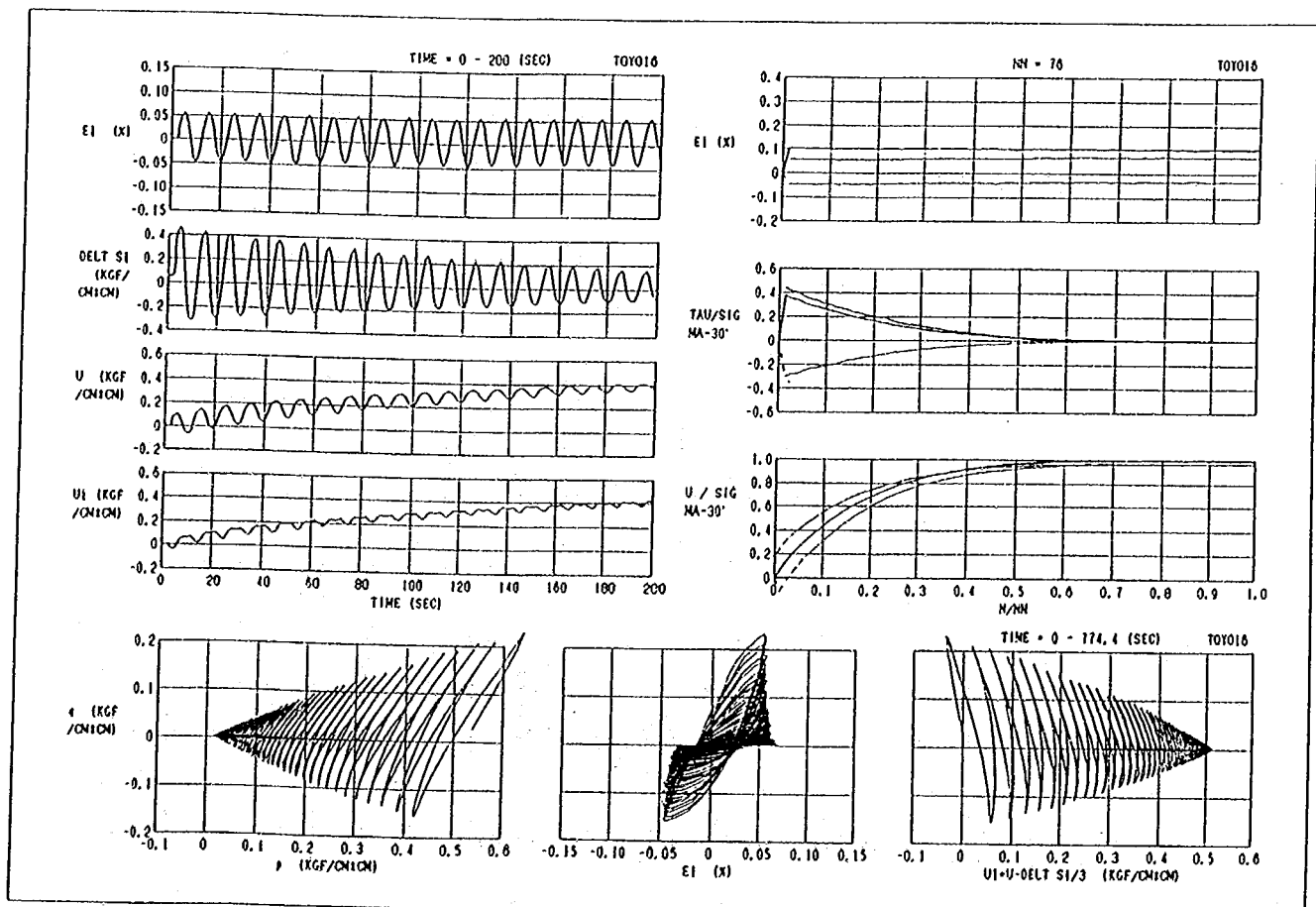
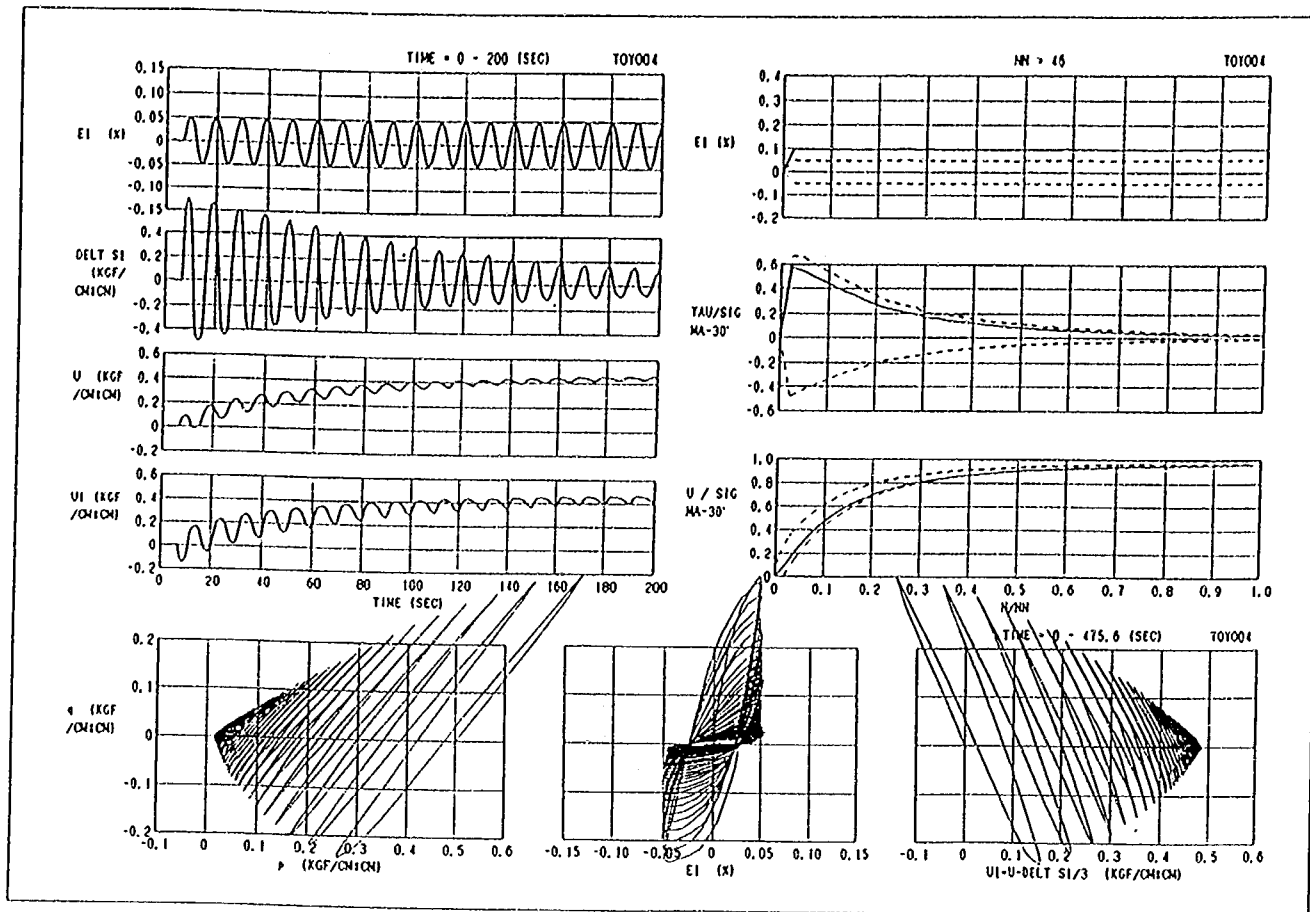
TOY085

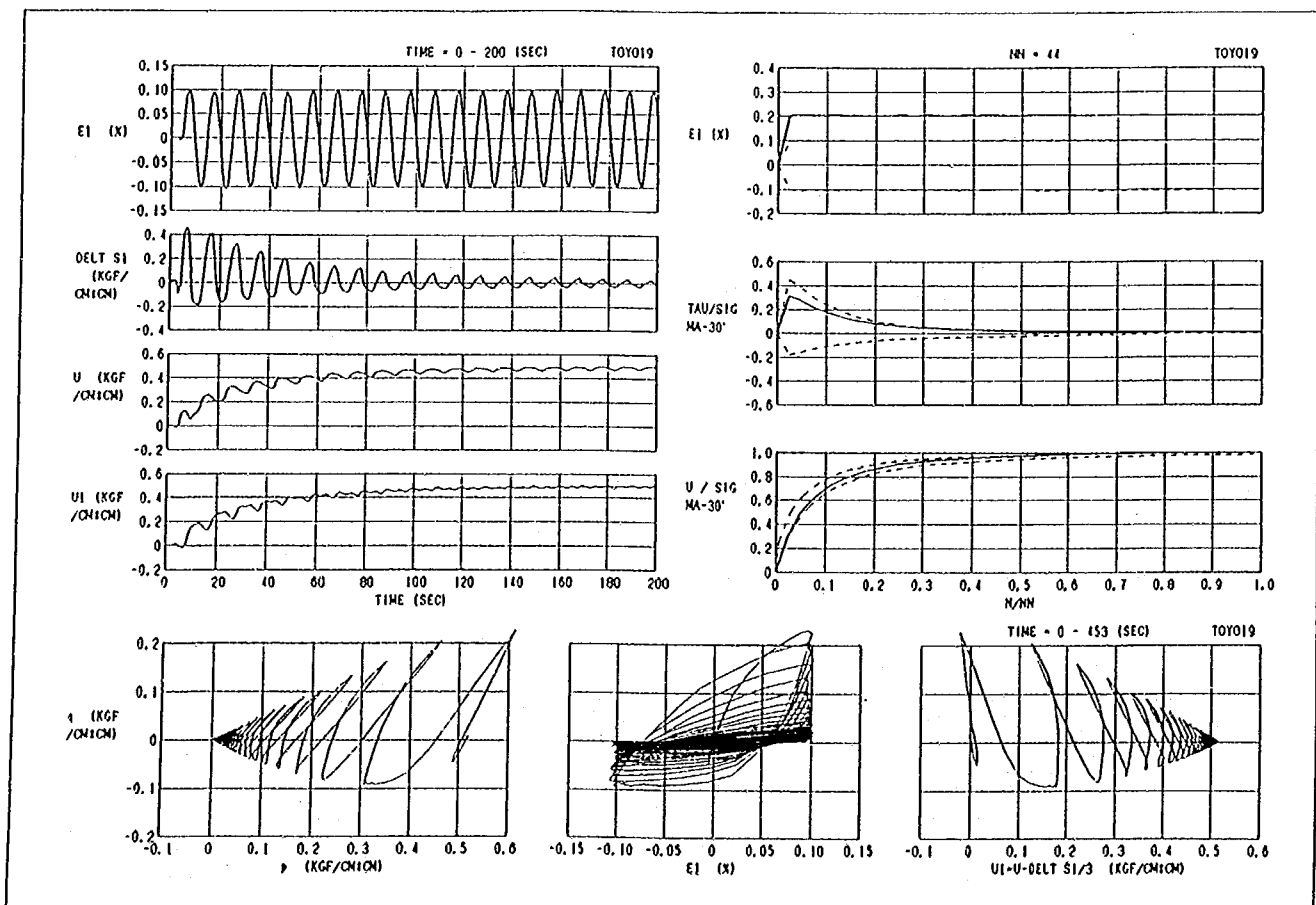
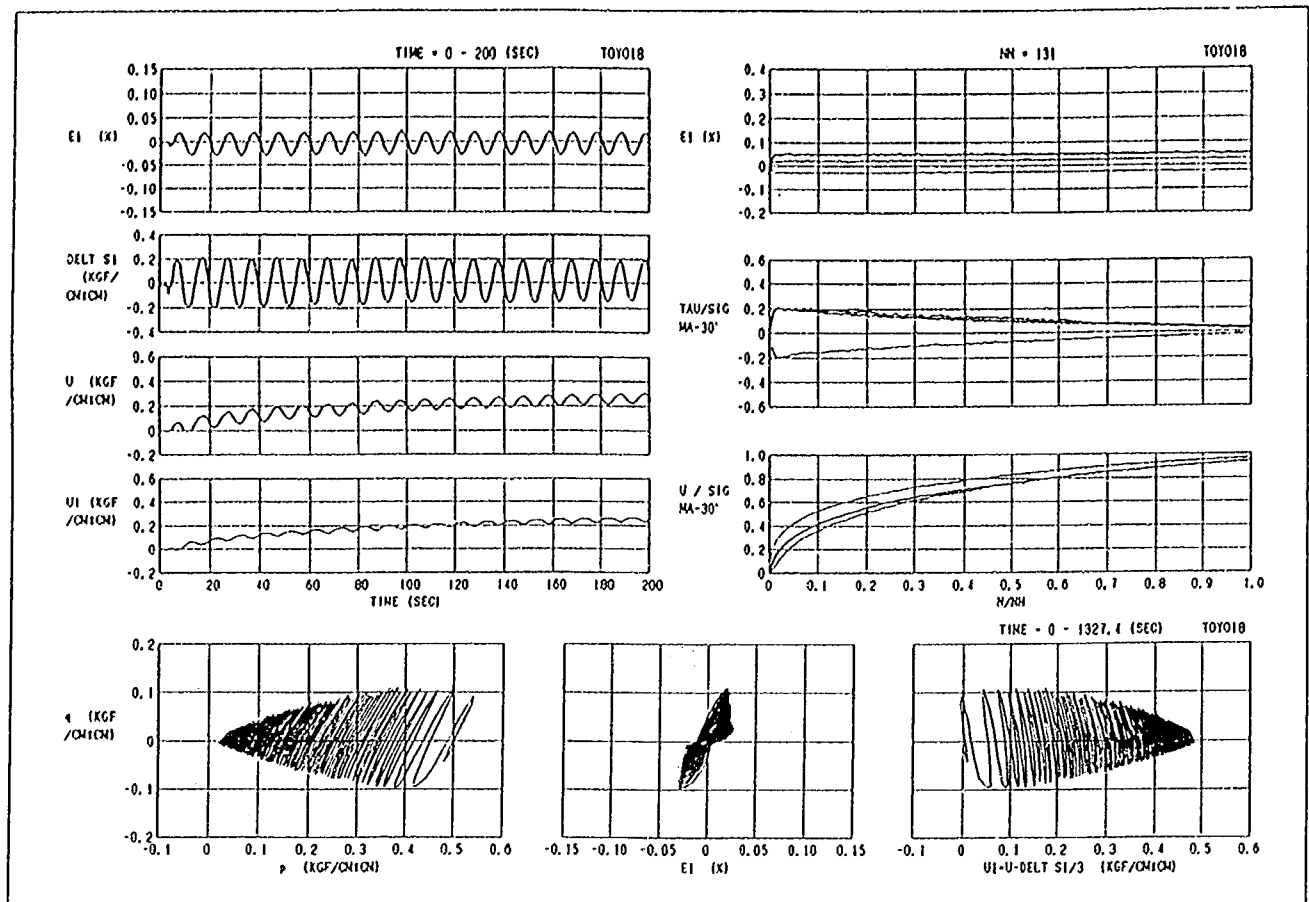


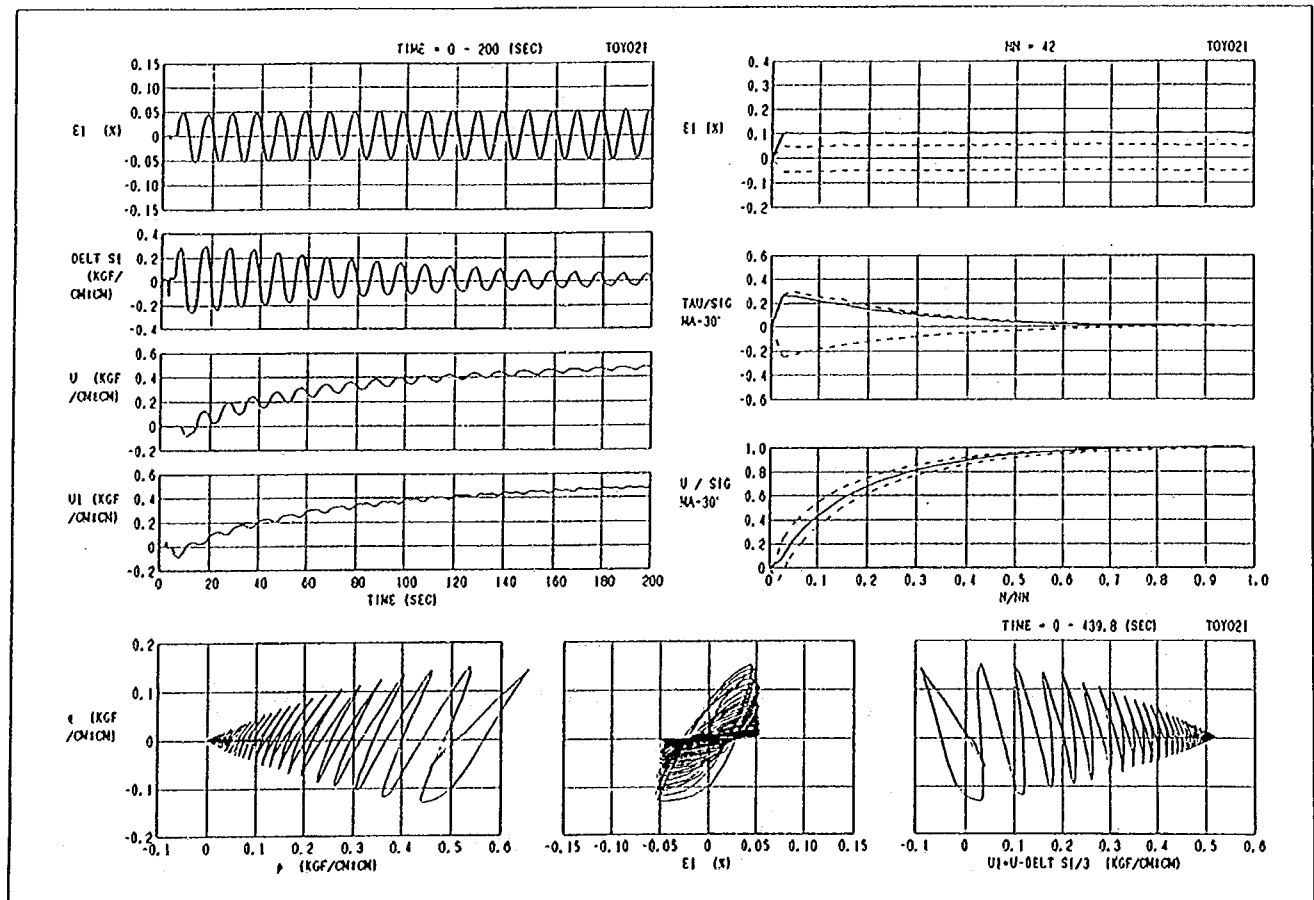
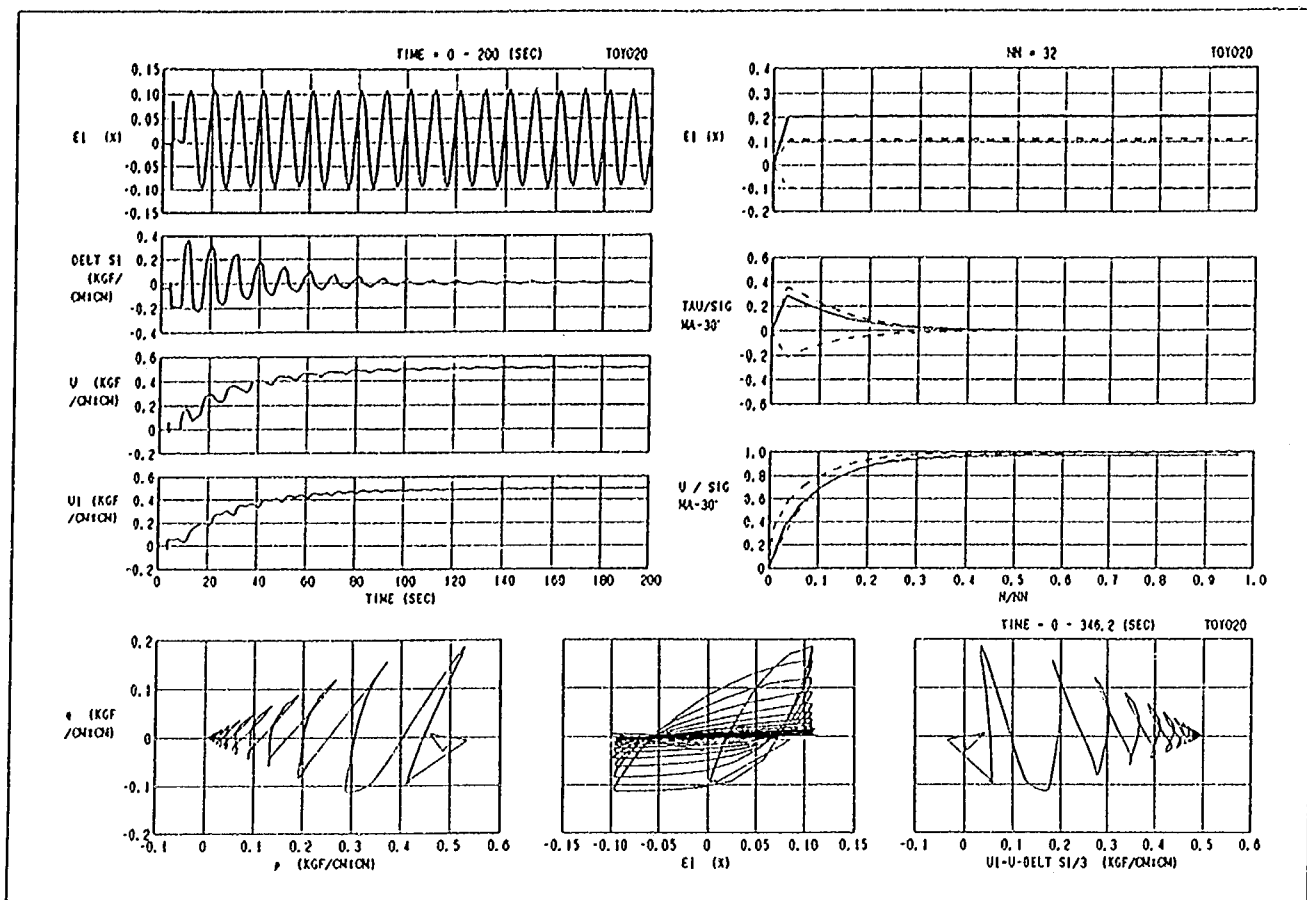
TOY086

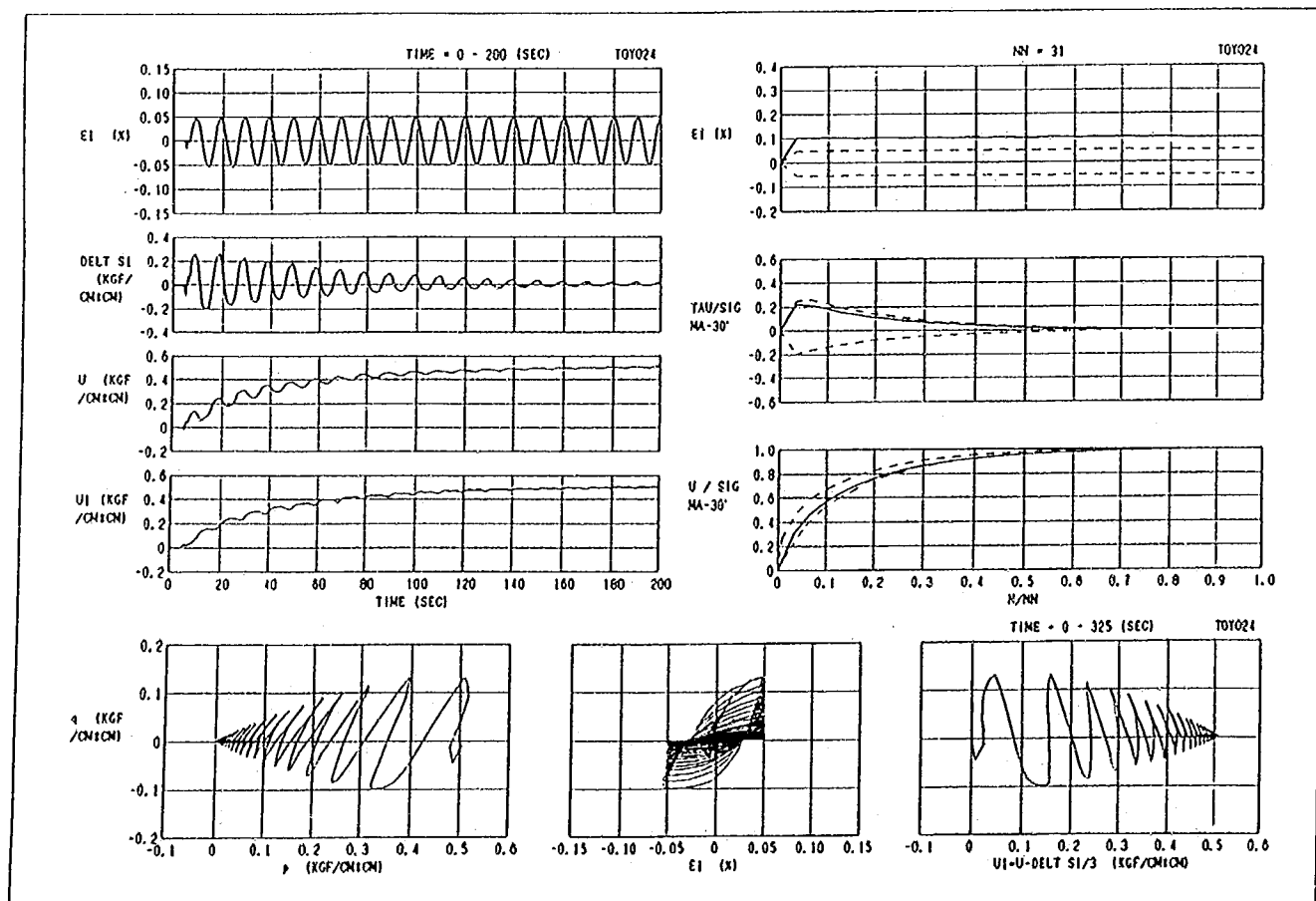
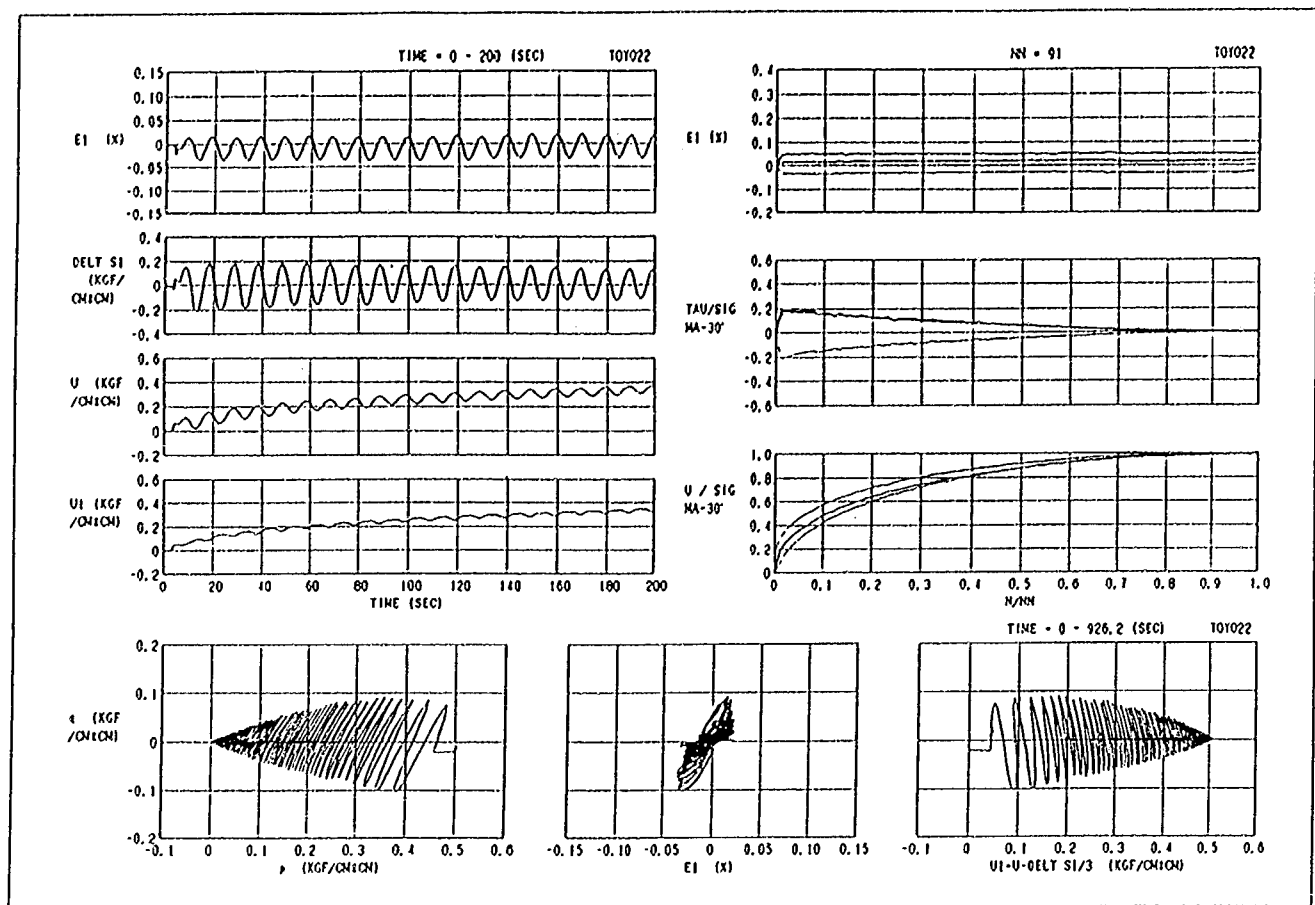


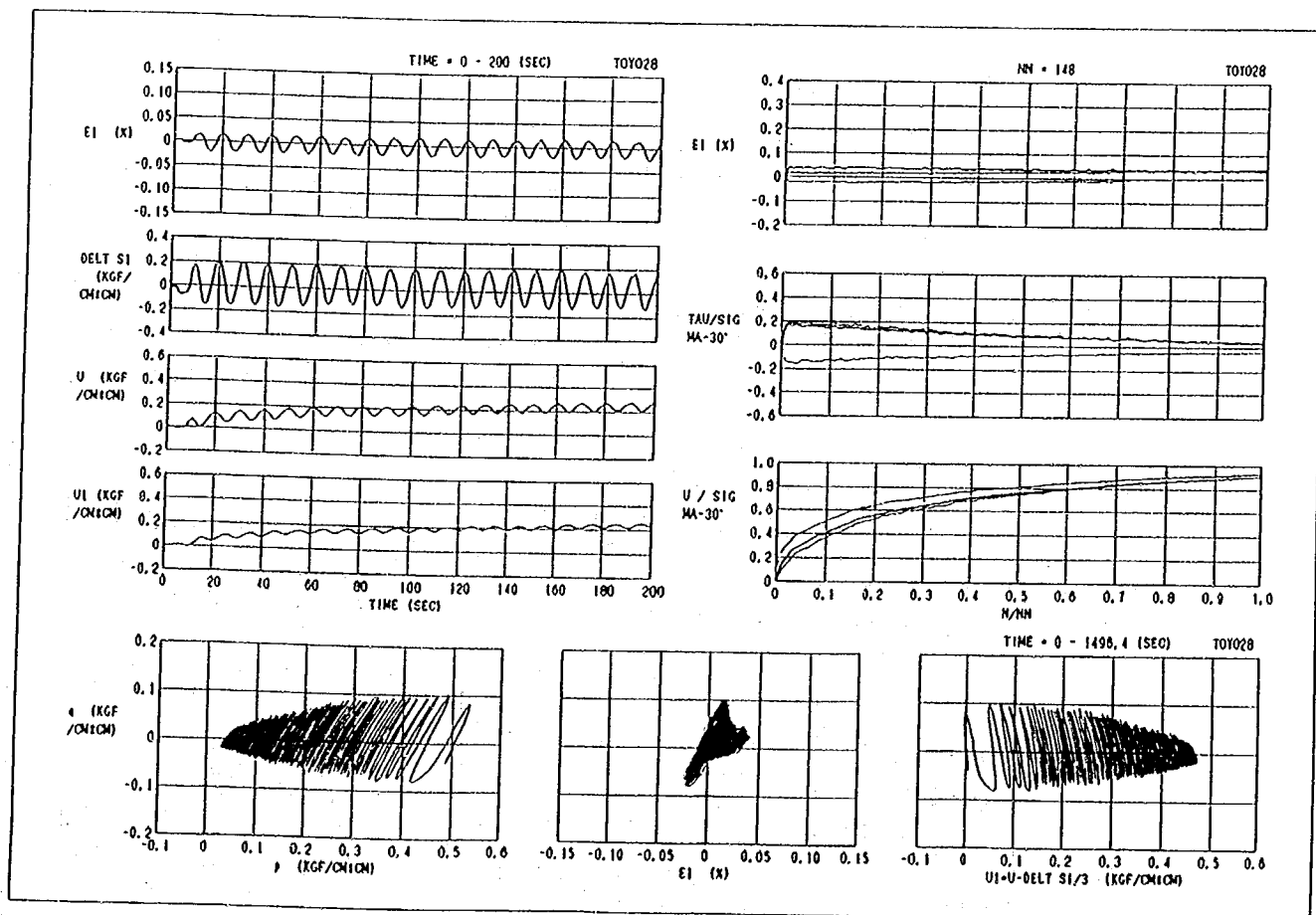
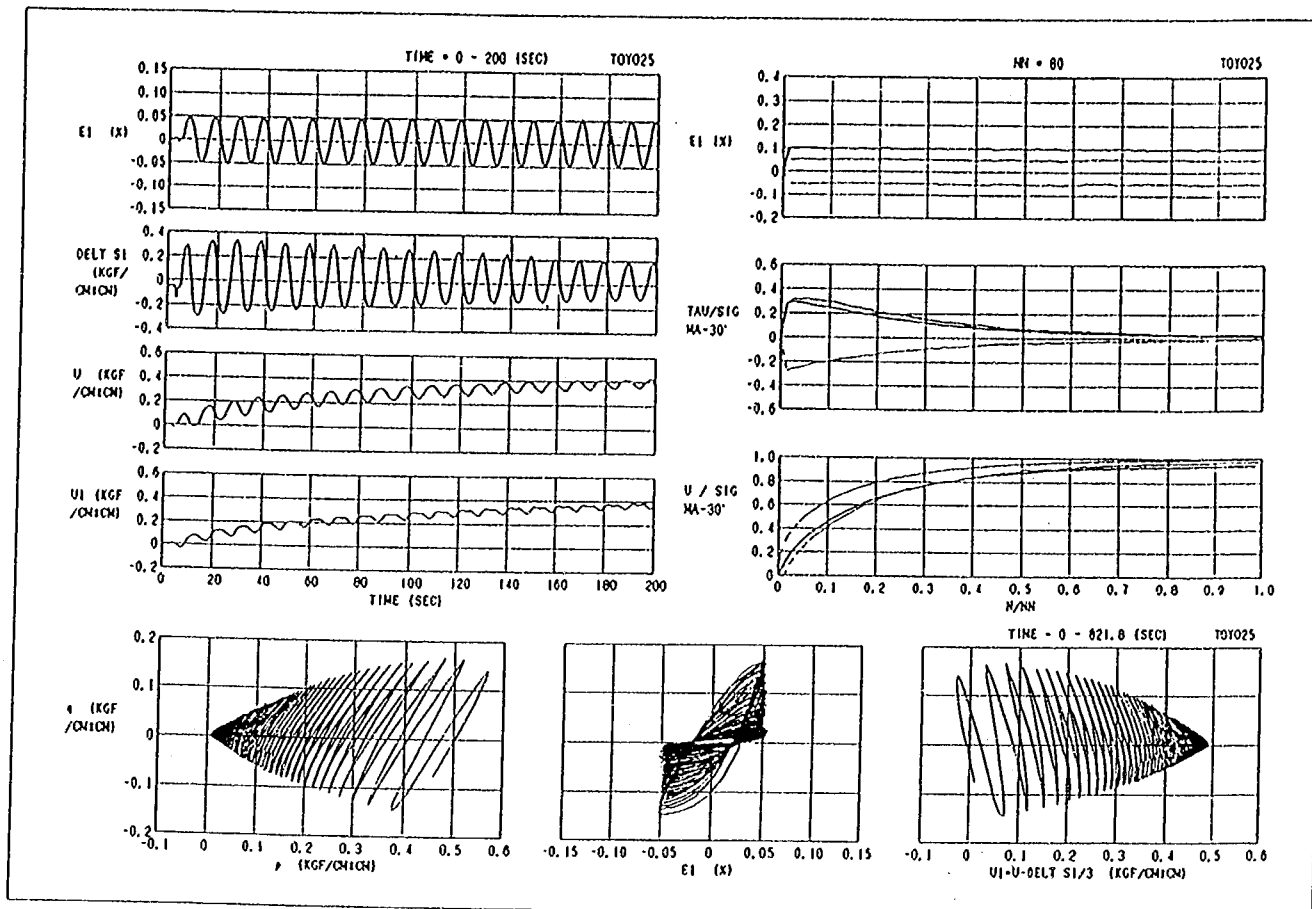


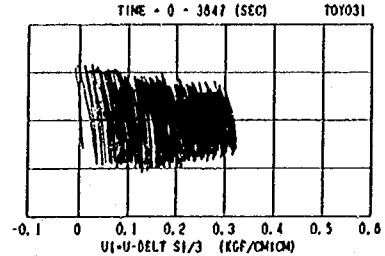
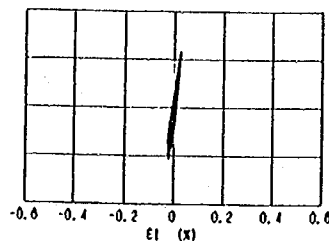
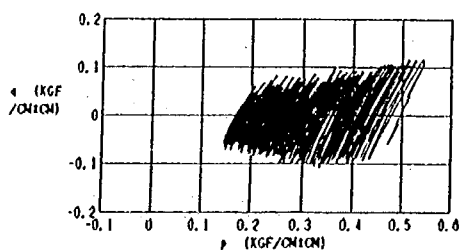
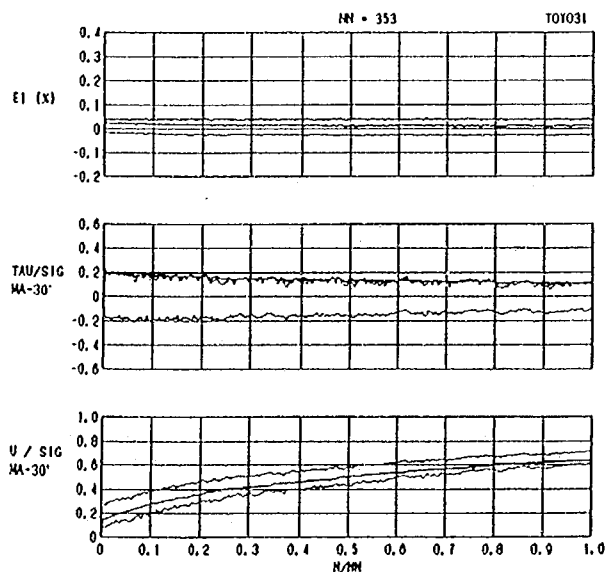
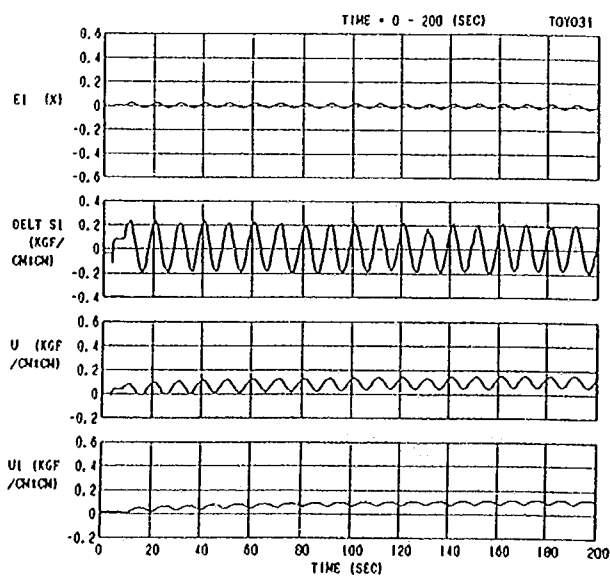
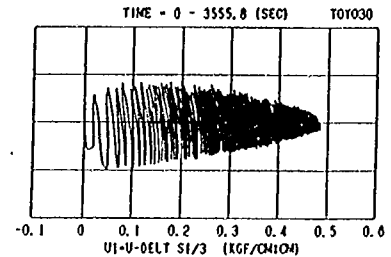
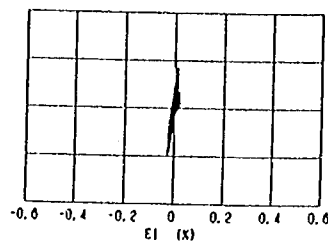
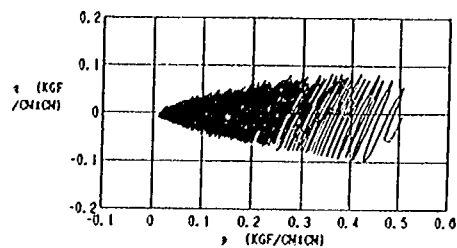
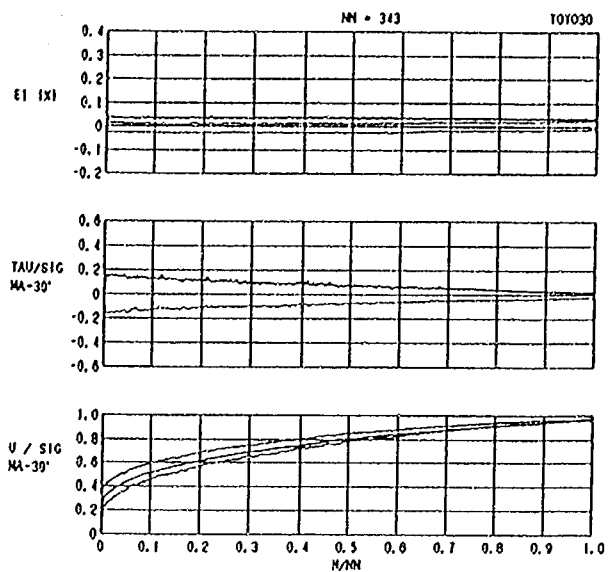
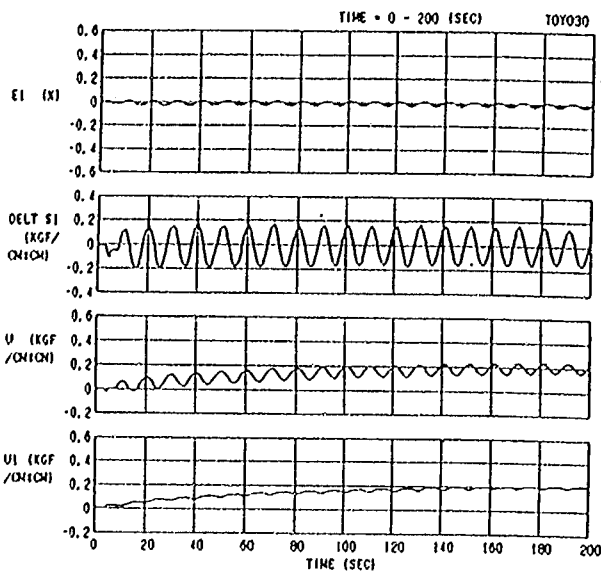


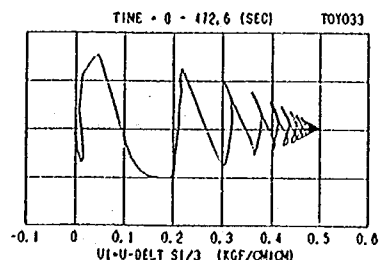
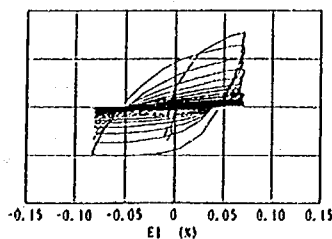
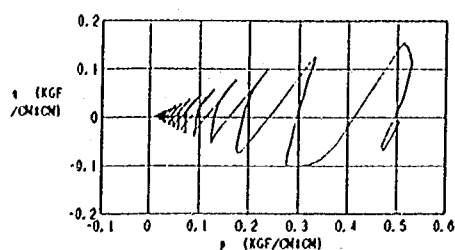
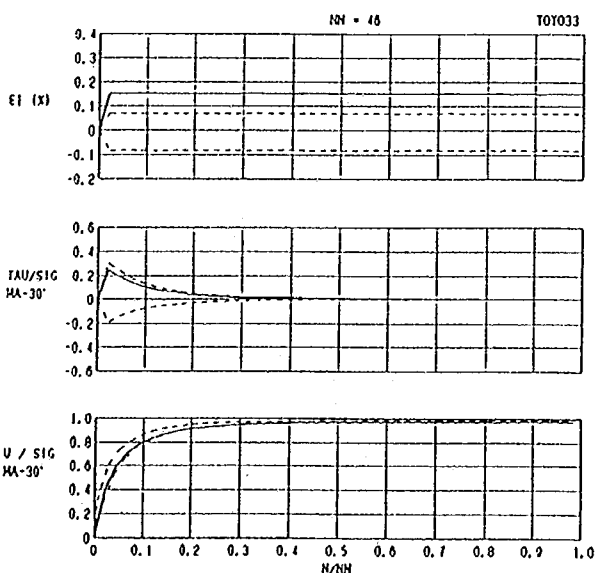
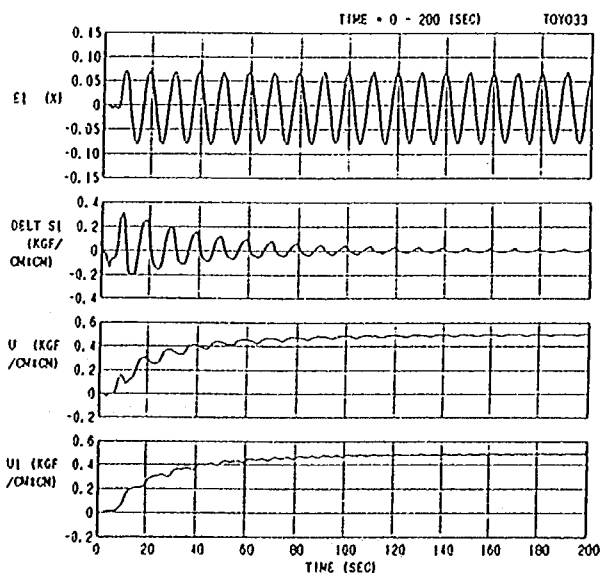
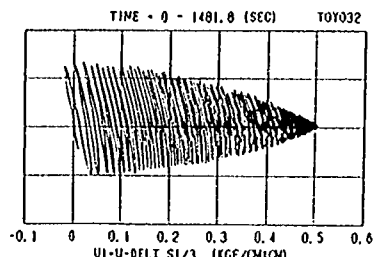
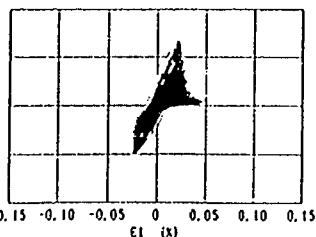
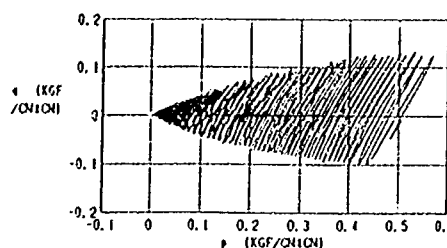
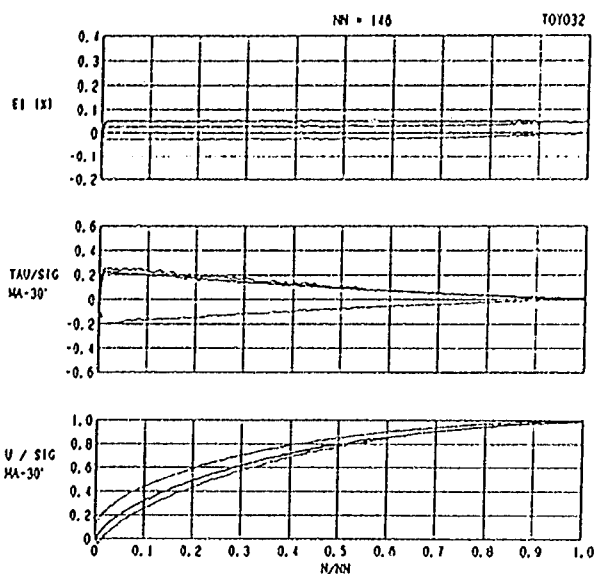
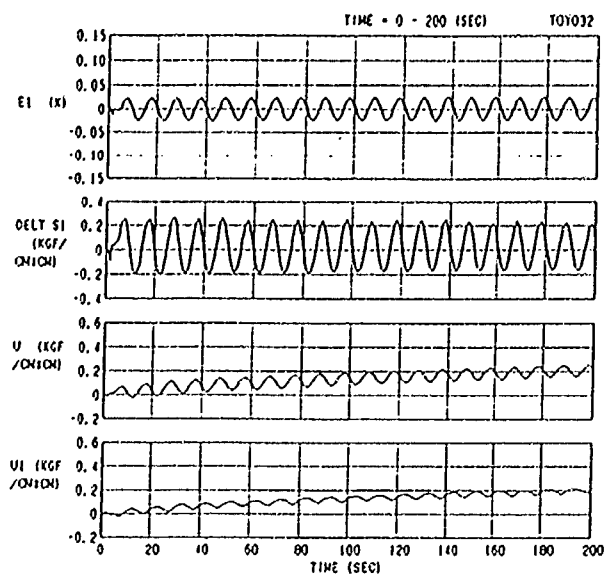


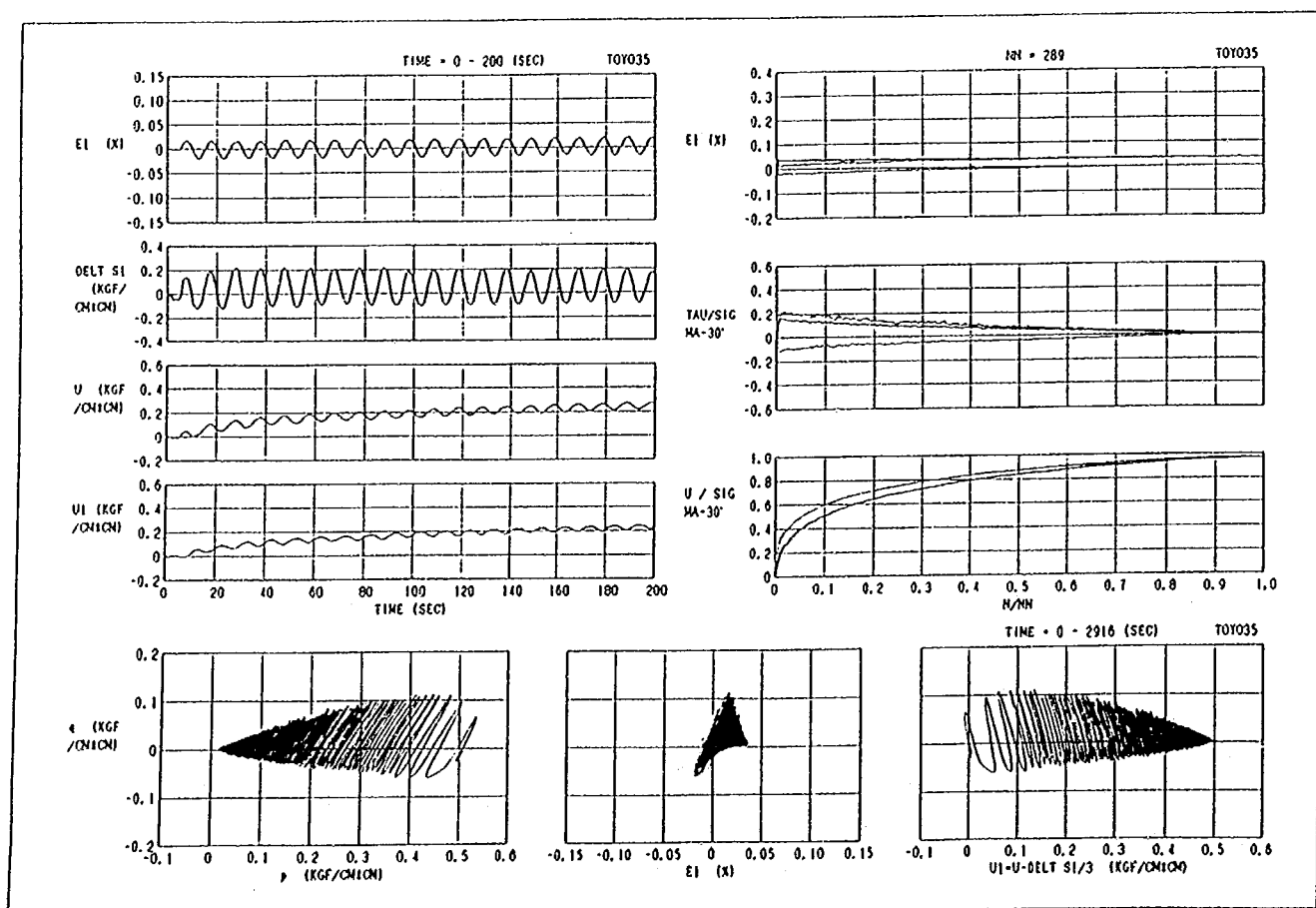
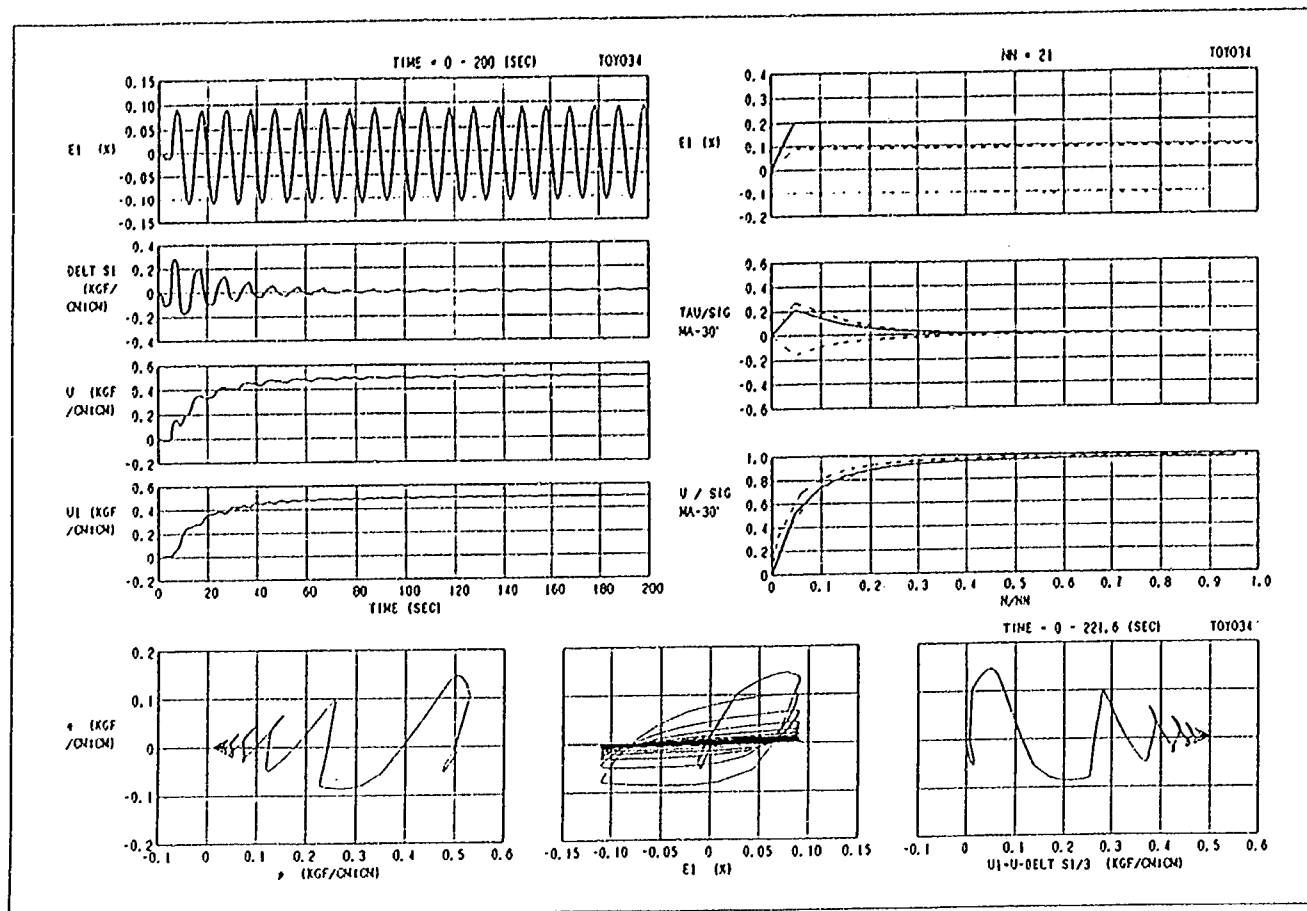


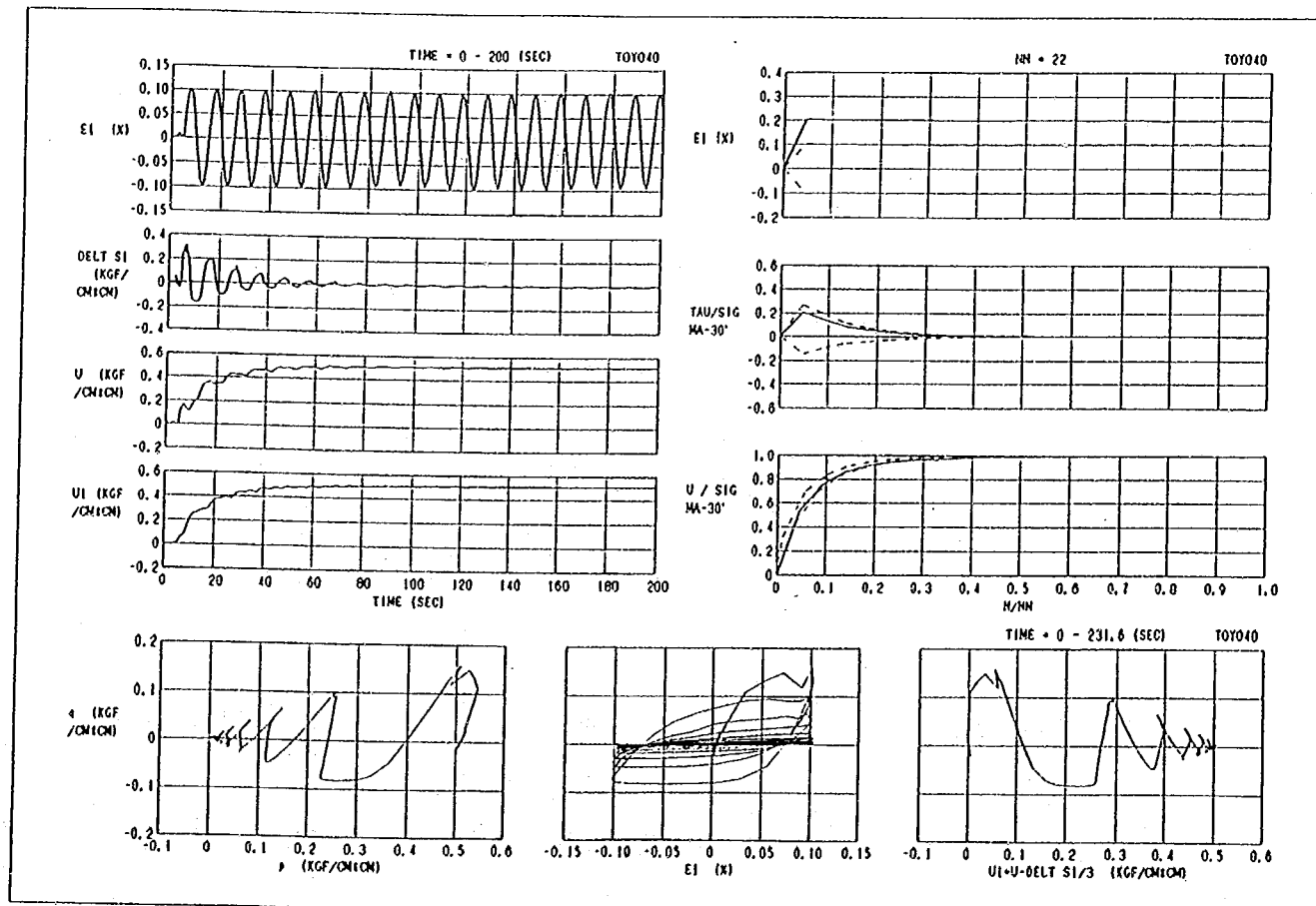
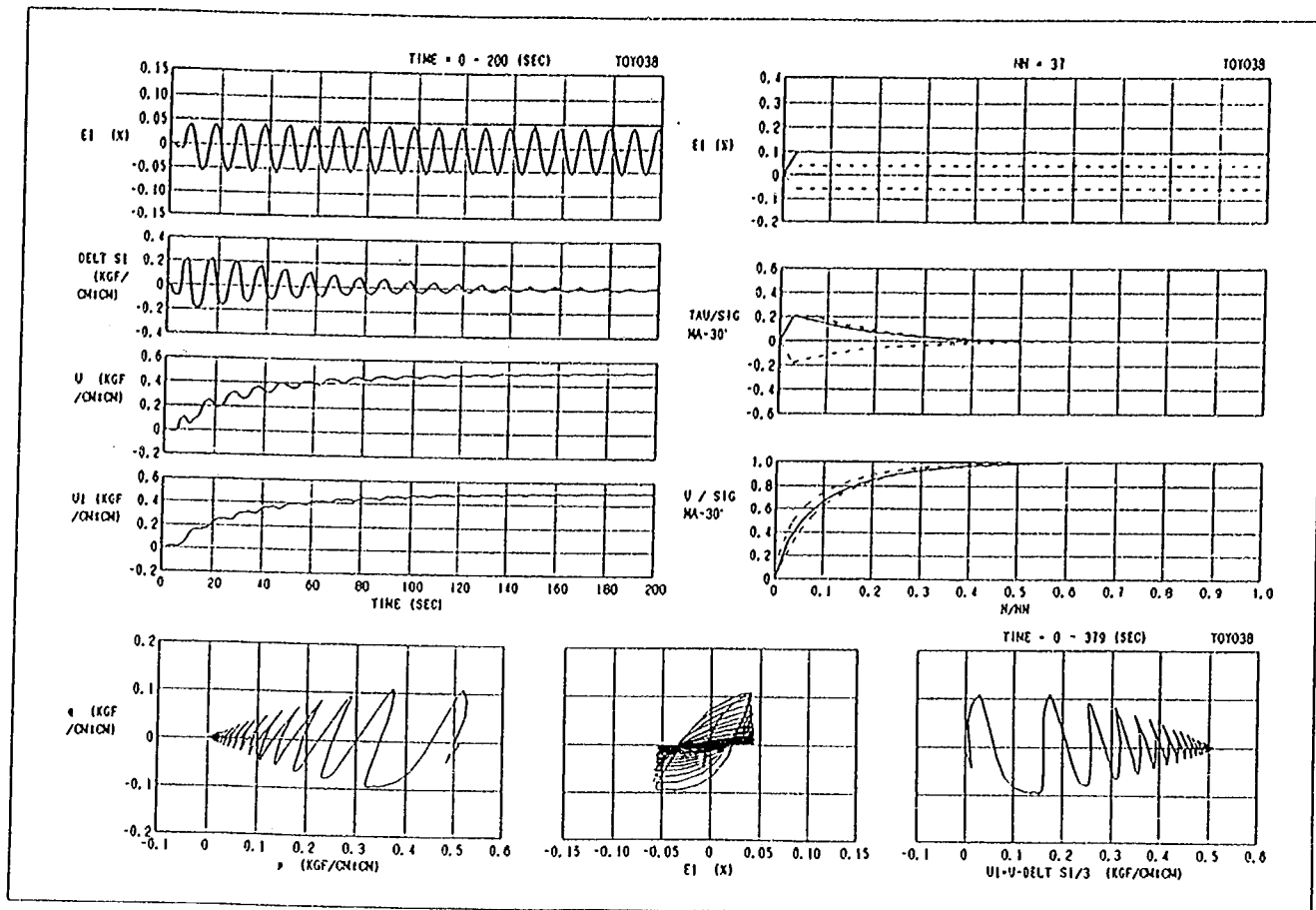


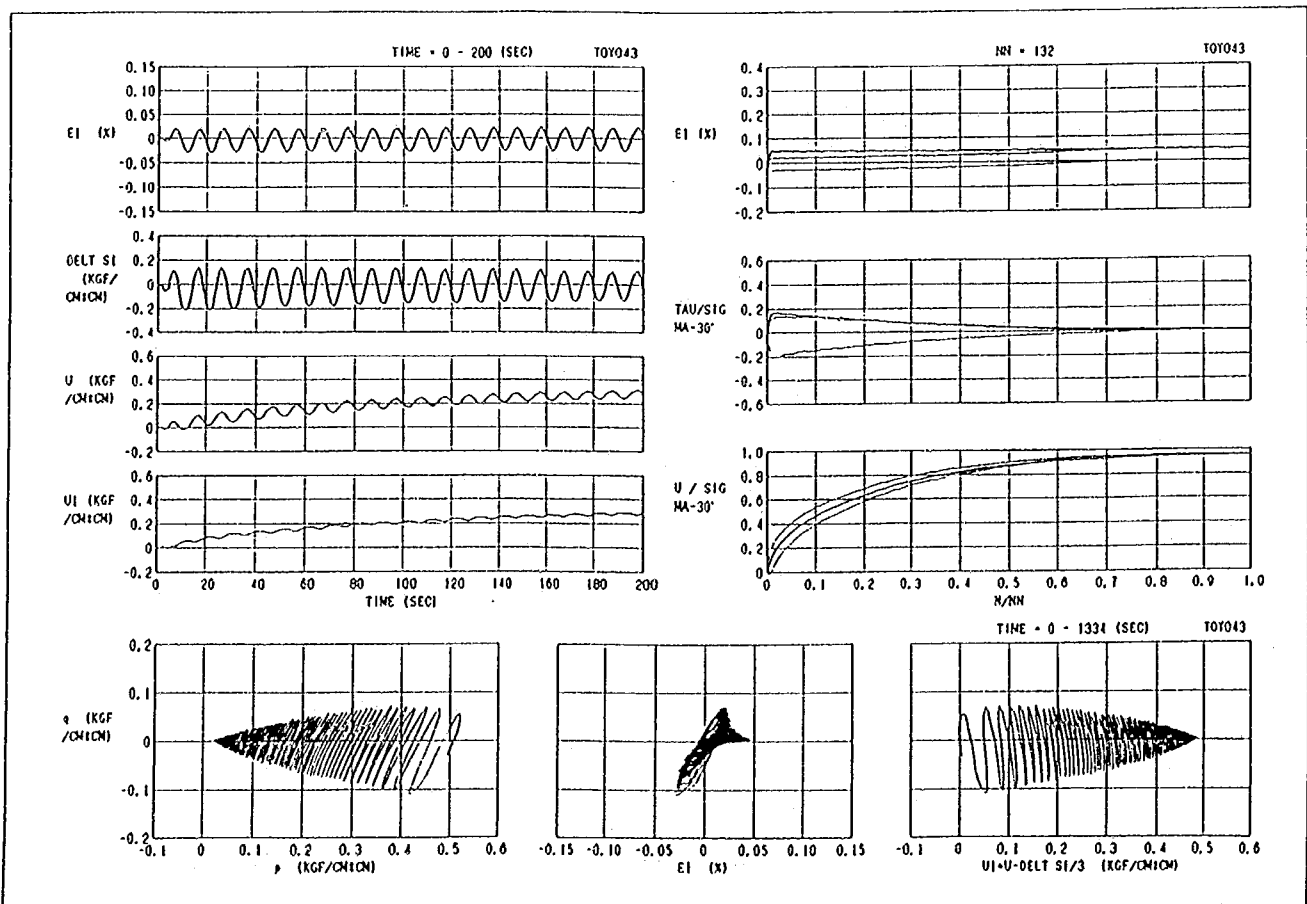
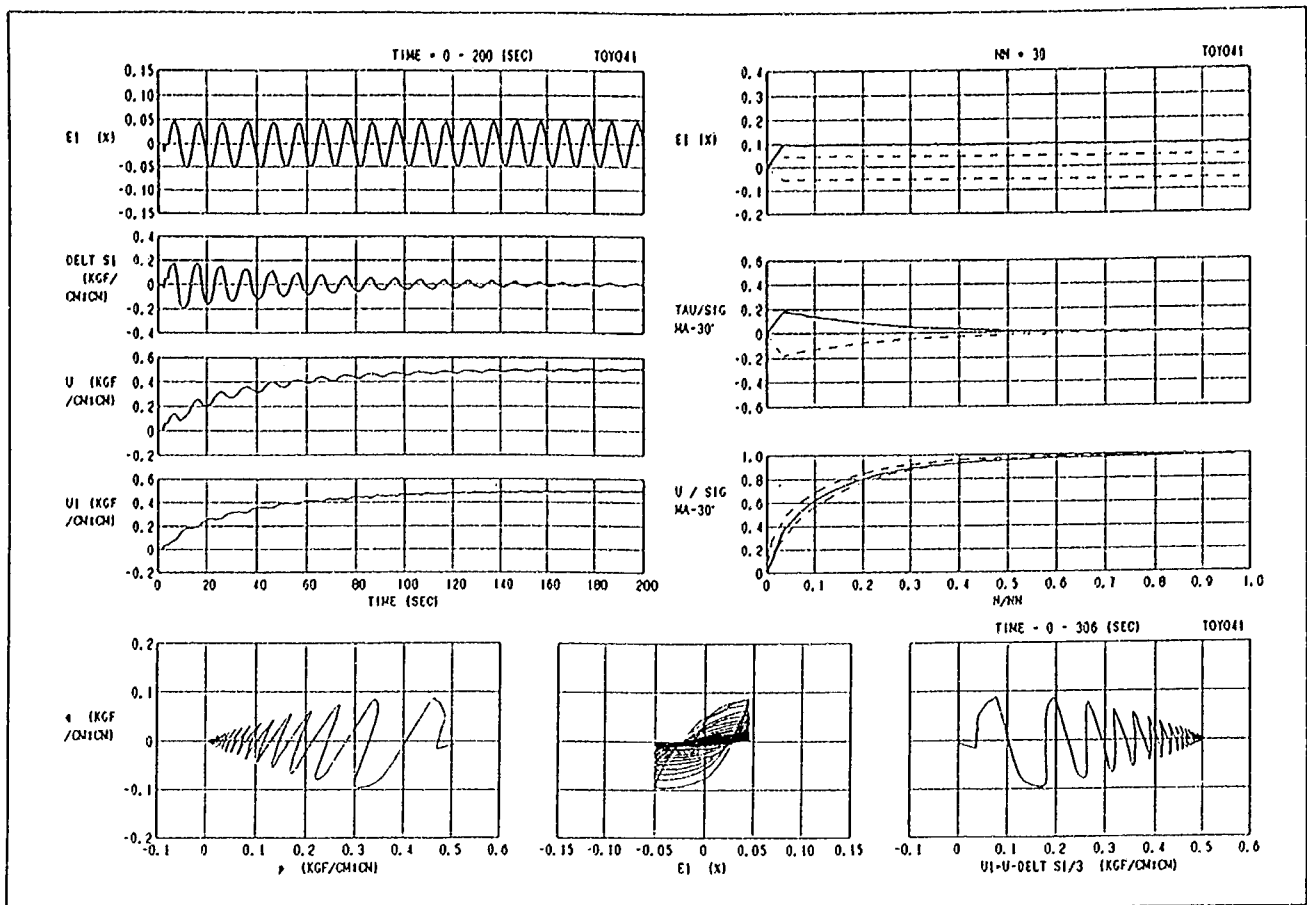


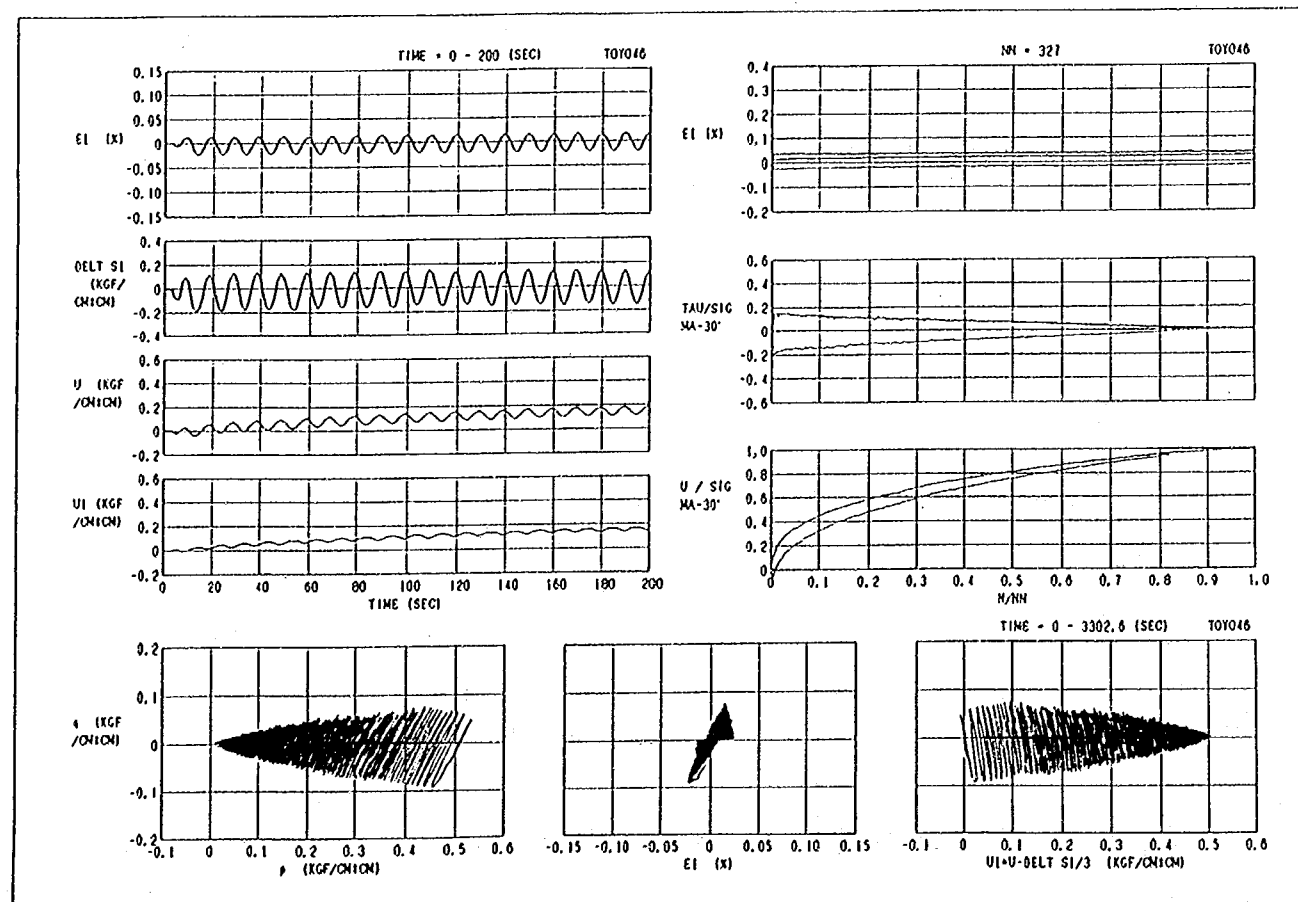
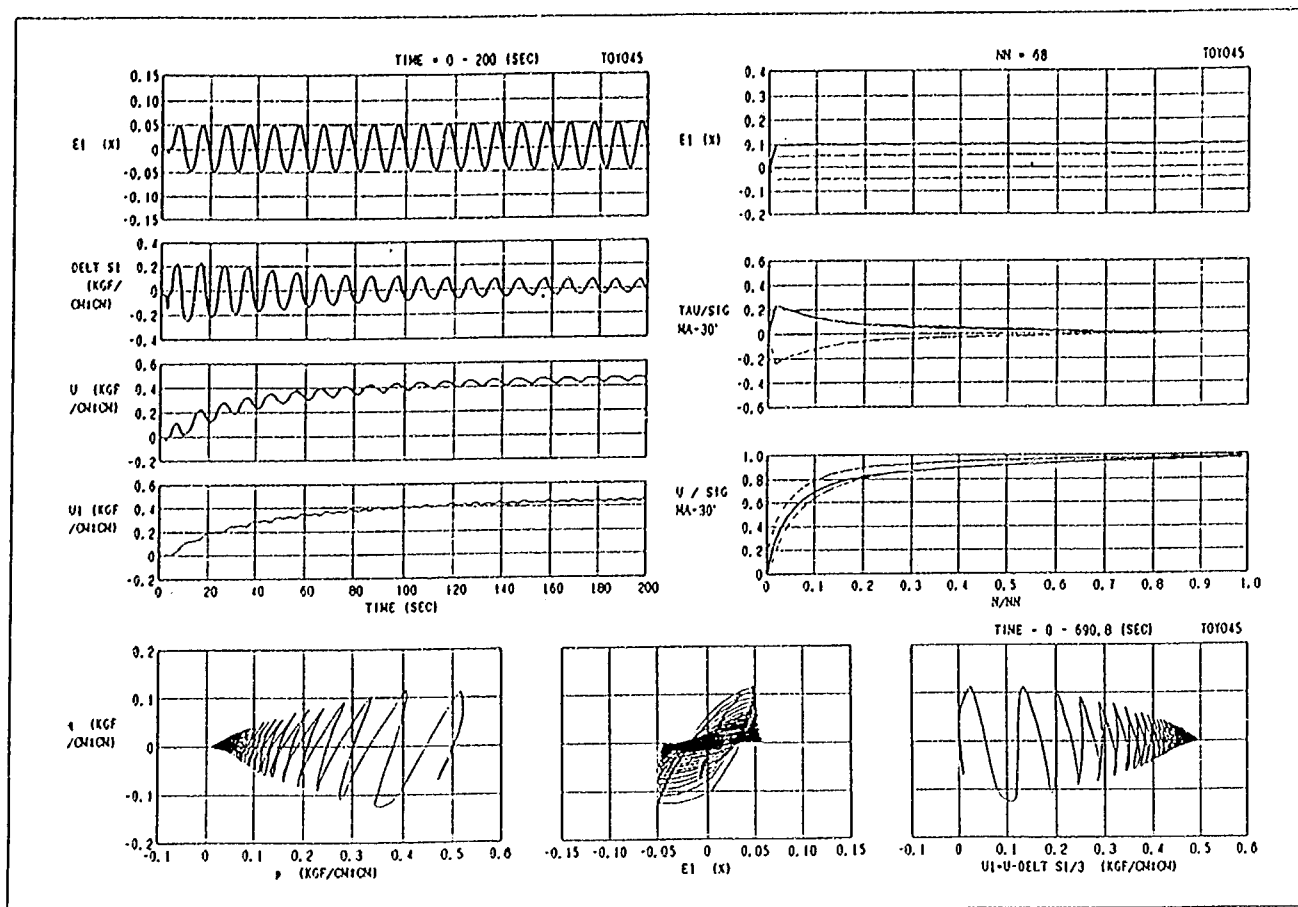


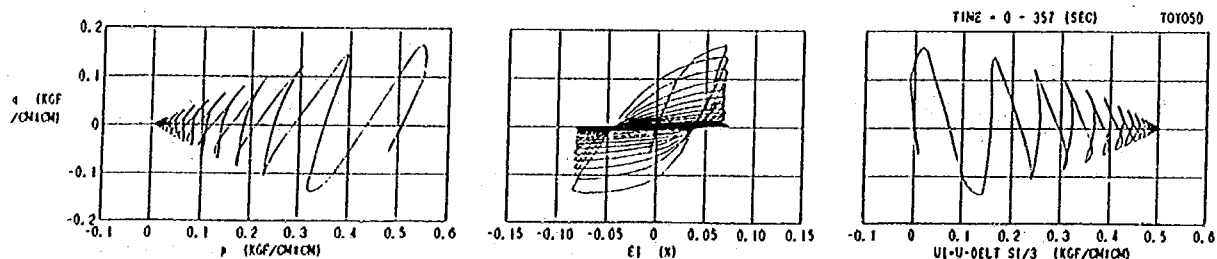
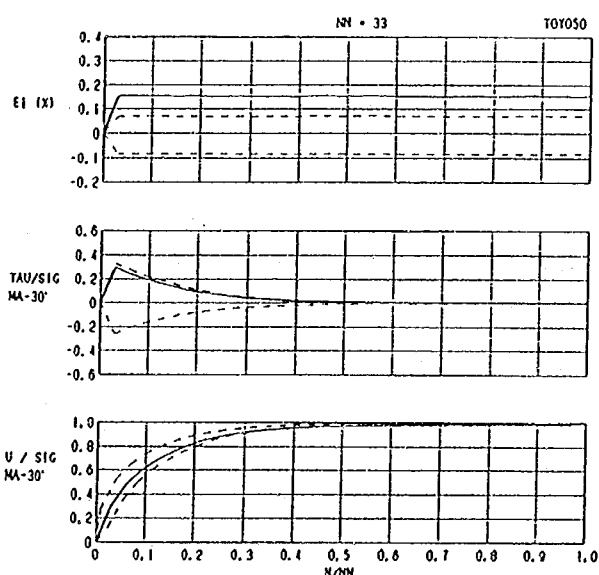
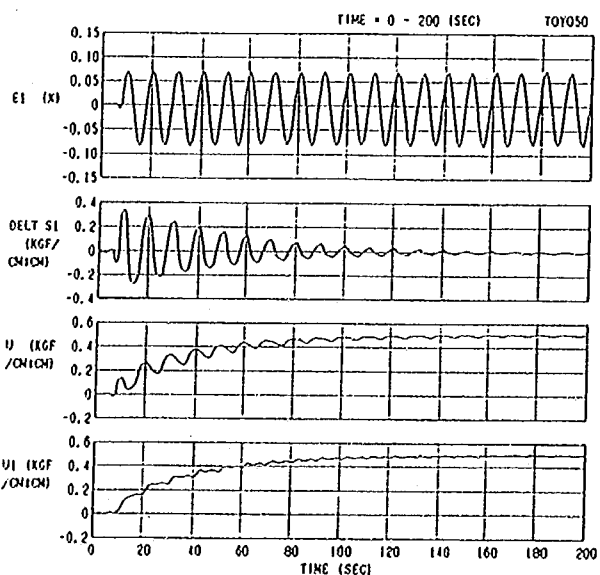
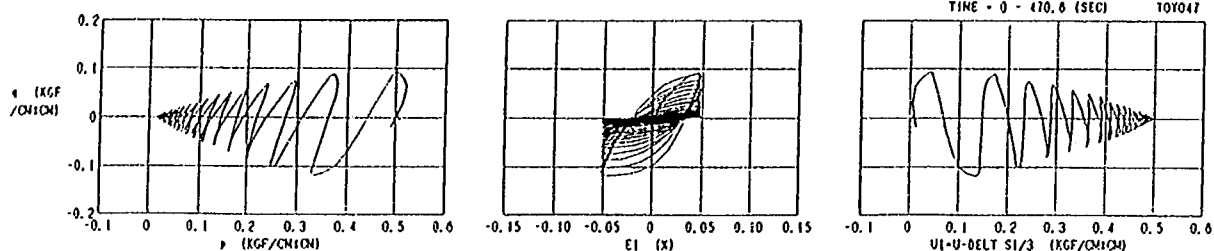
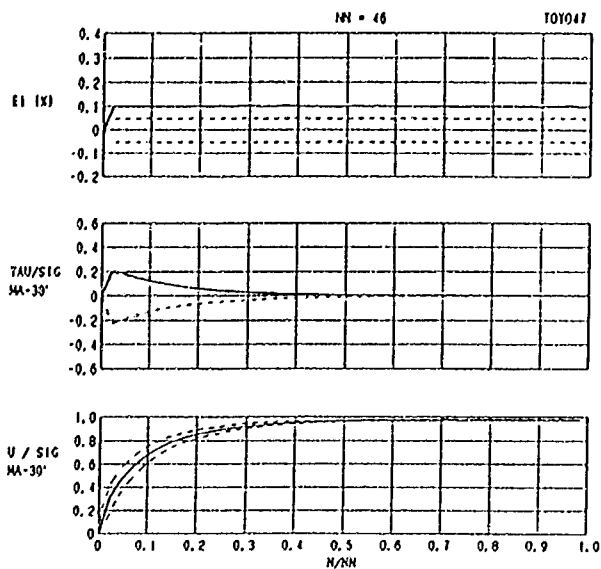
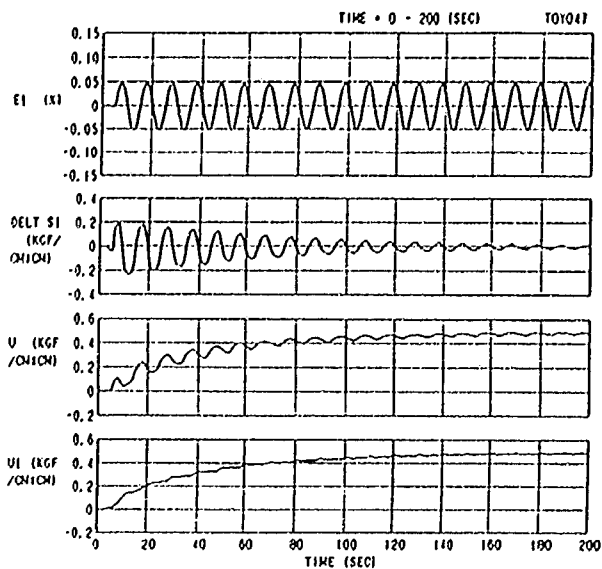


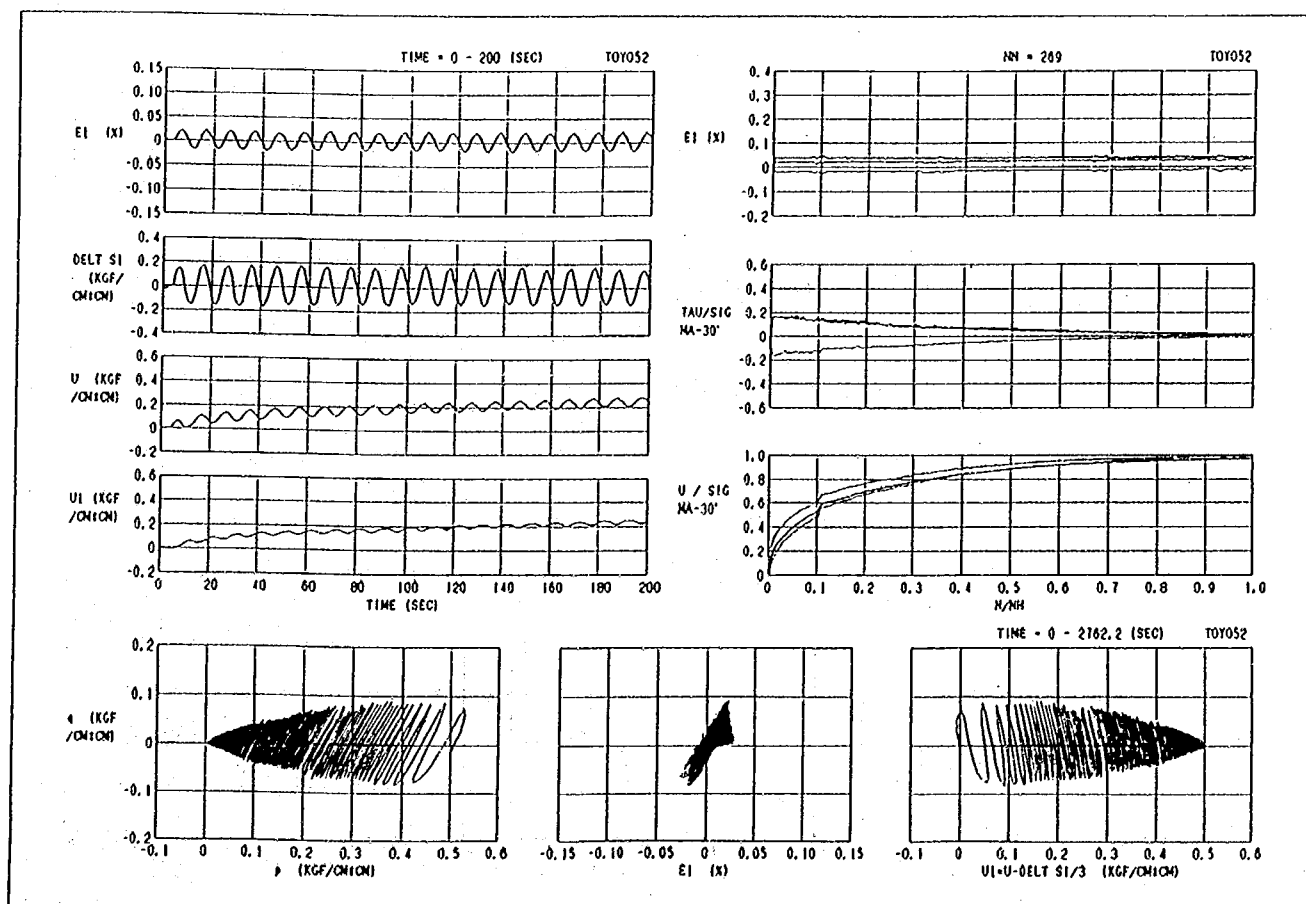
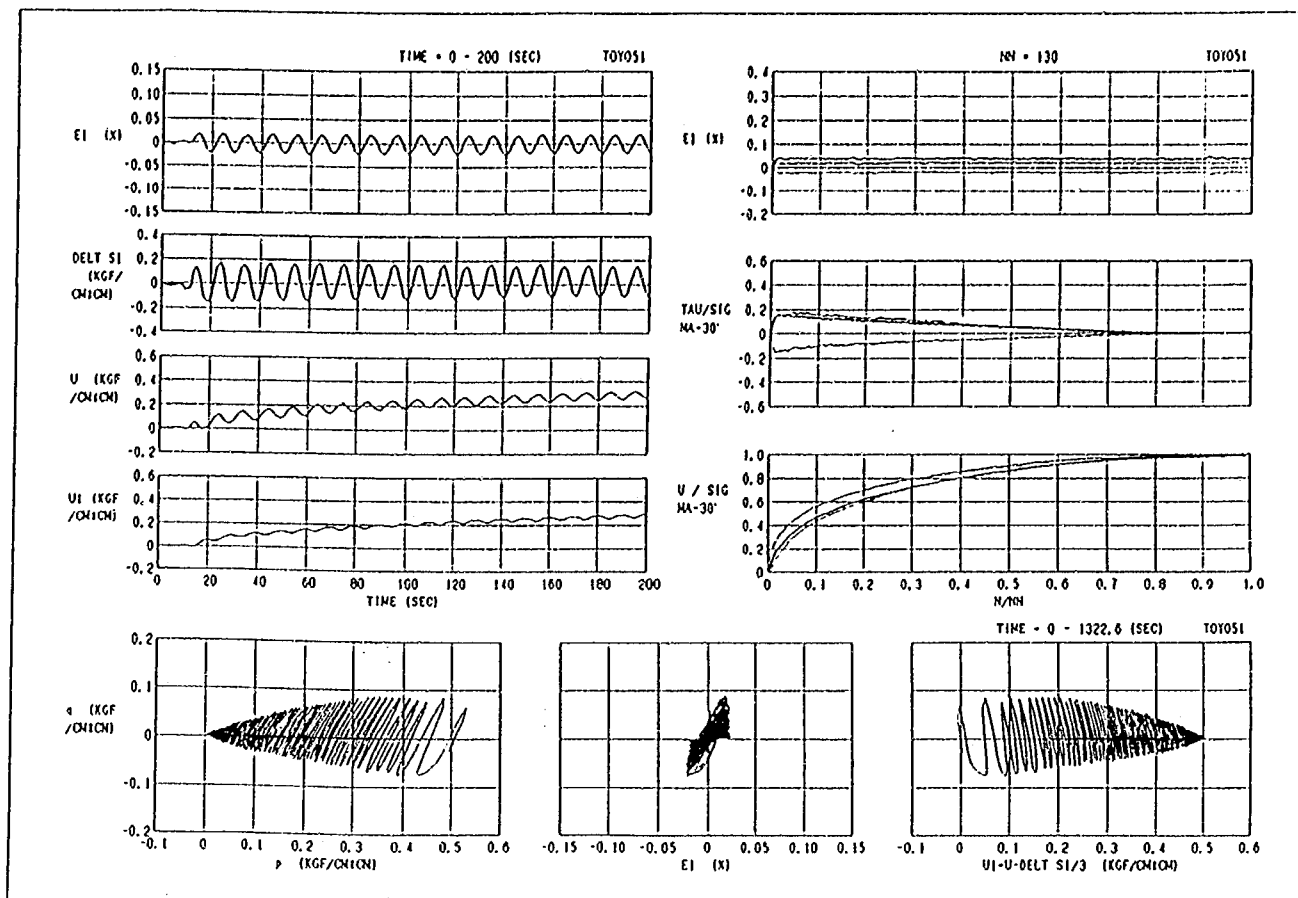


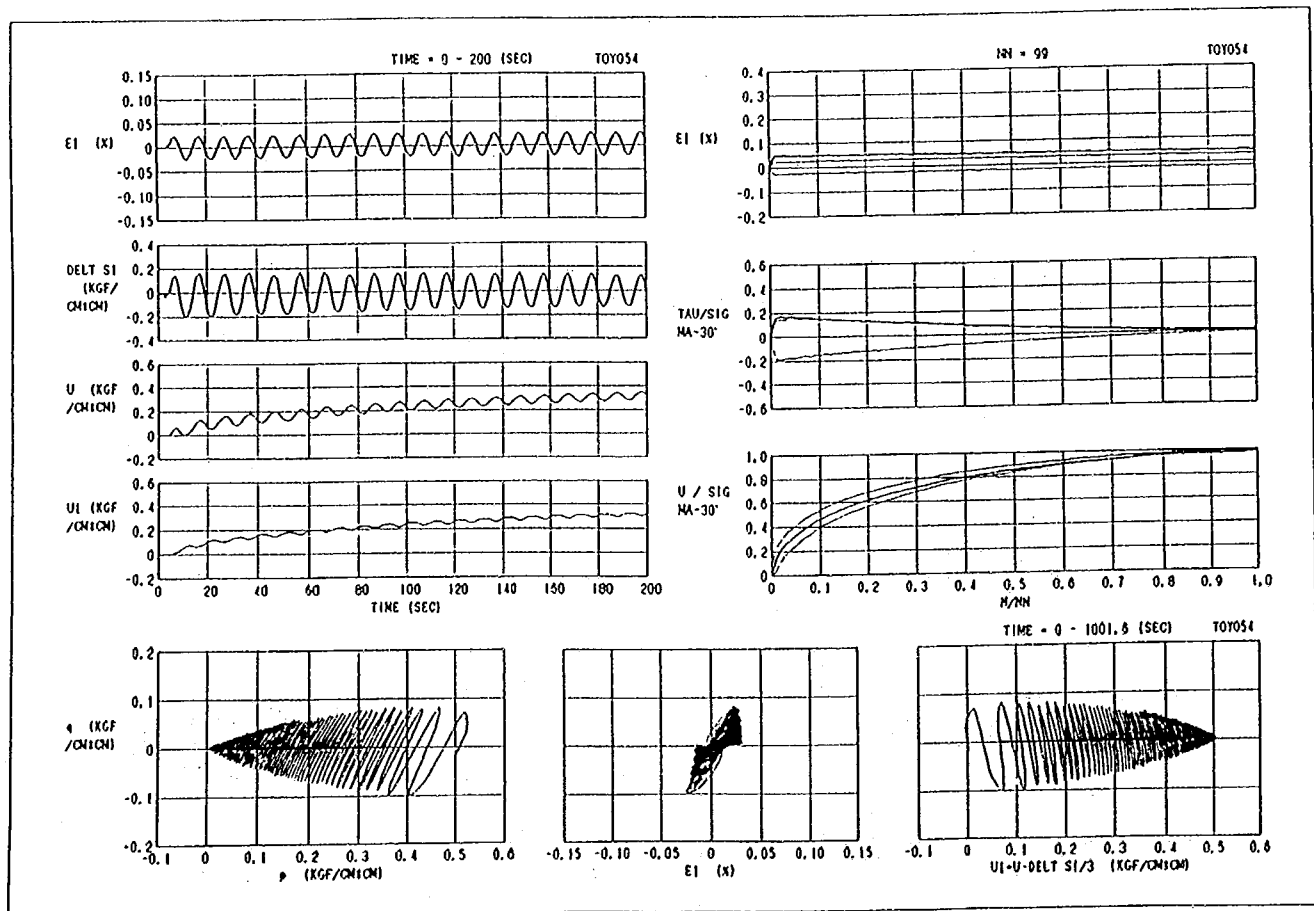
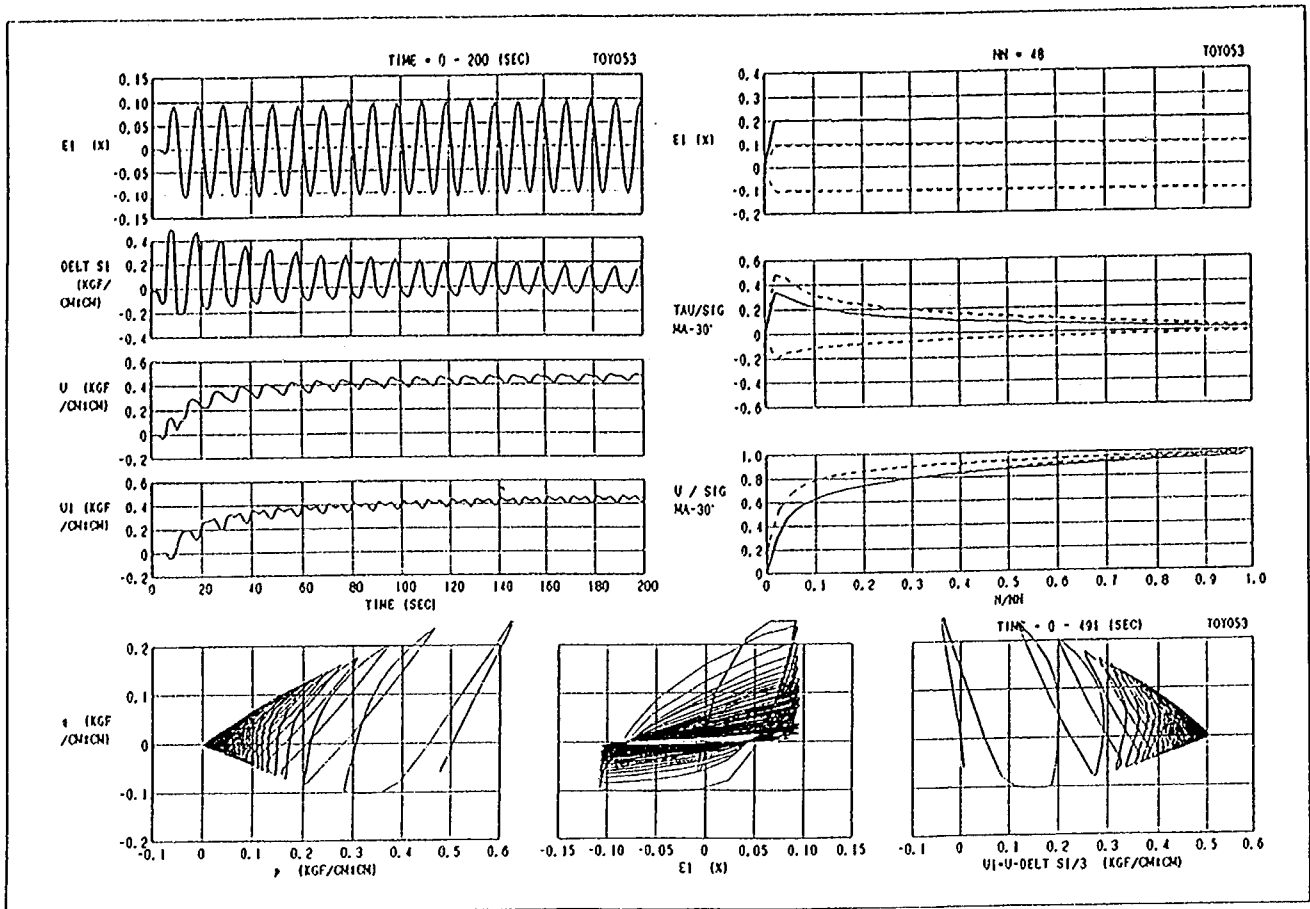


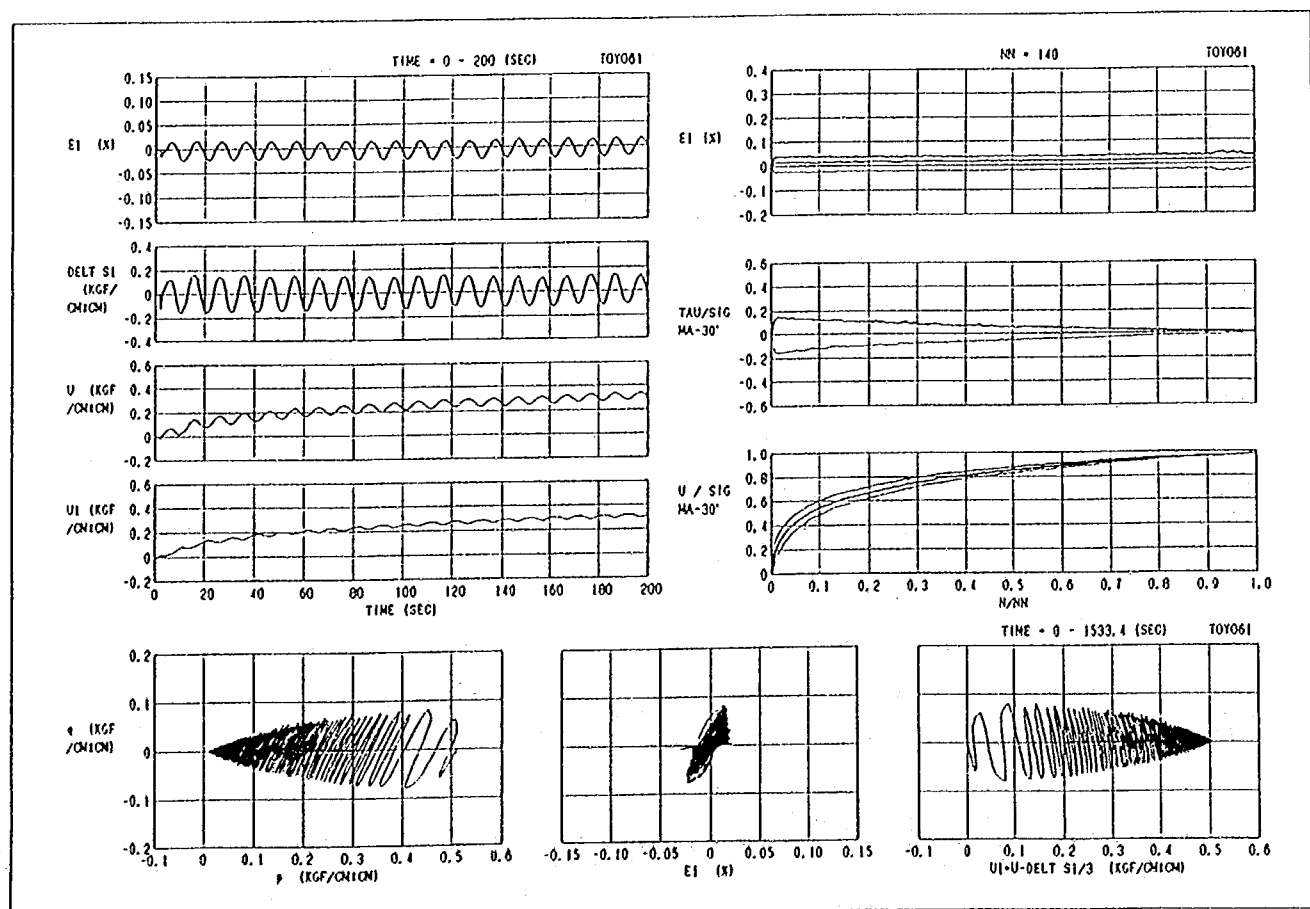
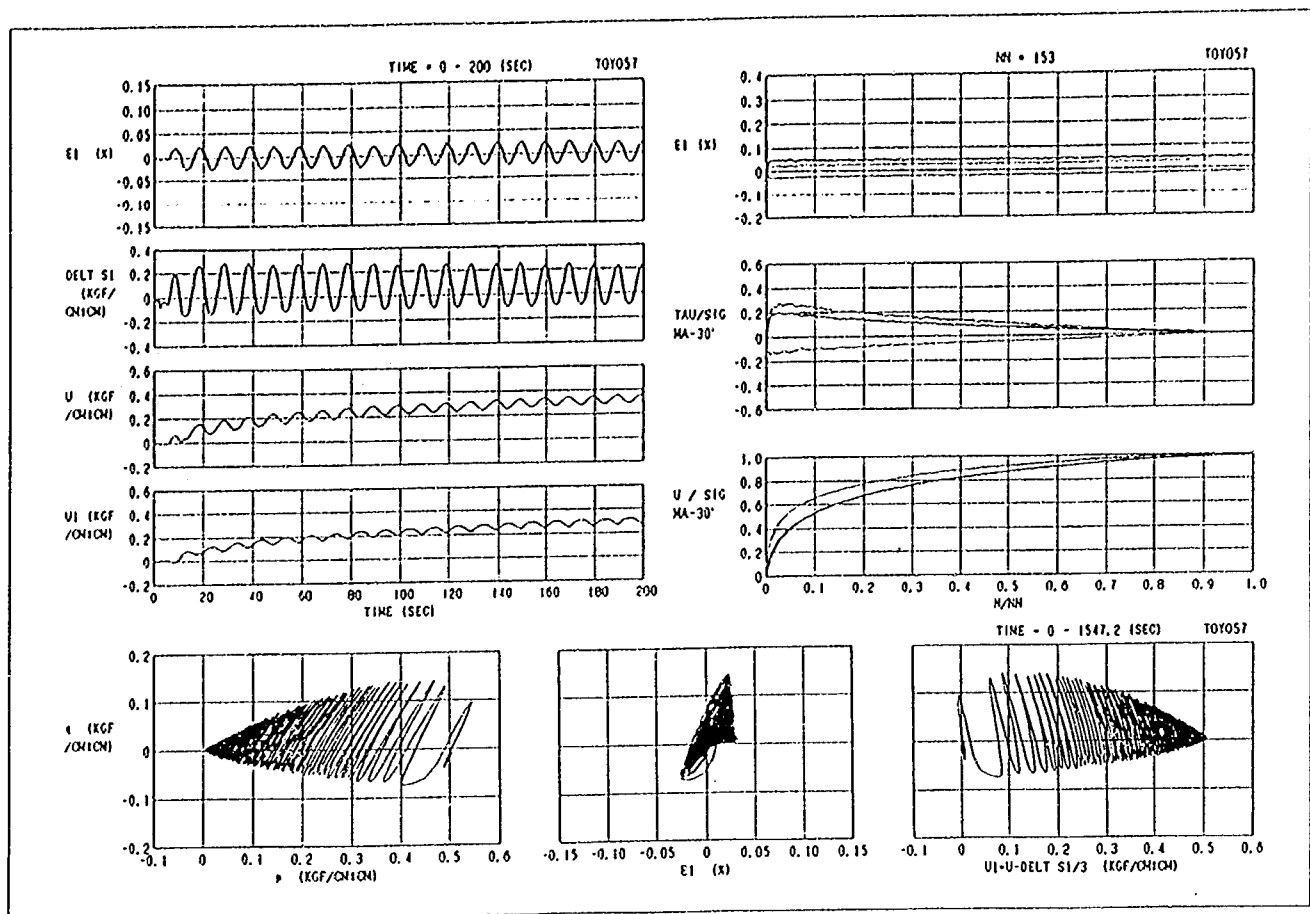


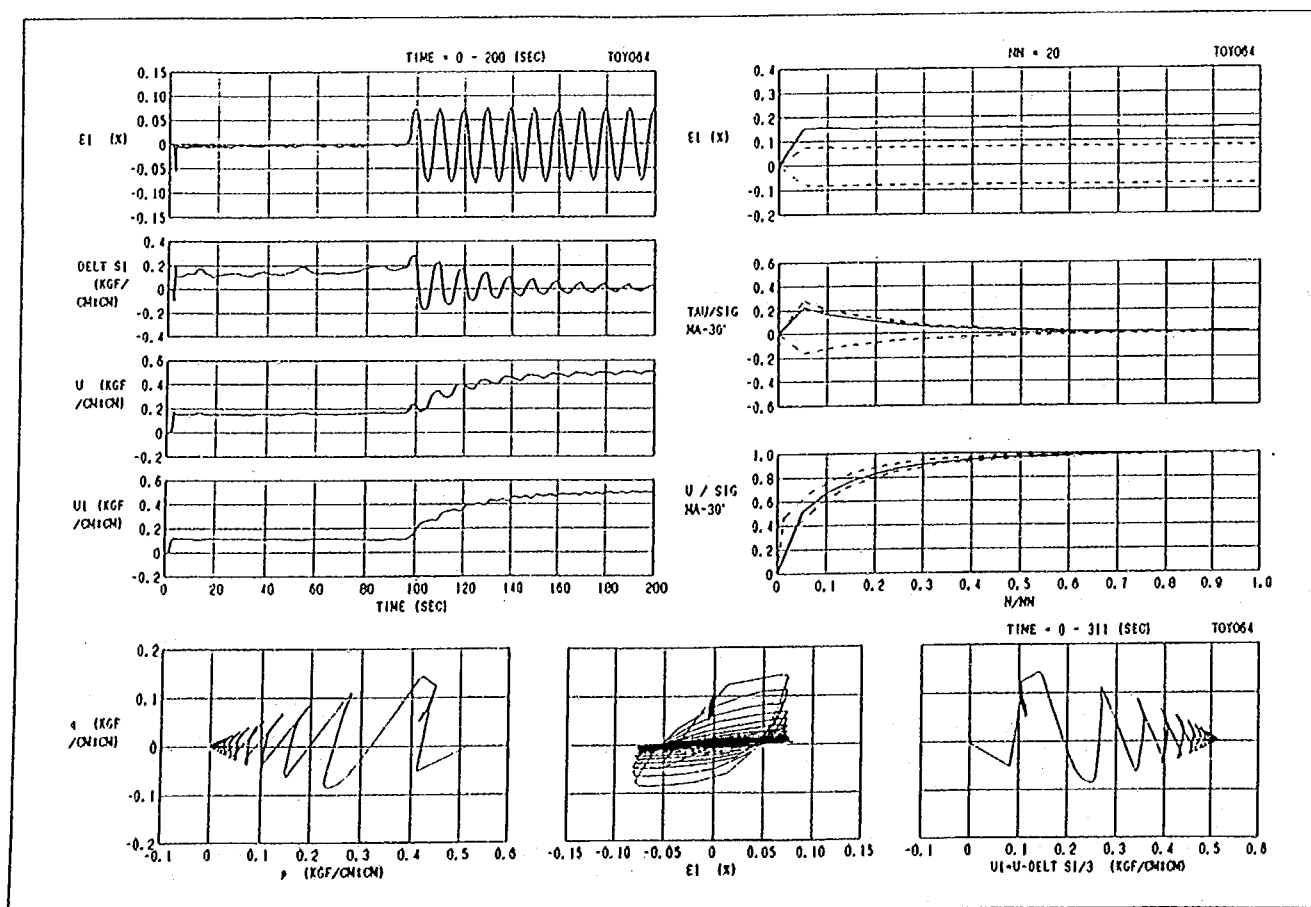
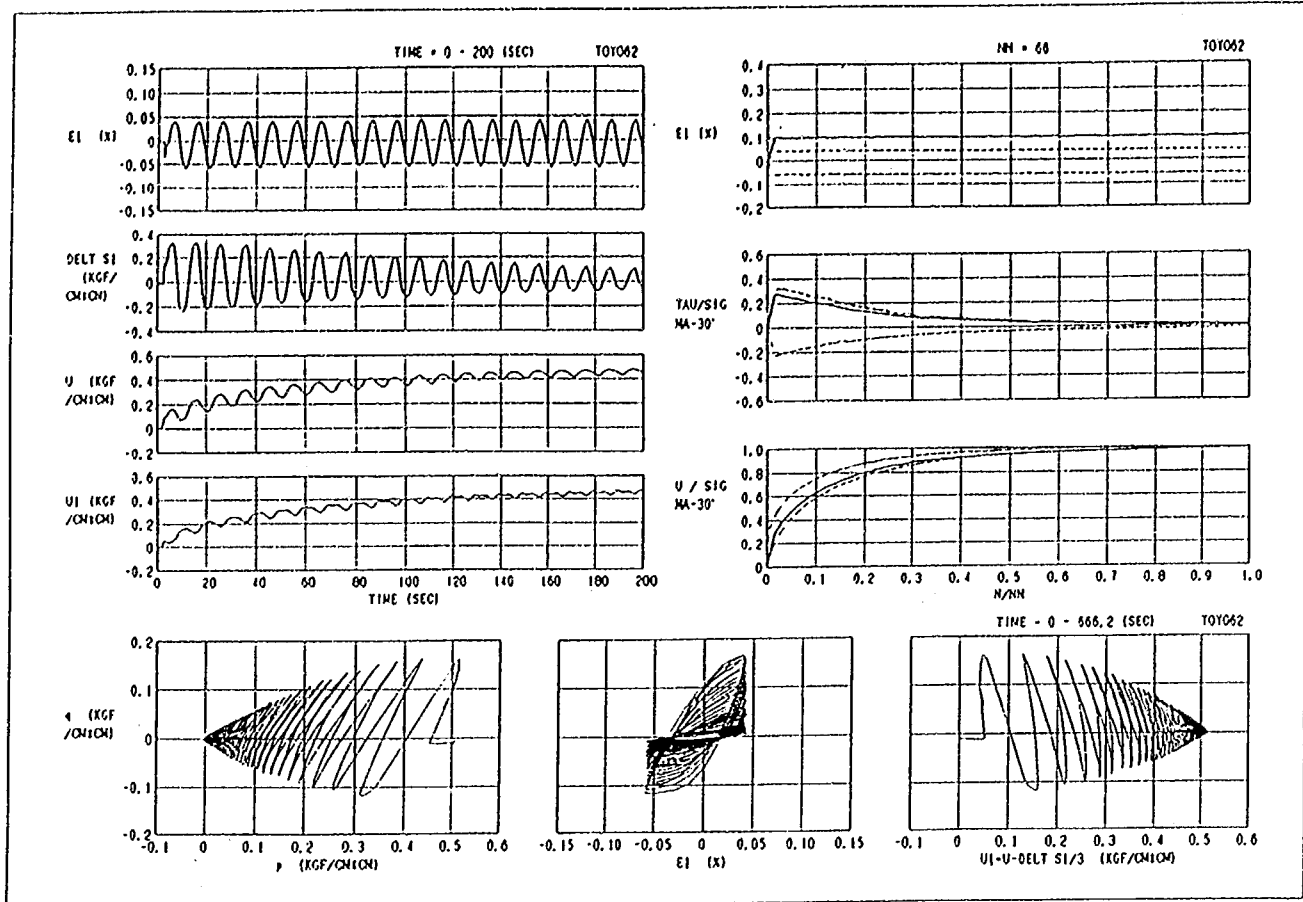


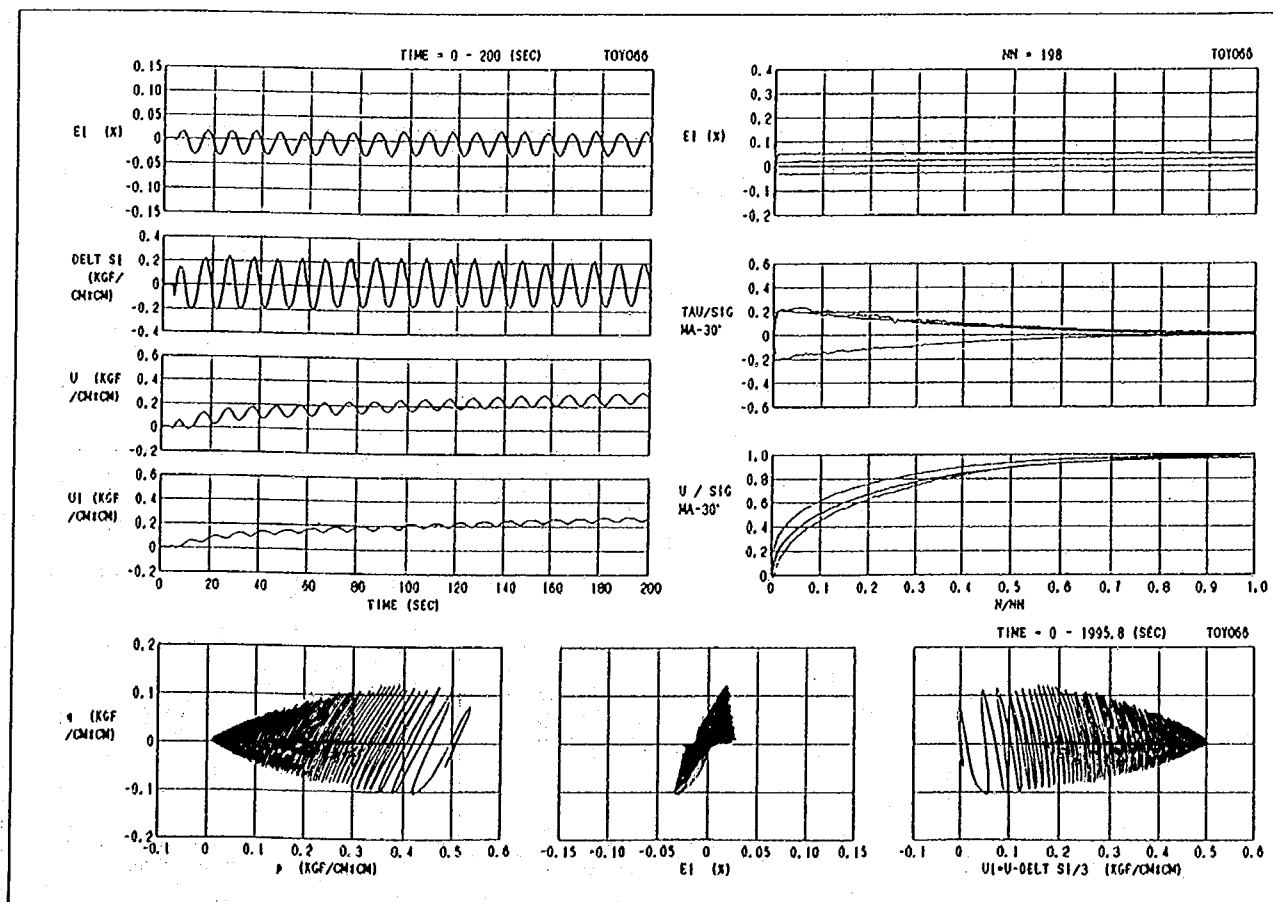
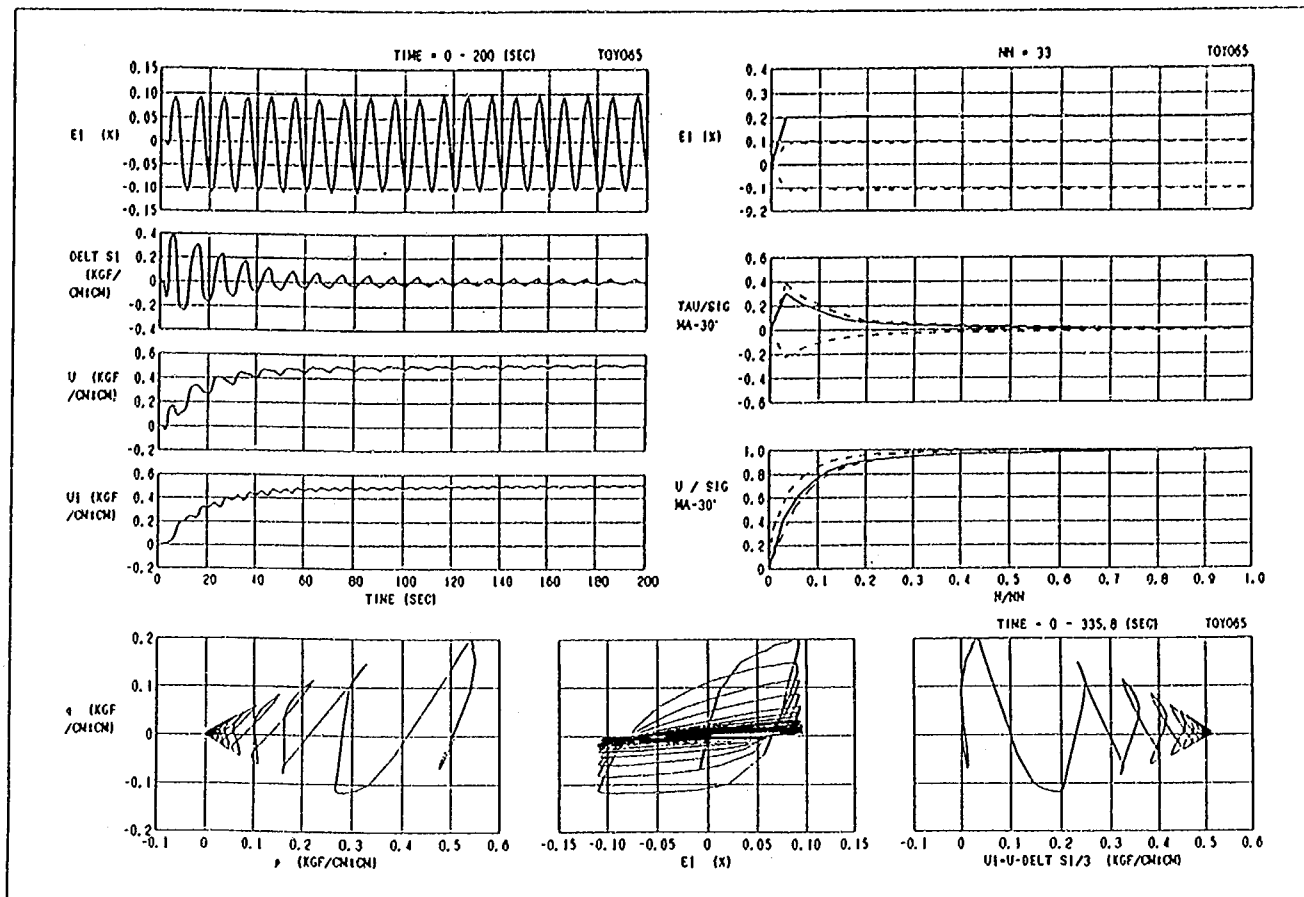


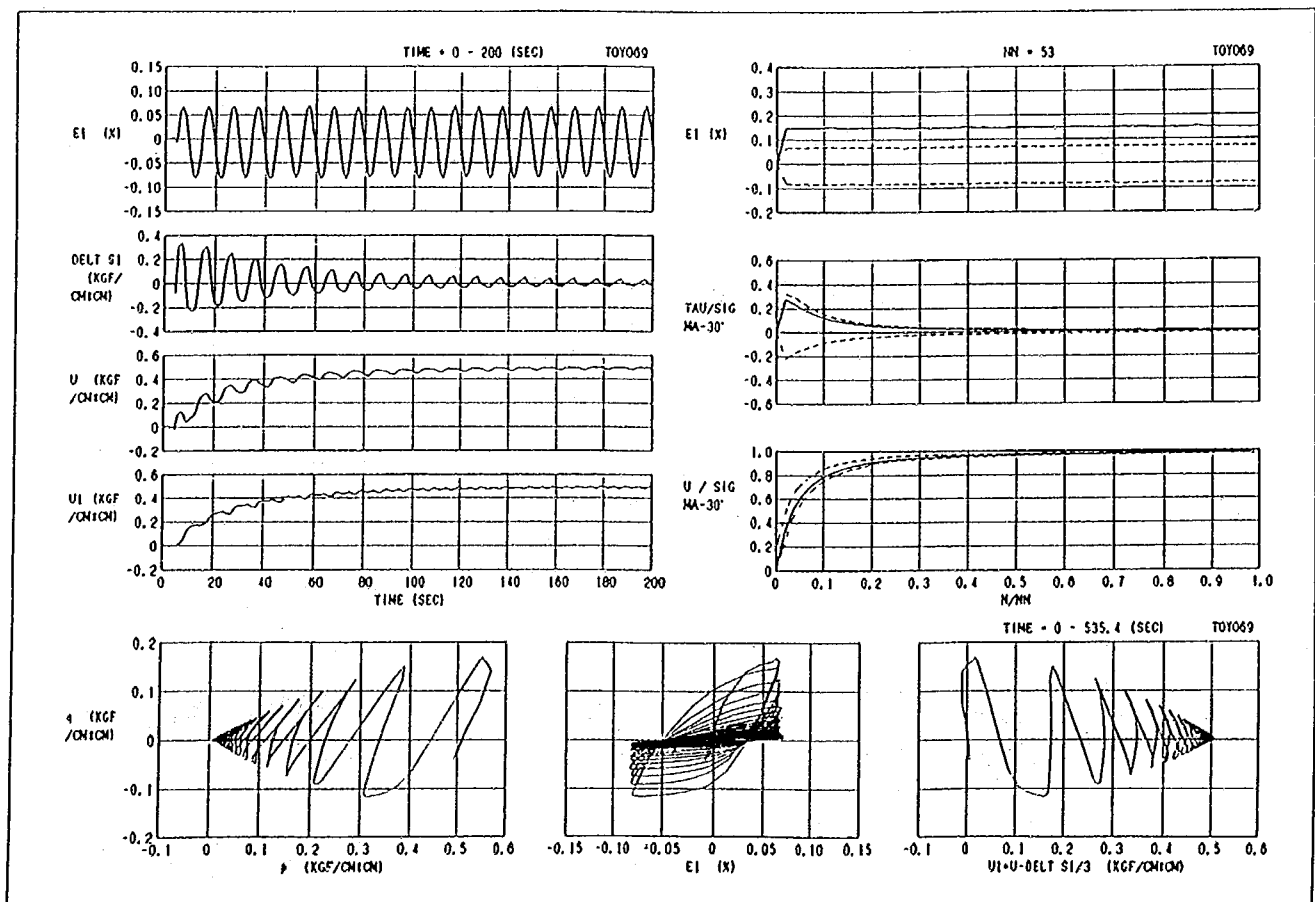
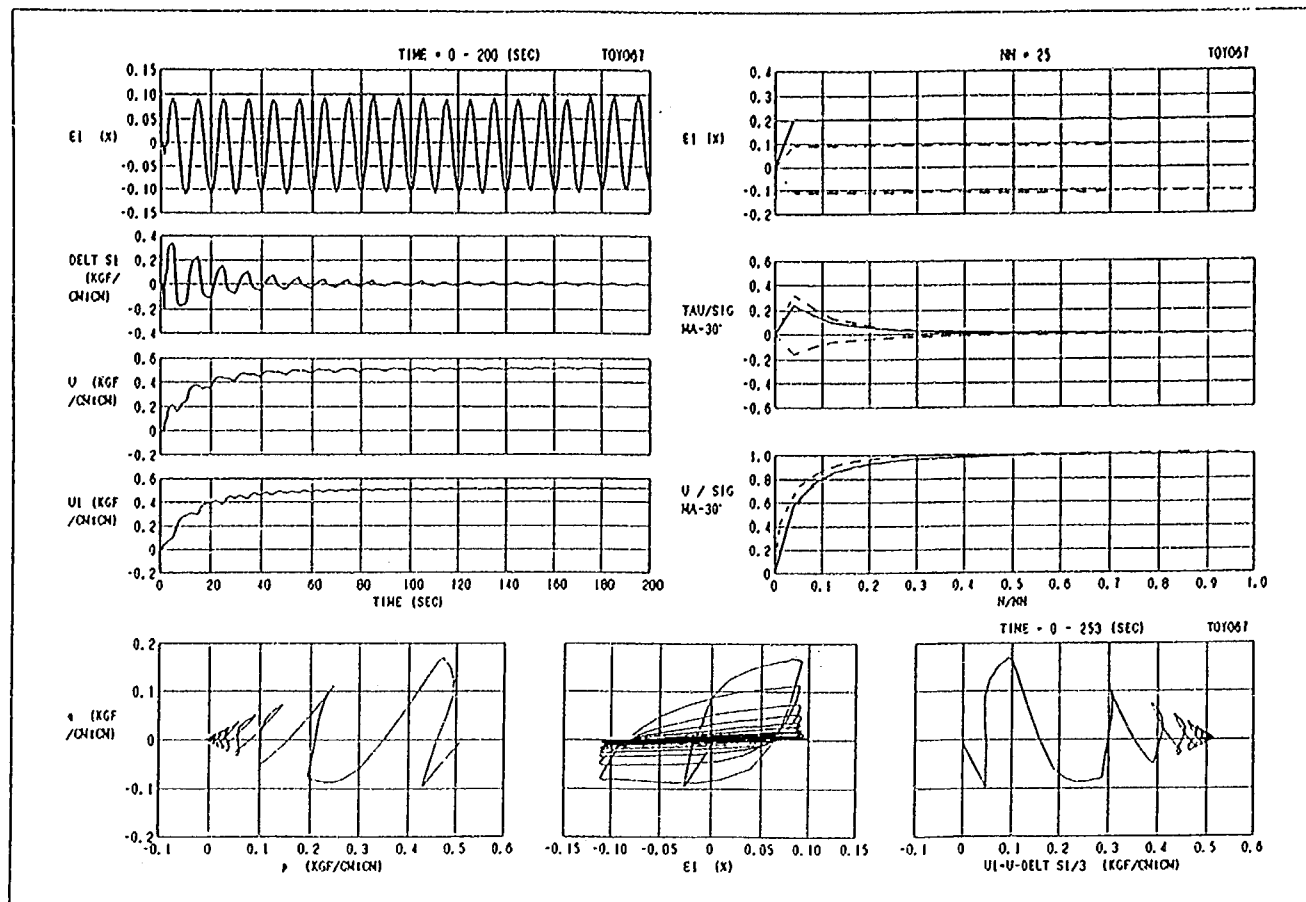


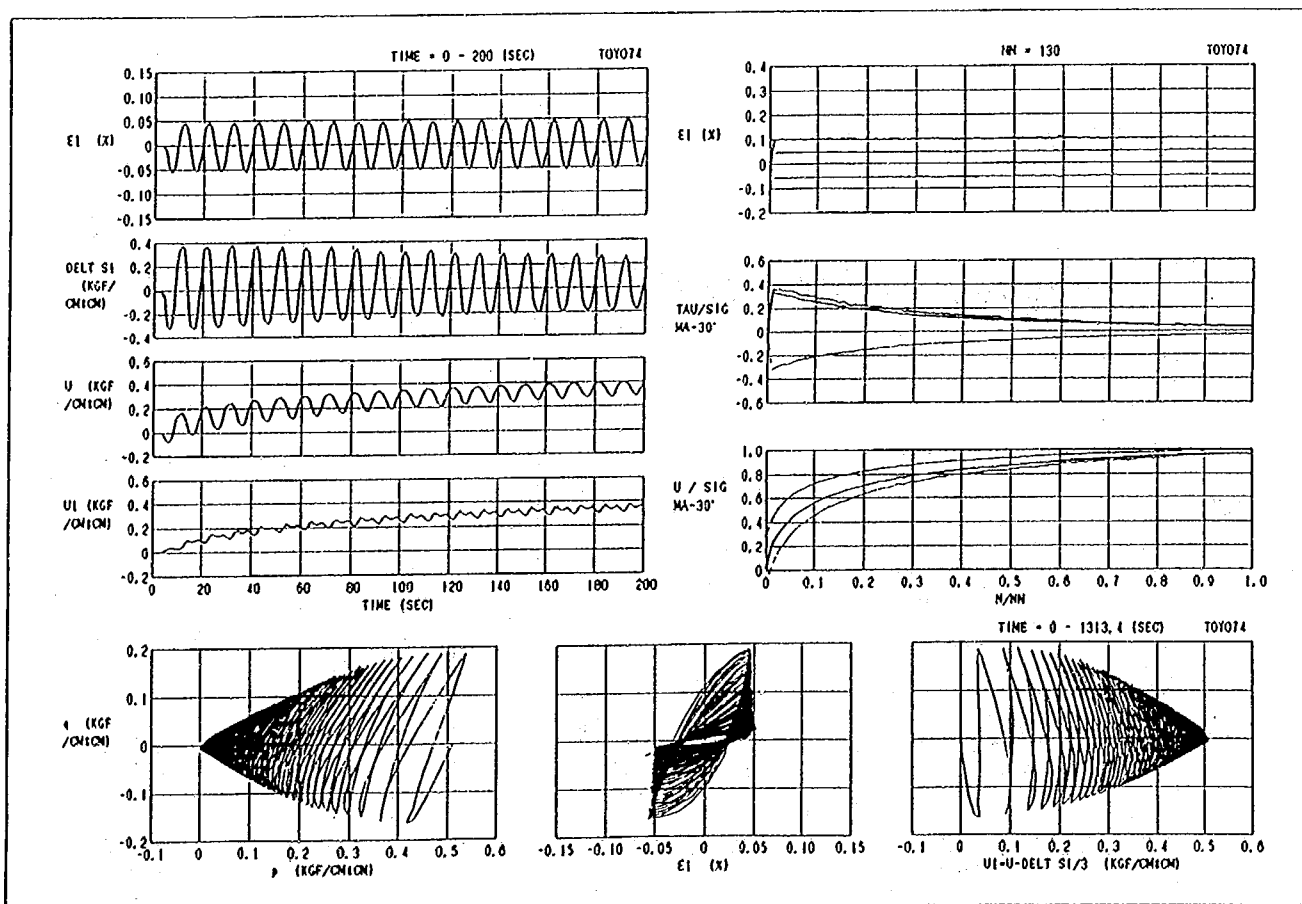
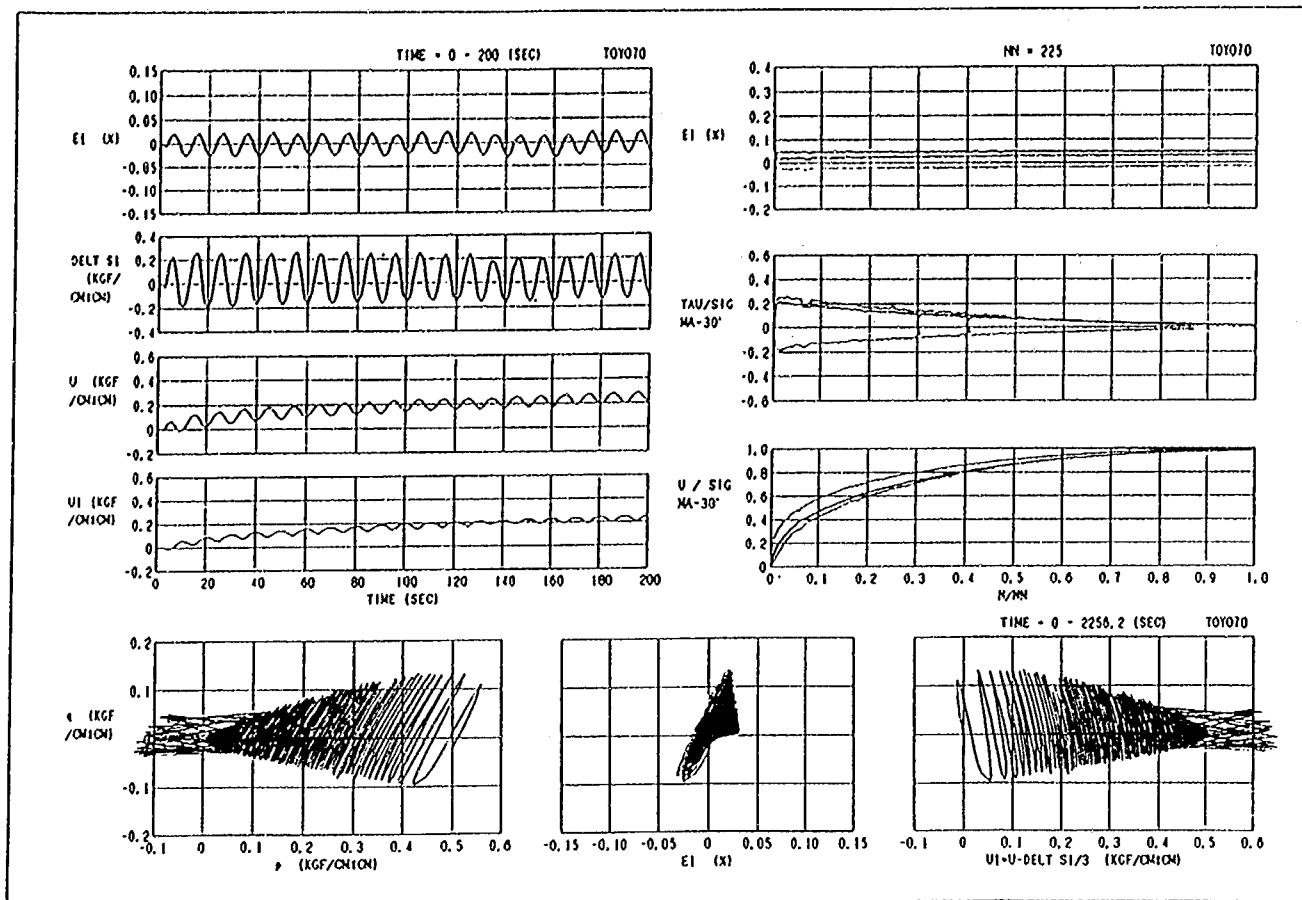


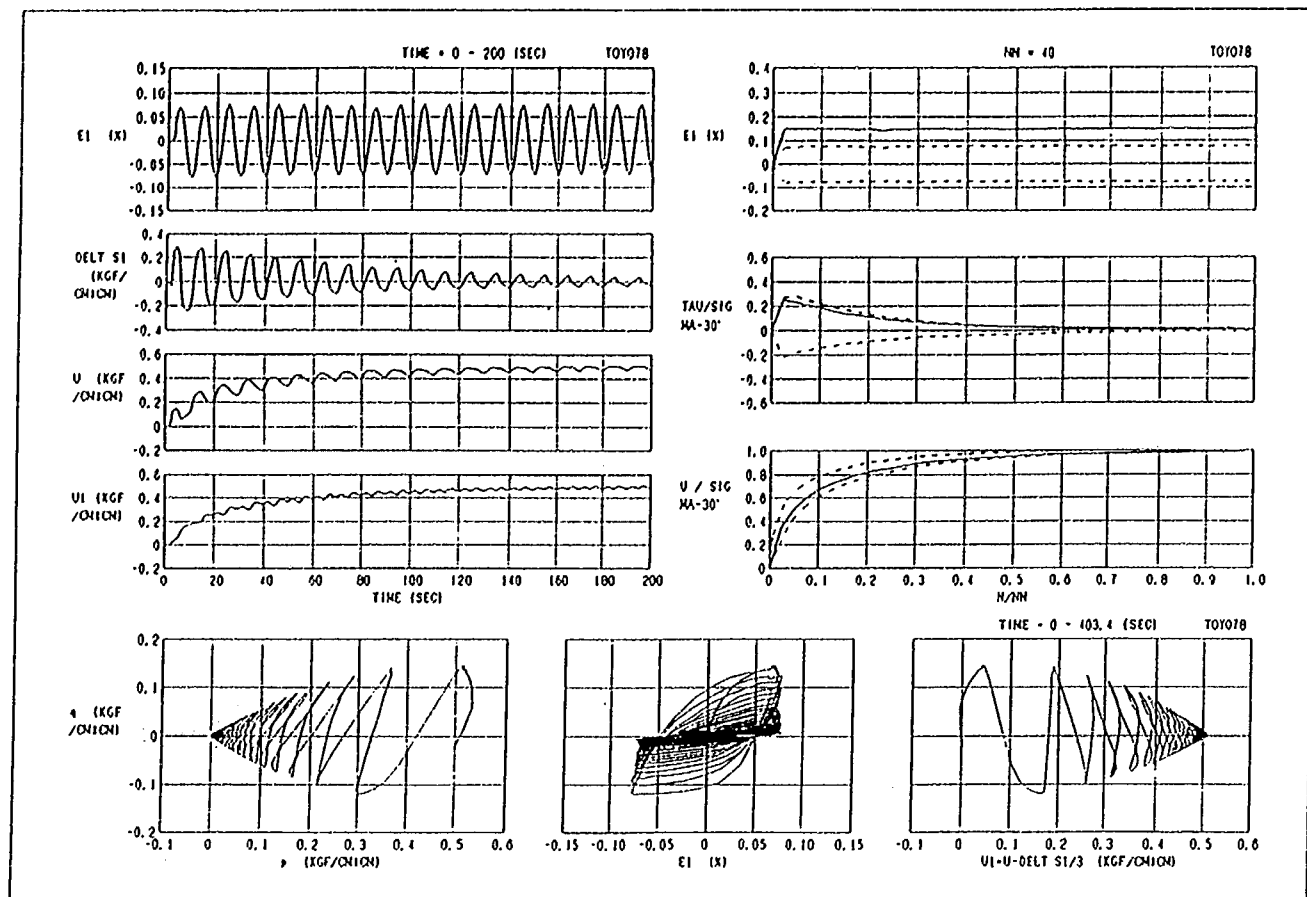


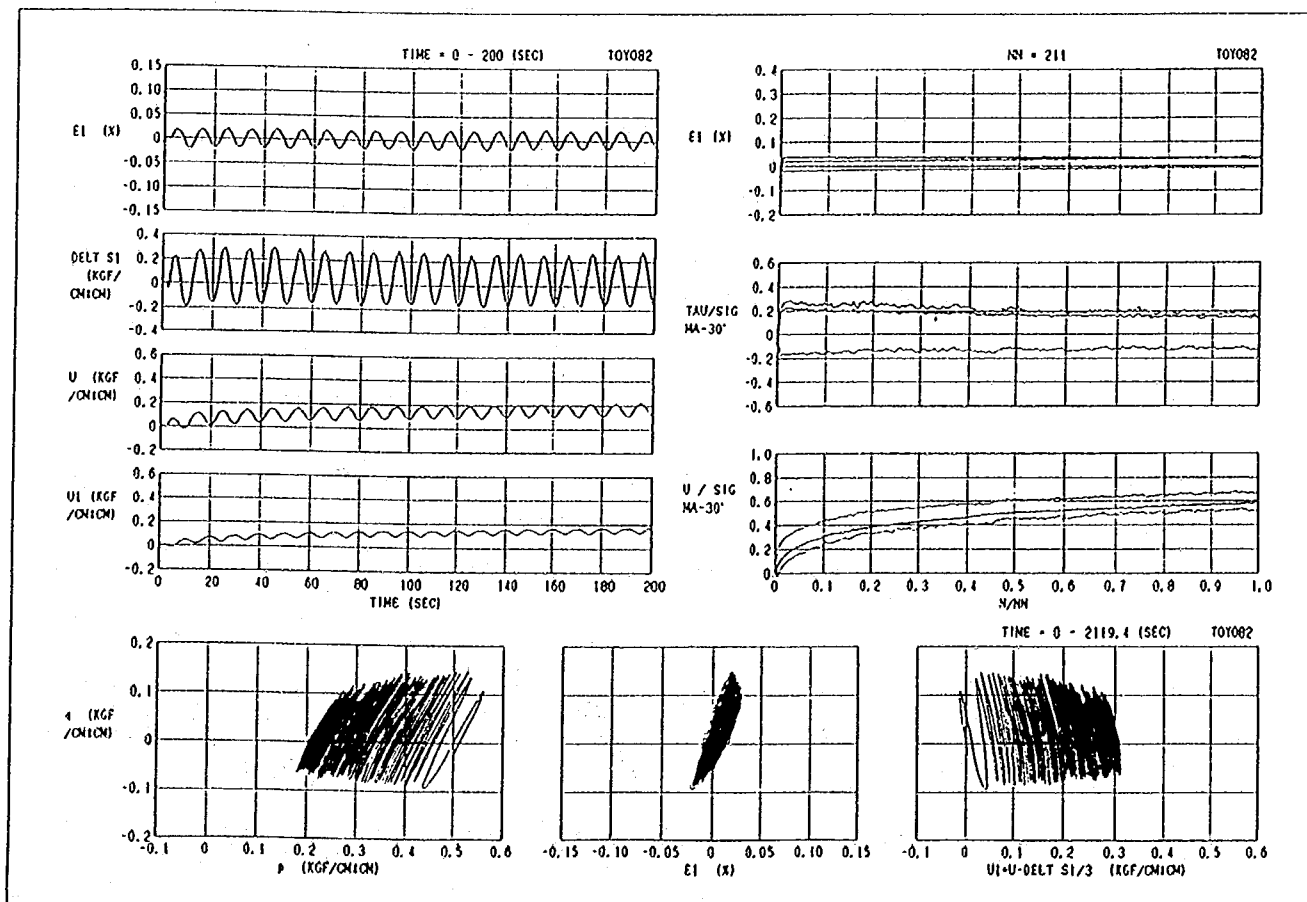
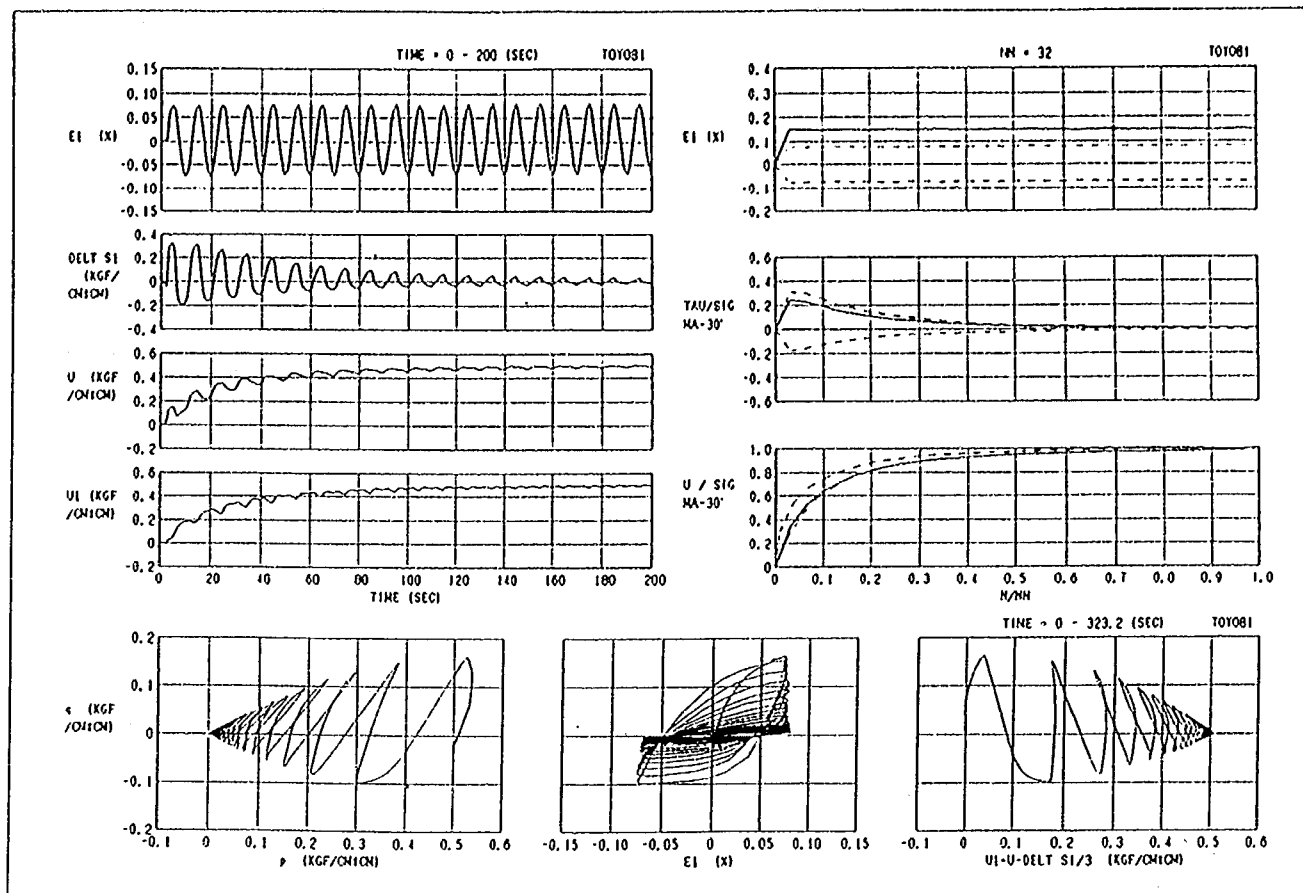


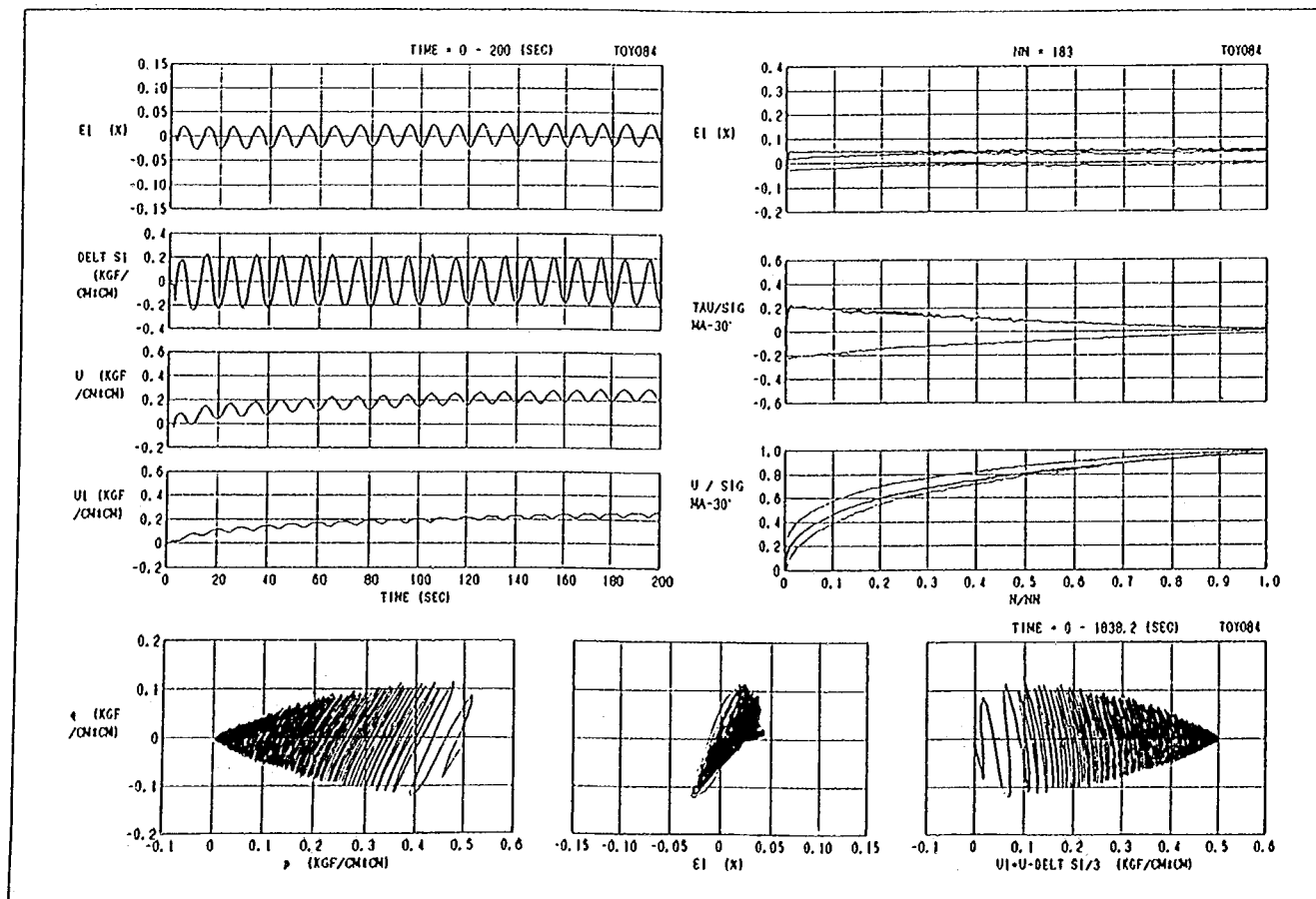
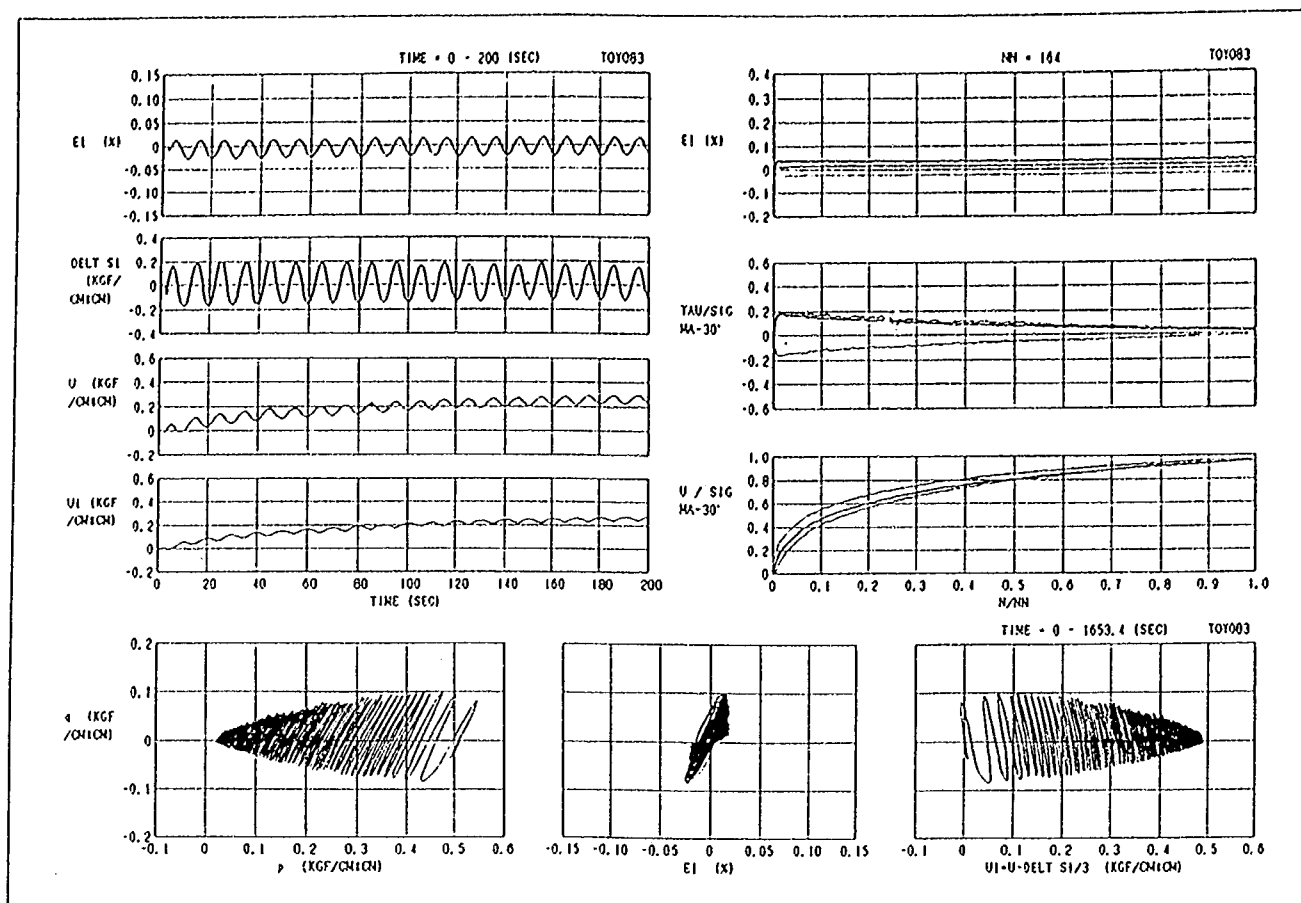


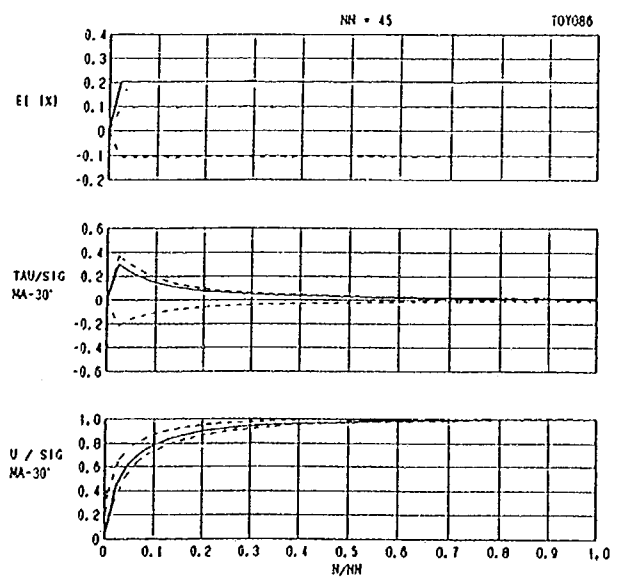
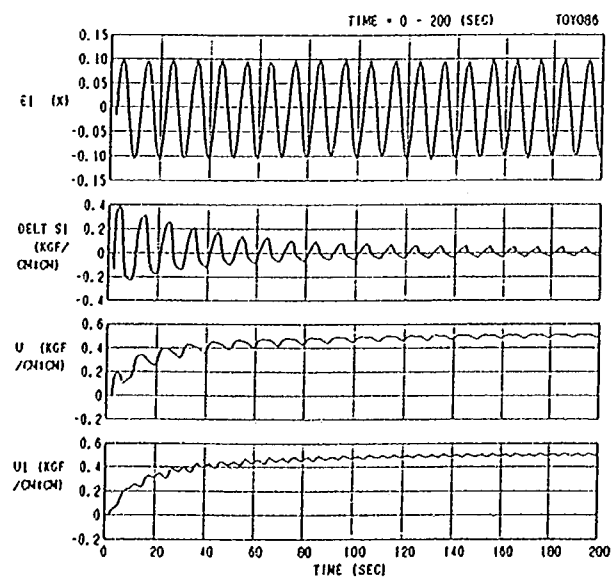
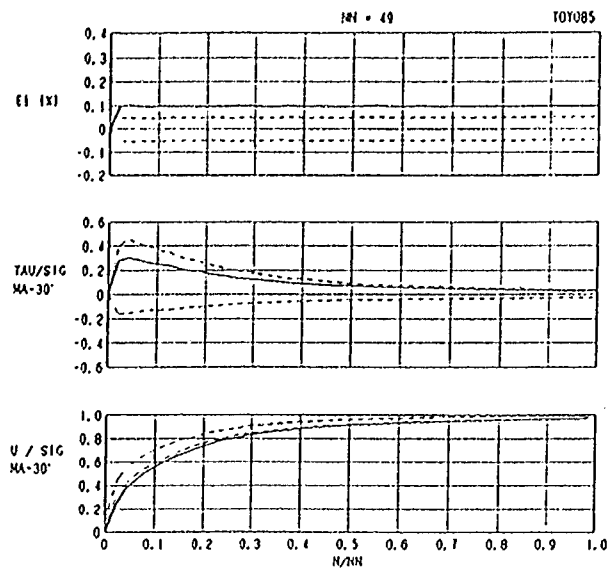












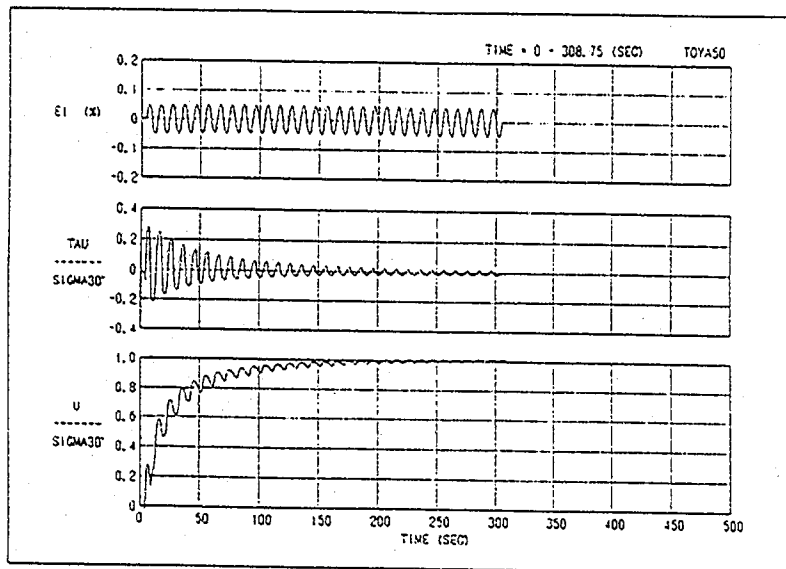
供試体	Dr(%)	$\varepsilon_a(\%)$	u	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
TOY004	69.8	0.050 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.019	0.4 0.038	0.6 0.057	0.8 0.076	1.0 0.095	1.3 0.131	1.7 0.172	2.2 0.218	2.7 0.271	3.3 0.326	3.9 0.382	4.7 0.463	5.6 0.556	6.6 0.660	8.1 0.803	10.0 0.993	12.6 1.252	16.9 1.681	27.9 2.781
TOY009	71.6	0.049 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.008	0.3 0.017	0.4 0.025	0.6 0.033	0.7 0.041	0.9 0.050	1.0 0.058	1.5 0.102	1.9 0.146	2.4 0.199	3.0 0.256	3.9 0.338	4.8 0.427	5.9 0.536	7.4 0.684	8.8 0.828	11.2 1.066	14.2 1.372	19.7 1.917
TOY010	73.4	0.024 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.9 0.013	1.5 0.039	2.1 0.067	2.9 0.107	4.9 0.201	7.7 0.337	11.1 0.503	15.1 0.699	19.8 0.927	28.0 1.318	35.1 1.669	41.3 1.967	49.1 2.353	58.1 2.804	68.8 3.338	78.6 3.819	93.8 4.562	110.1 5.361	136.2 6.657
TOY011	80.8	0.051 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.014	0.3 0.028	0.4 0.042	0.5 0.056	0.7 0.070	0.8 0.084	1.0 0.098	1.2 0.128	1.6 0.166	2.0 0.205	2.7 0.270	3.4 0.346	4.3 0.438	5.3 0.540	6.5 0.657	8.3 0.836	10.3 1.044	13.4 1.351	18.3 1.848
TOY013	76.1	0.051 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.014	0.3 0.027	0.4 0.041	0.5 0.054	0.7 0.068	0.8 0.081	0.9 0.095	1.1 0.118	1.5 0.153	1.9 0.189	2.3 0.239	2.9 0.300	3.7 0.376	4.6 0.465	5.6 0.567	7.0 0.715	8.8 0.894	11.5 1.166	16.3 1.660
TOY018	70.9	0.025 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.3 0.015	0.6 0.030	0.9 0.045	1.6 0.076	2.5 0.120	3.6 0.174	4.8 0.238	7.6 0.380	10.0 0.501	15.2 0.759	18.7 0.933	23.8 1.189	30.3 1.520	38.2 1.921	49.7 2.497	62.2 3.130	77.9 3.907	96.9 4.859	123.0 6.175
TOY019	70.6	0.102 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.021	0.2 0.043	0.3 0.064	0.4 0.086	0.5 0.107	0.6 0.129	0.7 0.150	0.8 0.172	0.9 0.193	1.2 0.239	1.5 0.310	1.9 0.380	2.3 0.472	2.8 0.582	3.6 0.739	4.7 0.954	6.1 1.257	8.5 1.736	13.2 2.691
TOY020	63.2	0.102 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.010	0.2 0.020	0.3 0.030	0.4 0.040	0.5 0.050	0.6 0.061	0.7 0.071	0.8 0.081	0.9 0.091	1.0 0.101	1.2 0.143	1.5 0.203	1.8 0.264	2.1 0.331	2.5 0.426	3.0 0.522	3.8 0.679	4.8 0.895	6.6 1.263
TOY021	59.0	0.051 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.4 0.040	0.8 0.080	1.1 0.116	1.4 0.146	1.7 0.175	2.0 0.204	2.5 0.258	3.1 0.312	3.5 0.361	4.1 0.413	4.8 0.485	5.7 0.579	6.7 0.682	7.8 0.794	8.9 0.912	10.7 1.092	12.8 1.309	15.7 1.596	20.1 2.050
TOY022	63.4	0.026 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.009	0.4 0.018	0.6 0.027	0.7 0.036	0.9 0.045	1.5 0.075	2.5 0.122	3.7 0.181	5.2 0.261	7.1 0.359	9.0 0.452	11.5 0.581	15.0 0.760	18.2 0.924	22.7 1.158	27.8 1.420	34.4 1.756	42.8 2.189	55.1 2.820
TOY024	60.1	0.051 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.012	0.2 0.025	0.4 0.037	0.5 0.050	0.6 0.062	0.7 0.074	0.8 0.087	1.0 0.099	1.3 0.130	1.6 0.167	2.0 0.204	2.5 0.253	2.9 0.302	3.7 0.377	4.5 0.466	5.6 0.573	6.8 0.700	8.9 0.906	11.8 1.205
TOY028	69.5	0.019 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.3 0.011	0.6 0.023	0.8 0.034	1.4 0.056	2.8 0.110	4.3 0.168	6.3 0.245	9.6 0.370	13.7 0.525	17.6 0.675	22.1 0.855	28.7 1.113	38.0 1.472	49.4 1.914	62.8 2.431	83.2 3.212	113.0 4.338	140.8 5.372	
TOY033	70.4	0.076 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.014	0.2 0.028	0.3 0.042	0.4 0.056	0.5 0.071	0.5 0.085	0.6 0.099	0.7 0.113	0.8 0.127	0.9 0.141	1.0 0.158	1.3 0.206	1.7 0.254	2.0 0.303	2.5 0.378	3.0 0.457	3.9 0.594	5.4 0.822	8.6 1.317
TOY034	64.7	0.102 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.015	0.2 0.031	0.2 0.046	0.3 0.062	0.4 0.077	0.5 0.093	0.5 0.108	0.6 0.123	0.7 0.139	0.8 0.154	0.8 0.170	0.9 0.185	1.0 0.201	1.3 0.257	1.6 0.318	1.9 0.380	2.4 0.484	3.1 0.631	4.8 0.979
TOY035	67.4	0.018 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.4 0.016	0.8 0.031	1.3 0.049	1.8 0.068	2.8 0.104	4.4 0.164	7.0 0.262	10.2 0.376	14.8 0.543	20.6 0.756	28.3 1.043	37.6 1.387	49.7 1.826	67.7 2.471	87.4 3.190	107.9 3.926	142.9 5.175	183.5 6.607	239.1 8.589
TOY038	56.2	0.050 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.012	0.2 0.023	0.4 0.035	0.5 0.047	0.6 0.059	0.7 0.070	0.8 0.082	1.0 0.094	1.2 0.117	1.5 0.149	1.8 0.181	2.2 0.218	2.6 0.263	3.2 0.315	3.9 0.389	4.8 0.480	6.0 0.594	7.7 0.763	10.6 1.054
TOY040	58.2	0.101 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.016	0.2 0.032	0.2 0.047	0.3 0.063	0.4 0.079	0.5 0.095	0.5 0.111	0.6 0.127	0.7 0.142	0.8 0.158	0.8 0.174	0.9 0.190	1.0 0.206	1.3 0.263	1.6 0.320	1.9 0.377	2.3 0.462	2.8 0.577	3.9 0.784
TOY041	52.1	0.049 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.012	0.2 0.023	0.4 0.035	0.5 0.047	0.6 0.059	0.7 0.070	0.8 0.082	0.9 0.094	1.2 0.117	1.5 0.149	1.9 0.182	2.3 0.224	2.8 0.272	3.4 0.333	4.1 0.406	5.0 0.491	6.3 0.618	8.1 0.801	11.6 1.144
TOY043	62.1	0.024 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.4 0.019	0.8 0.038	1.3 0.066	2.3 0.114	3.5 0.169	4.6 0.227	6.1 0.300	7.9 0.387	10.8 0.527	13.6 0.661	17.1 0.834	21.4 1.041	26.2 1.271	31.5 1.527	38.0 1.837	46.1 2.225	56.0 2.697	70.6 3.394	115.7 5.549
TOY045	66.0	0.050 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.008	0.3 0.016	0.4 0.024	0.6 0.033	0.7 0.041	0.9 0.049	1.1 0.066	1.5 0.103	1.9 0.140	2.3 0.185	2.8 0.235	3.5 0.299	4.2 0.375	5.2 0.471	6.4 0.595	7.9 0.748	11.0 1.053	15.7 1.529	32.1 3.193
供試体	Dr(%)	$\varepsilon_a(\%)$	u	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95

供试体	Dr(%)	$\varepsilon_a(\%)$	u	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
TOY047	55.6	0.051 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.014	0.3 0.029	0.4 0.043	0.6 0.058	0.7 0.072	0.9 0.087	1.0 0.101	1.3 0.134	1.7 0.167	2.0 0.200	2.4 0.244	2.9 0.290	3.5 0.350	4.2 0.419	5.0 0.506	6.2 0.628	7.8 0.789	10.3 1.037	15.6 1.579
TOY050	61.1	0.075 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	1.1 0.022	1.2 0.041	1.3 0.060	1.4 0.078	1.5 0.097	1.7 0.116	1.8 0.135	1.9 0.154	2.1 0.179	2.4 0.224	2.7 0.269	2.9 0.313	3.4 0.385	3.9 0.463	4.6 0.569	5.4 0.693	6.4 0.846	7.8 1.061	10.2 1.437
TOY051	58.3	0.021 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.3 0.013	0.6 0.025	0.9 0.038	1.7 0.070	2.7 0.111	3.9 0.155	4.9 0.198	7.0 0.284	9.2 0.373	11.2 0.456	14.7 0.598	19.4 0.787	23.7 0.964	29.6 1.200	34.9 1.414	44.2 1.791	55.2 2.250	66.5 2.714	81.6 3.342
TOY052	65.0	0.020 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.4 0.014	0.7 0.028	1.1 0.046	2.0 0.083	3.4 0.136	4.9 0.195	7.4 0.296	11.0 0.436	15.5 0.615	19.6 0.775	23.8 0.940	27.7 1.101	34.9 1.384	47.9 1.900	62.5 2.480	79.2 3.139	96.2 3.821	127.8 5.068	170.4 6.761
TOY054	67.2	0.024 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.3 0.014	0.6 0.029	0.9 0.043	1.4 0.070	2.3 0.114	3.6 0.177	5.3 0.257	6.4 0.315	8.3 0.406	10.6 0.517	13.2 0.650	17.3 0.849	20.4 1.003	25.5 1.256	31.1 1.536	36.8 1.815	44.9 2.212	55.3 2.721	69.4 3.408
TOY057	78.1	0.024 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.011	0.4 0.021	0.7 0.032	0.9 0.043	1.4 0.065	2.0 0.099	2.8 0.135	3.7 0.181	5.9 0.286	7.3 0.355	10.8 0.524	14.2 0.692	18.6 0.903	24.8 1.193	33.2 1.593	43.4 2.088	54.8 2.628	73.0 3.499	96.3 4.613
TOY061	73.4	0.020 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.009	0.5 0.019	0.7 0.028	0.9 0.037	1.5 0.059	2.2 0.089	3.2 0.129	4.9 0.196	6.3 0.253	9.1 0.363	11.0 0.439	16.2 0.642	21.9 0.866	28.8 1.131	37.1 1.452	47.7 1.872	64.8 2.529	84.8 3.300	111.6 4.341
TOY062	85.5	0.051 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.012	0.2 0.024	0.4 0.037	0.5 0.049	0.6 0.061	0.7 0.073	0.8 0.086	1.0 0.098	1.3 0.136	1.9 0.188	2.5 0.250	3.2 0.324	4.3 0.426	5.4 0.539	7.0 0.699	8.7 0.871	11.3 1.138	15.2 1.534	22.0 2.228
TOY065	86.3	0.101 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.016	0.2 0.032	0.2 0.048	0.3 0.064	0.4 0.080	0.5 0.096	0.6 0.112	0.6 0.128	0.7 0.144	0.8 0.160	0.9 0.176	0.9 0.192	1.1 0.225	1.4 0.288	1.7 0.351	2.1 0.421	2.7 0.546	3.5 0.700	4.8 0.973
TOY066	87.2	0.025 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.3 0.013	0.5 0.027	0.8 0.040	1.2 0.059	1.9 0.092	3.0 0.147	4.7 0.232	6.8 0.335	9.6 0.476	13.1 0.656	17.2 0.864	21.7 1.090	26.7 1.348	34.7 1.754	45.4 2.293	54.0 2.731	67.8 3.431	86.2 4.359	114.5 5.779
TOY067	69.4	0.102 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.014	0.1 0.028	0.2 0.043	0.3 0.057	0.3 0.071	0.4 0.085	0.5 0.099	0.6 0.113	0.6 0.128	0.7 0.142	0.8 0.156	0.8 0.170	0.9 0.184	1.0 0.199	1.2 0.245	1.5 0.314	1.9 0.384	2.5 0.515	3.6 0.728
TOY069	68.7	0.075 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.016	0.2 0.032	0.3 0.047	0.4 0.063	0.5 0.079	0.6 0.095	0.7 0.111	0.9 0.126	1.0 0.142	1.2 0.176	1.5 0.219	1.8 0.263	2.1 0.313	2.6 0.387	3.2 0.469	3.9 0.585	5.0 0.751	6.7 1.010	10.8 1.629
TOY078	85.9	0.075 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.016	0.2 0.031	0.3 0.047	0.4 0.062	0.5 0.078	0.6 0.093	0.7 0.109	0.8 0.124	0.9 0.140	1.1 0.164	1.4 0.215	1.7 0.266	2.1 0.324	2.6 0.403	3.3 0.505	4.4 0.666	5.7 0.865	7.7 1.168	11.6 1.752
TOY079	73.4	0.025 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.3 0.013	0.5 0.026	0.8 0.039	1.2 0.057	1.9 0.093	2.8 0.141	3.9 0.196	5.3 0.264	7.0 0.352	9.4 0.476	12.1 0.614	15.3 0.772	20.6 1.042	26.8 1.353	33.1 1.677	39.6 2.012	48.9 2.482	61.2 3.114	77.7 3.953
TOY081	73.8	0.075 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.015	0.2 0.030	0.3 0.046	0.4 0.061	0.5 0.076	0.6 0.091	0.7 0.106	0.8 0.122	0.9 0.137	1.0 0.152	1.3 0.200	1.6 0.247	1.9 0.295	2.4 0.369	3.0 0.447	3.8 0.569	4.8 0.731	6.3 0.982	9.6 1.443
TOY083	75.7	0.020 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.3 0.013	0.6 0.026	0.9 0.038	1.6 0.065	2.6 0.106	3.8 0.152	6.0 0.239	8.1 0.323	10.8 0.430	14.8 0.589	19.9 0.789	25.8 1.022	34.1 1.346	42.0 1.666	54.3 2.144	69.3 2.723	86.2 3.372	111.6 4.370	148.0 5.799
TOY085	89.4	0.050 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.012	0.2 0.023	0.3 0.035	0.5 0.046	0.6 0.058	0.7 0.069	0.8 0.081	0.9 0.093	1.2 0.116	1.6 0.157	2.0 0.197	2.7 0.269	3.5 0.350	4.5 0.449	5.9 0.594	7.5 0.755	9.9 0.991	13.2 1.318	19.7 1.968
TOY086	92.5	0.102 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.016	0.2 0.032	0.2 0.048	0.3 0.064	0.4 0.080	0.5 0.096	0.5 0.113	0.6 0.129	0.7 0.145	0.8 0.161	0.9 0.177	0.9 0.193	1.1 0.224	1.5 0.299	1.8 0.374	2.4 0.488	3.2 0.634	4.6 0.945	7.5 1.322
供试体	Dr(%)	$\varepsilon_a(\%)$	u	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95

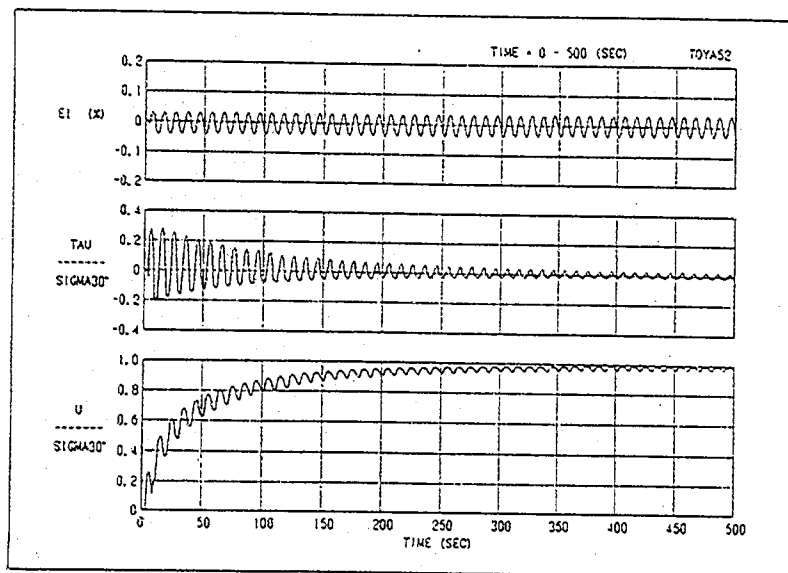
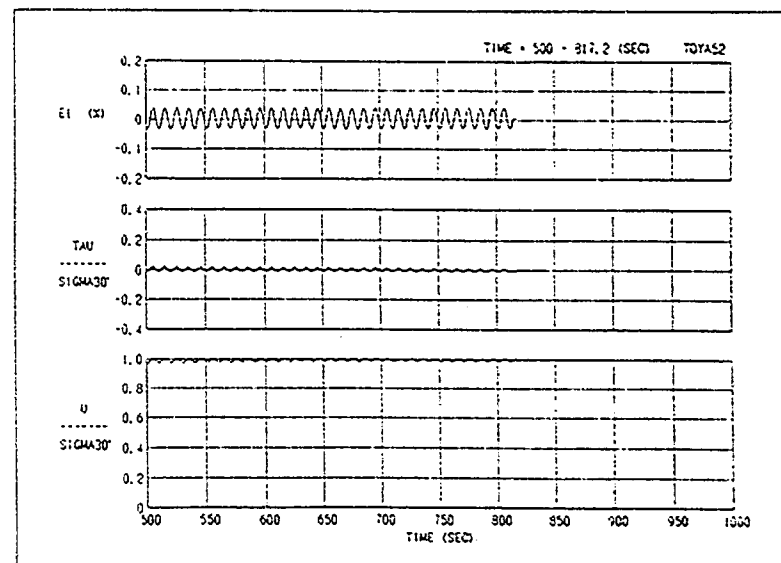
卷末資料－２ 有効拘束圧の影響

表 - 2 有効拘束圧の影響試験条件一覧

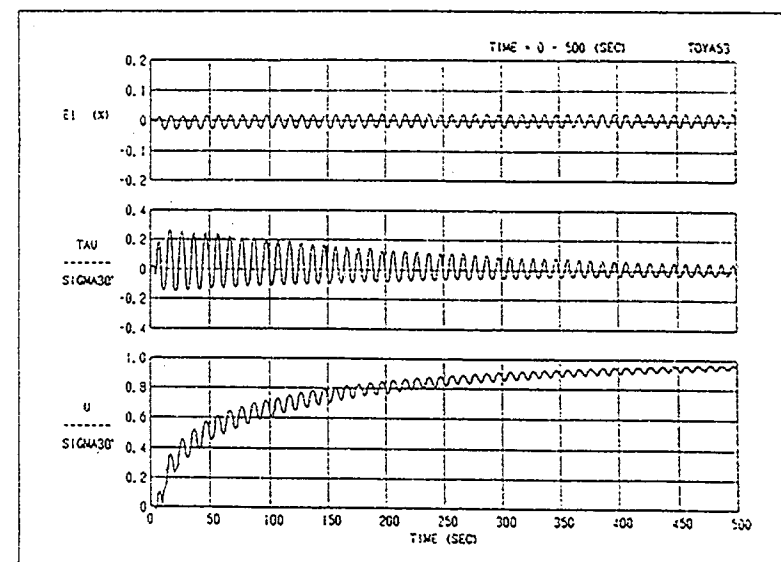
供試体No.	横 圧 (kg/cm ²)	相 対 密 度 D _r (%)	軸ひずみ ϵ_s (%)	載荷回数 n	B 値
TOYA50	0.25	82.0	0.050	30	0.95
TOYA52	0.25	93.2	0.037	80	0.95
TOYA53	0.25	89.0	0.024	110	0.95
TOYA01	0.50	52.9	0.101	15	1.00
TO08YA	0.50	96.2	0.051	45	1.00
TOYA10	0.50	84.5	0.025	90	1.00
TOYA23	0.50	77.6	0.055	45	1.00
TOYA26	0.50	81.6	0.101	15	1.00
TOYA28	0.50	85.1	0.025	105	1.00
TOYA17	1.00	112.4	0.102	25	0.98
TOYA36	1.00	81.0	0.051	47	0.98
TOYA43	1.00	79.2	0.042	60	0.95
TOYA44	1.00	94.1	0.041	85	1.00
TOYA25	1.50	85.0	0.051	56	1.00
TOYA32	1.50	87.8	0.102	29	0.95
TOYA34	1.50	90.3	0.037	145	1.00
TOYA41	1.50	80.6	0.042	85	0.95
TOYA42	1.50	93.6	0.043	120	0.95
TOYA11	2.00	89.9	0.102	55	0.97
TOYA12	2.00	83.4	0.049	90	1.00
TOYA37	2.00	81.3	0.076	55	0.95
TOYA38	2.00	82.7	0.154	35	0.95



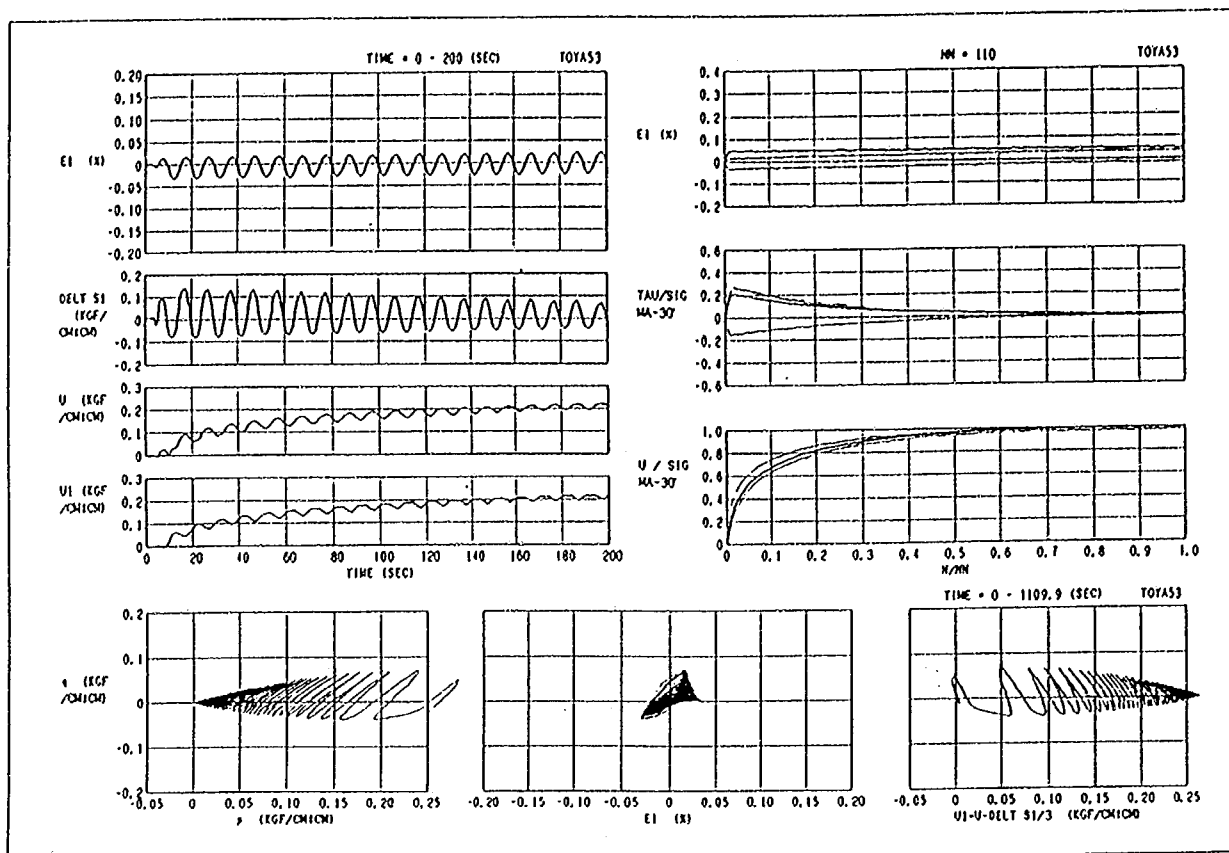
TOYA50

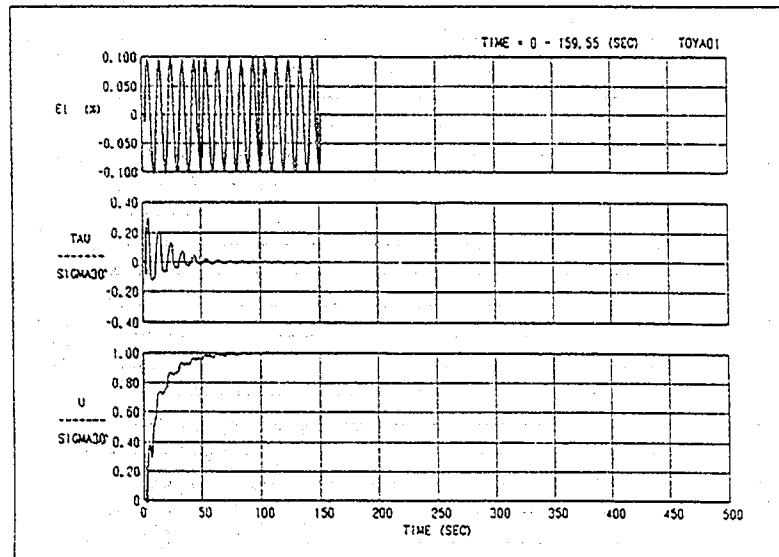


TOYA52

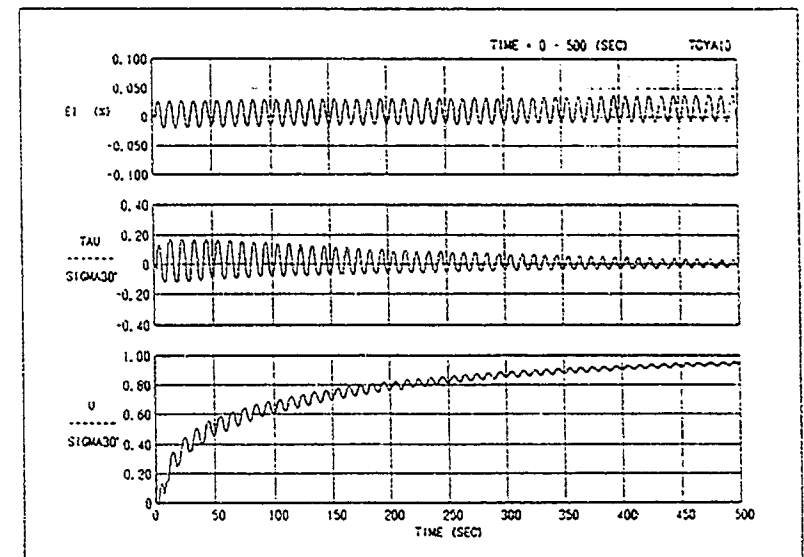


TOYA53

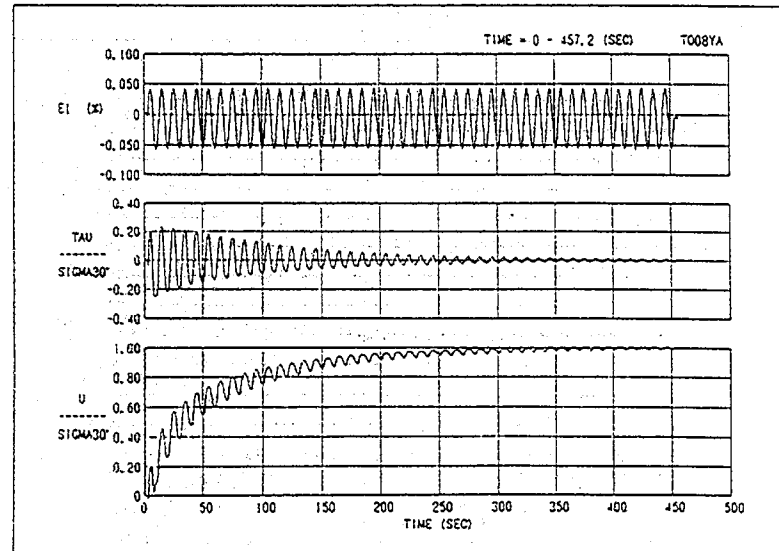




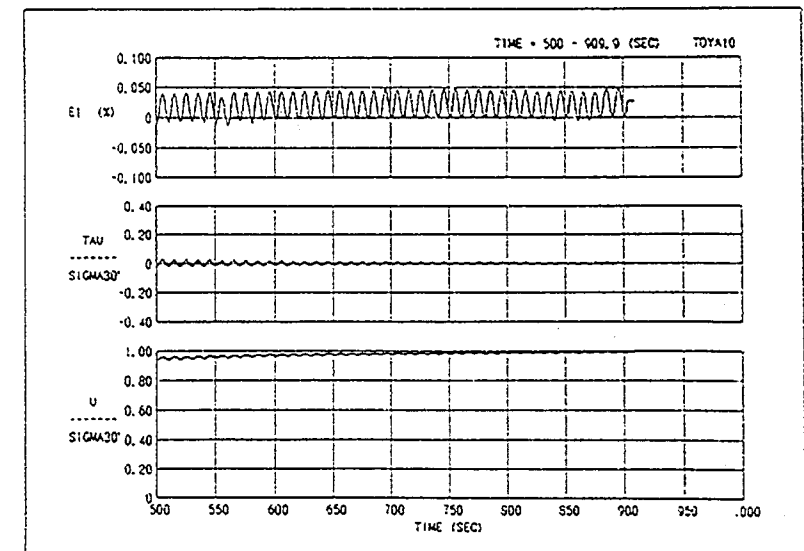
TOYA01

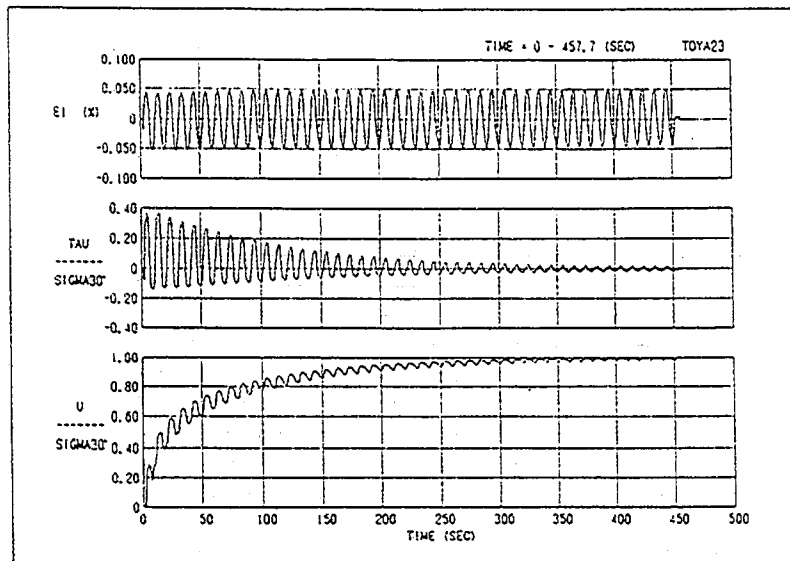


TOYA10

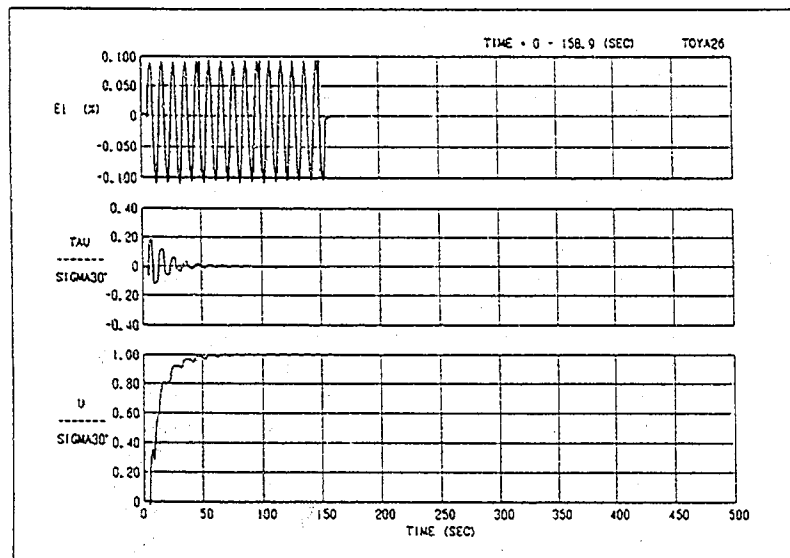
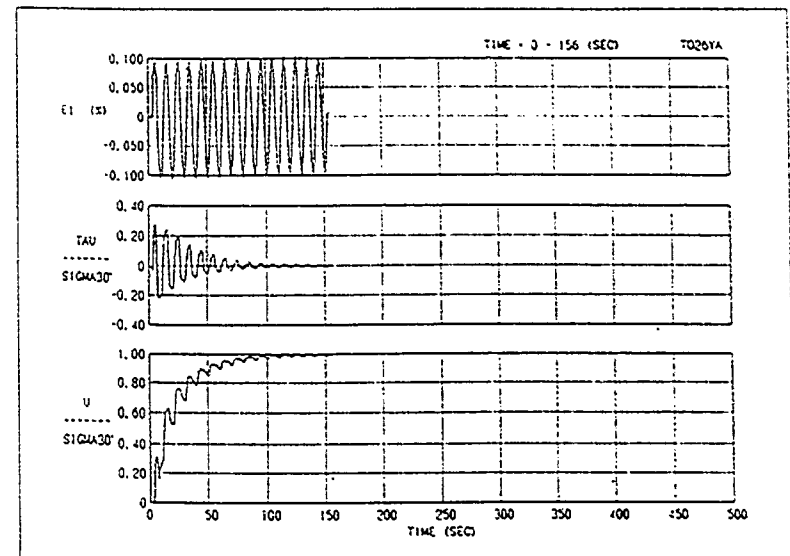


T008YA

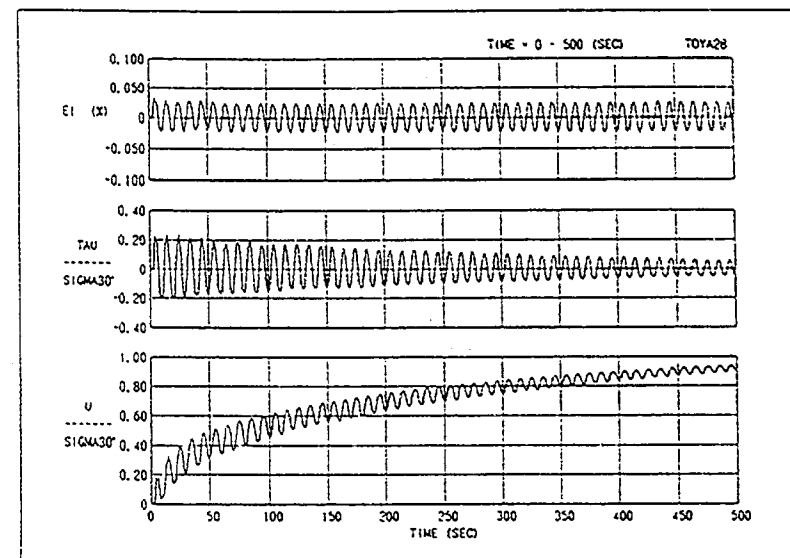




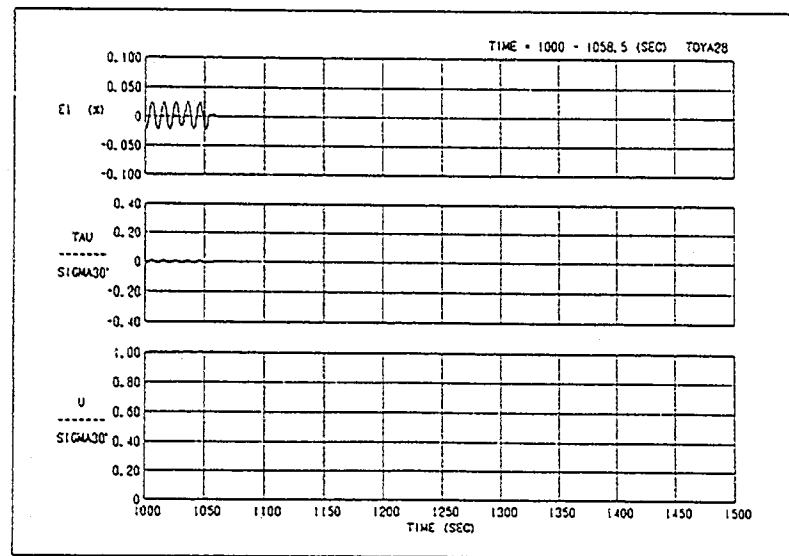
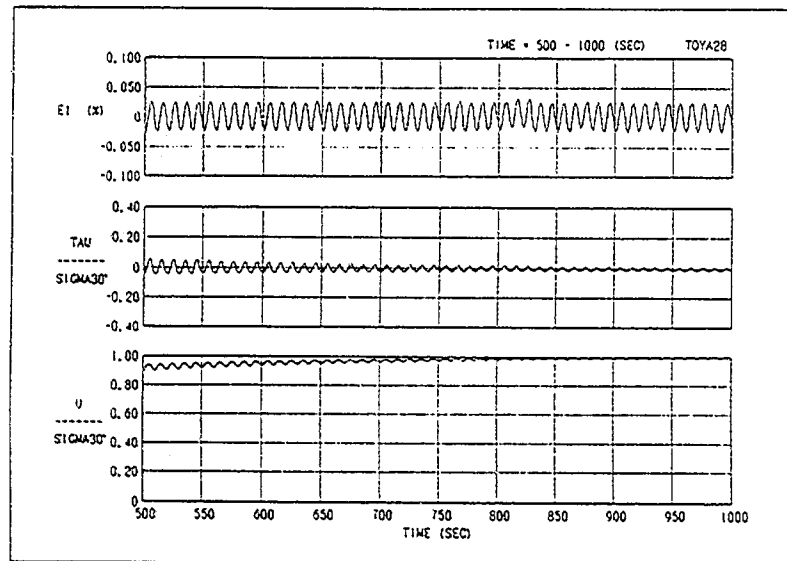
TOYA23

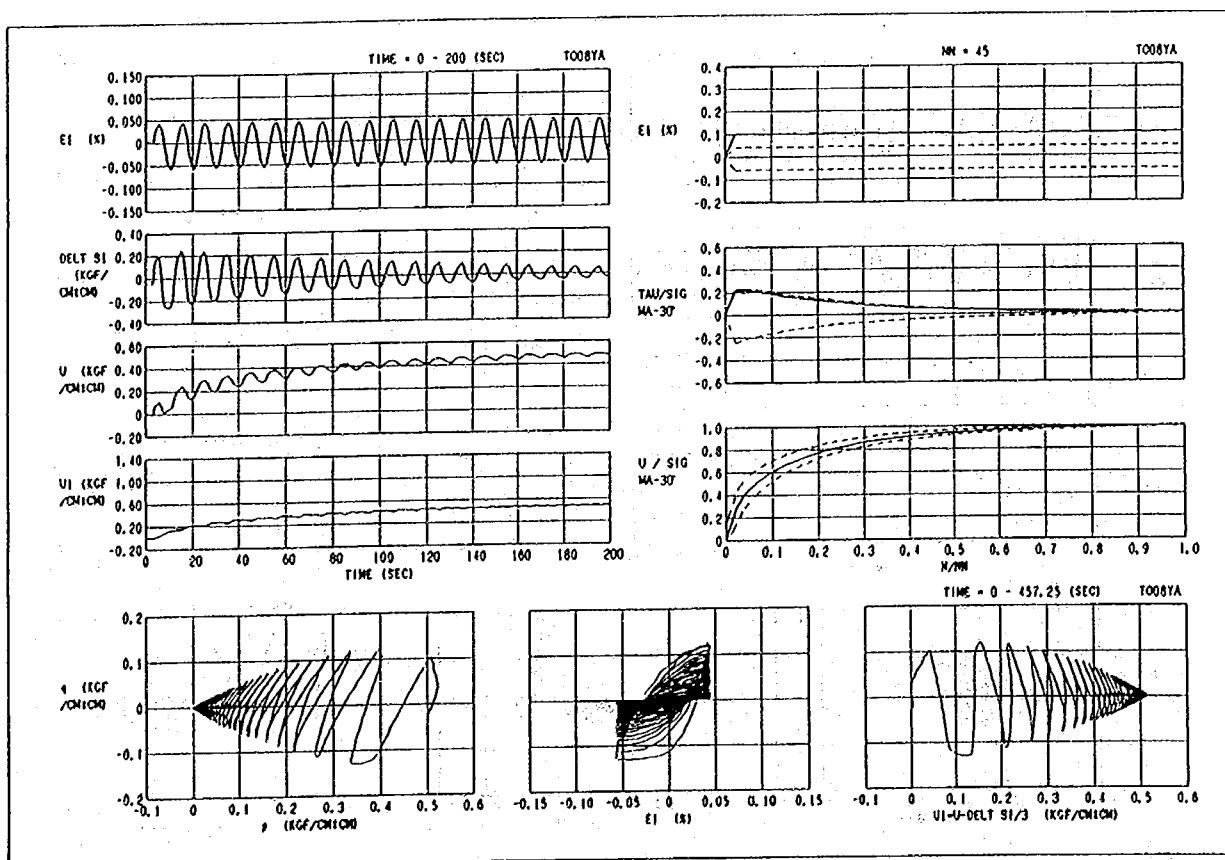
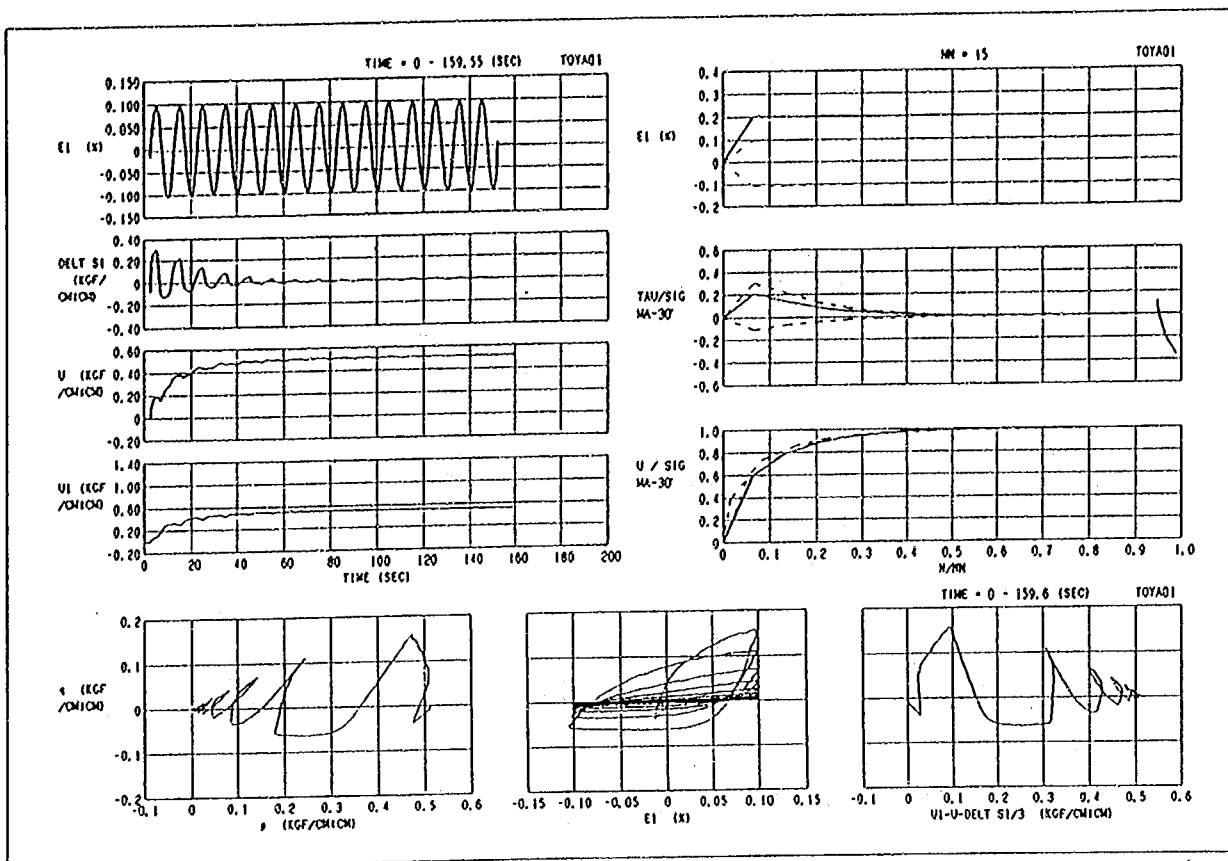


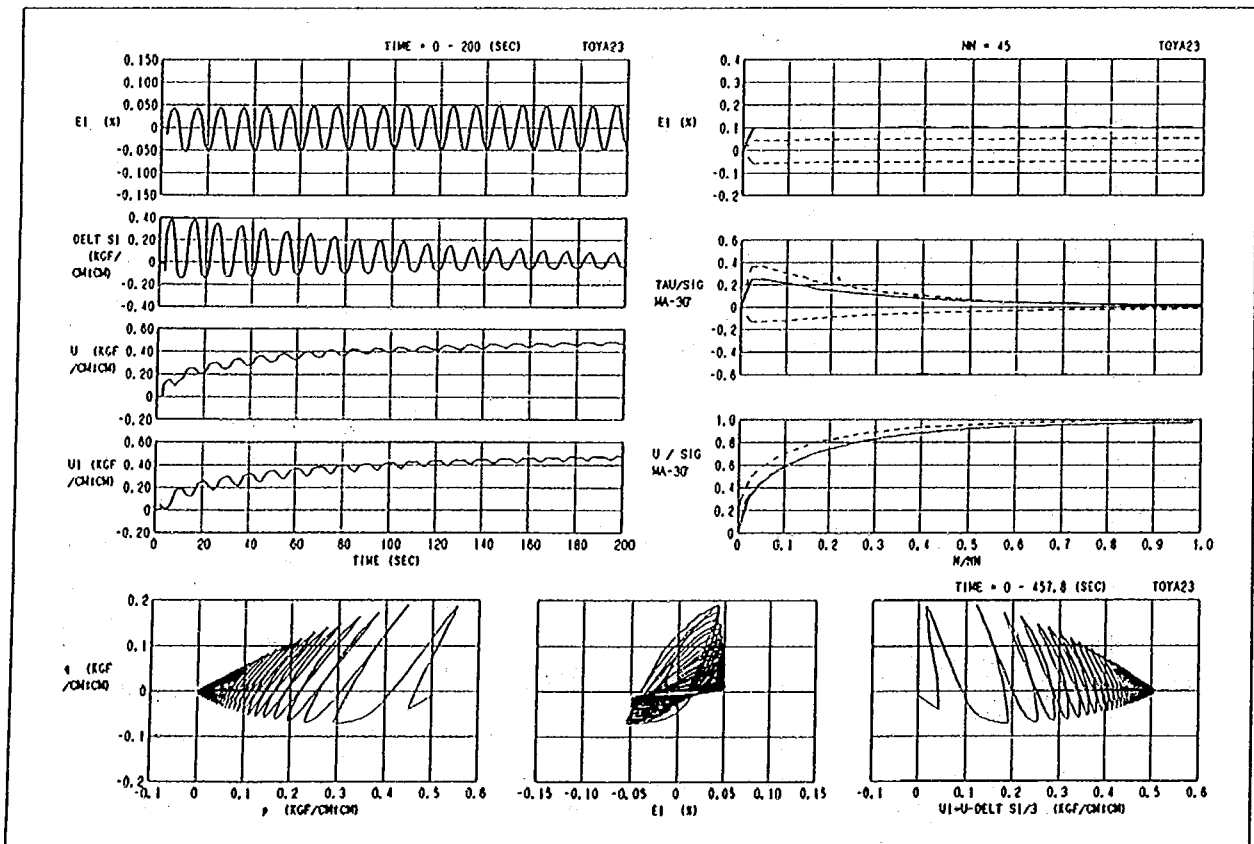
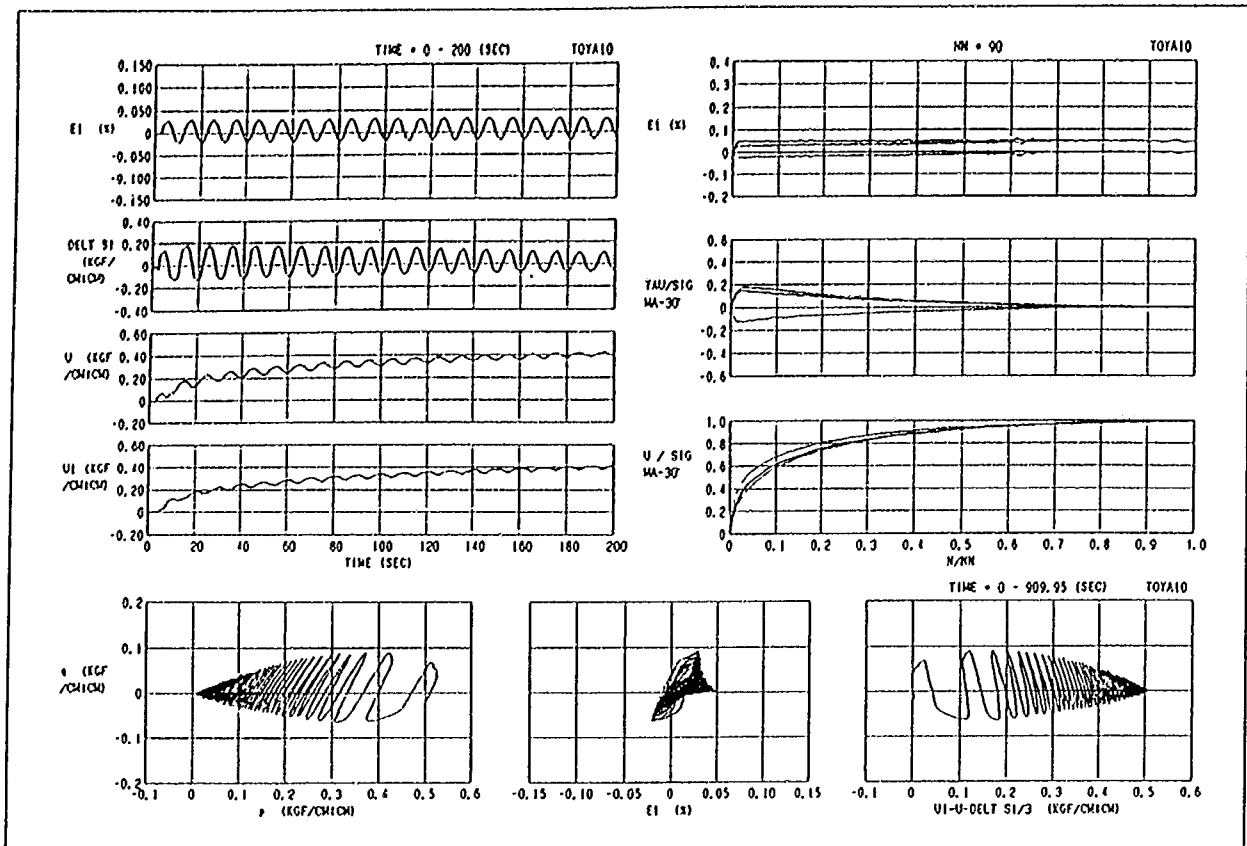
TOYA26

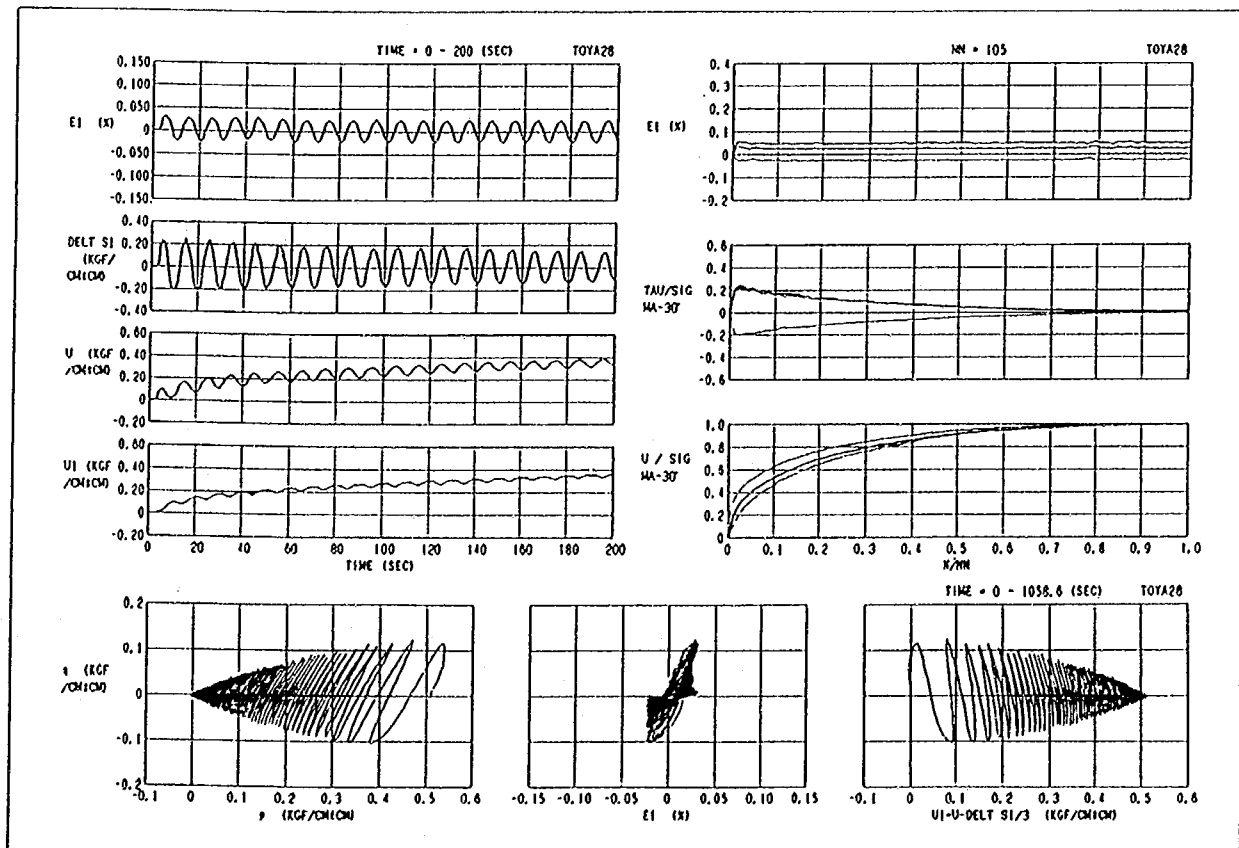
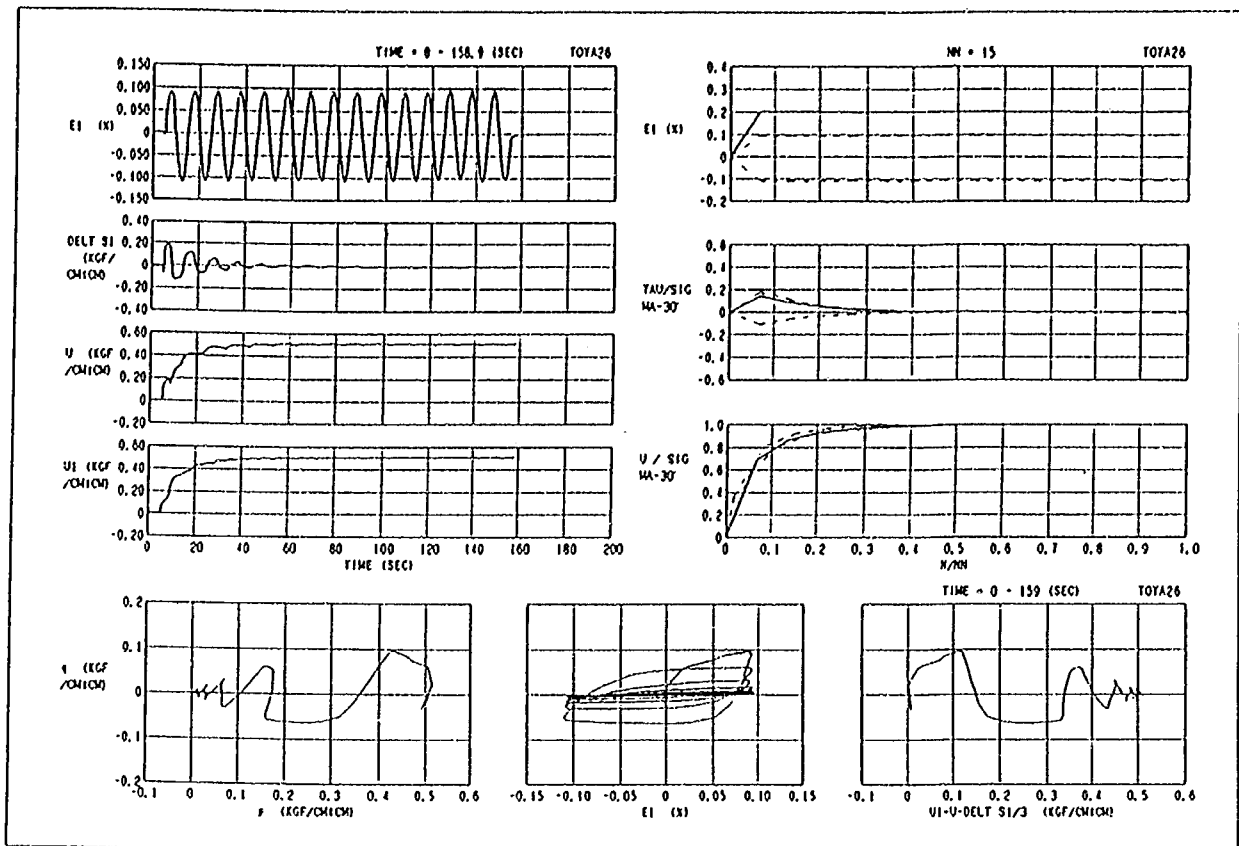


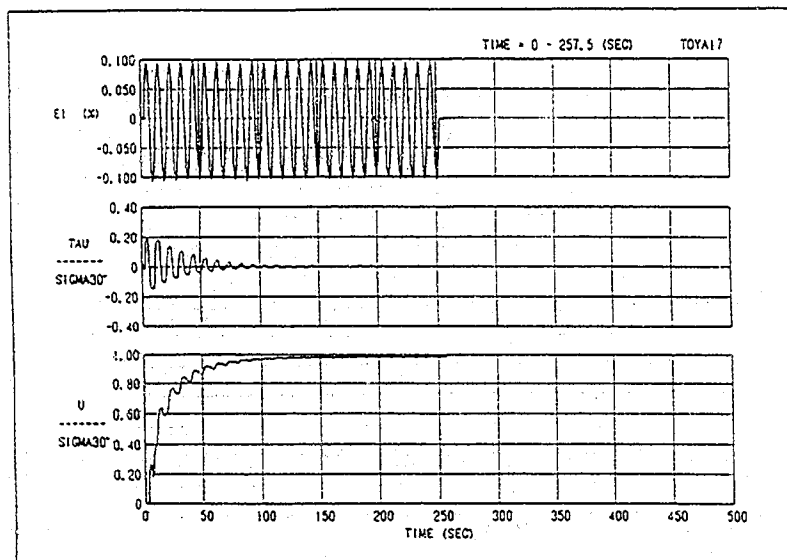
TOYA28



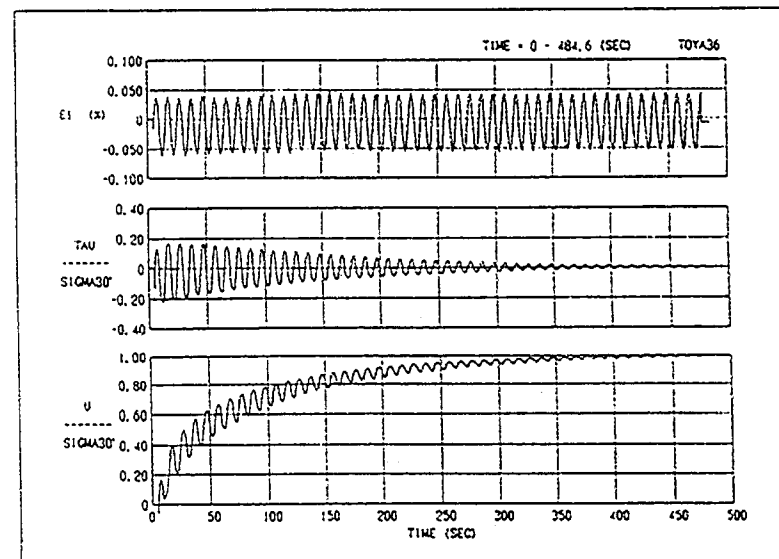




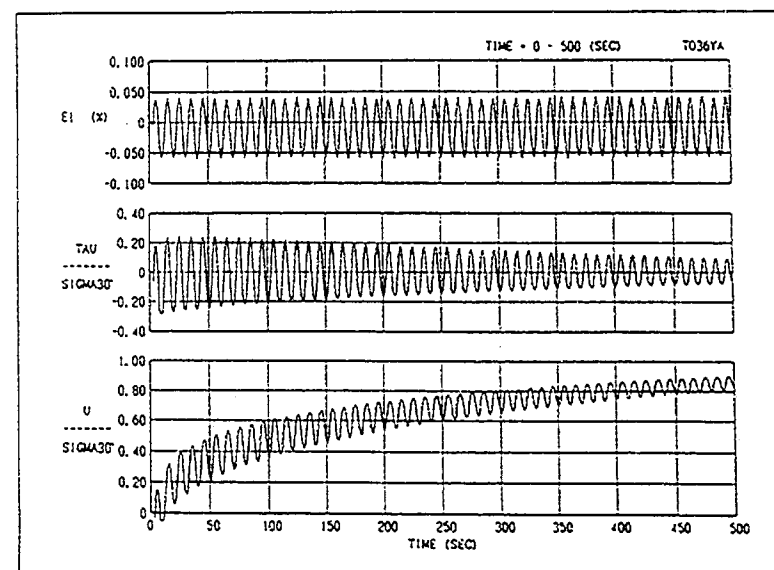
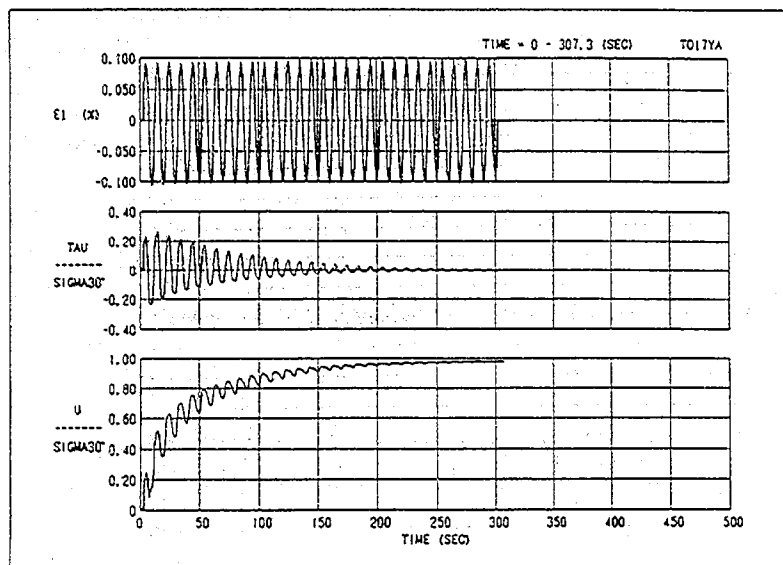


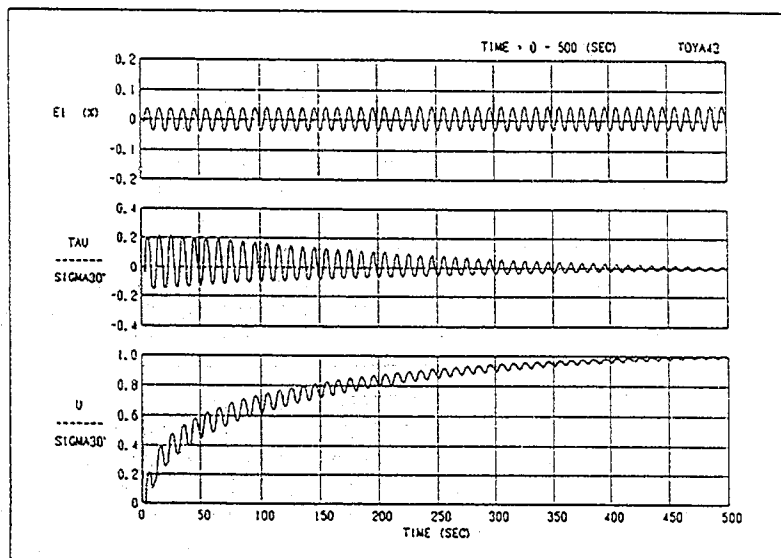
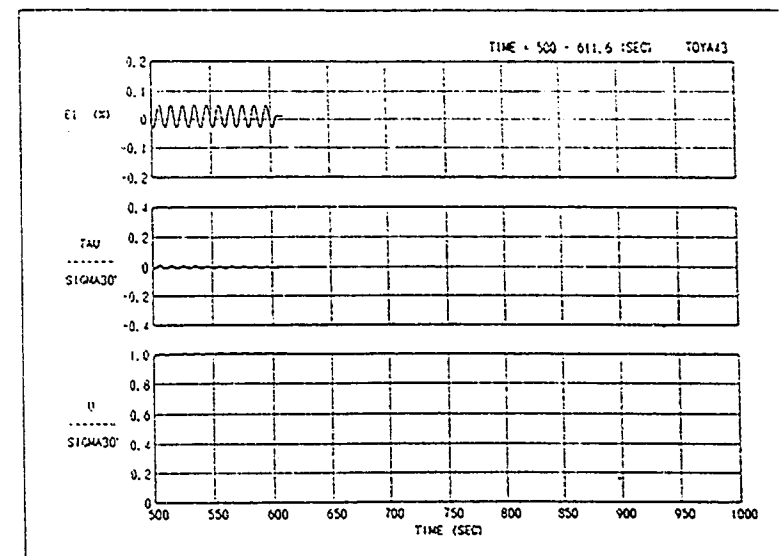
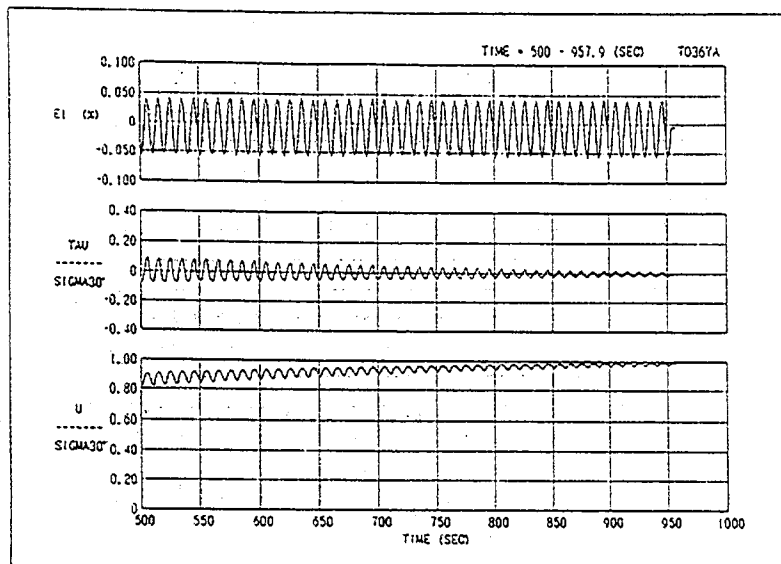


TOYA17

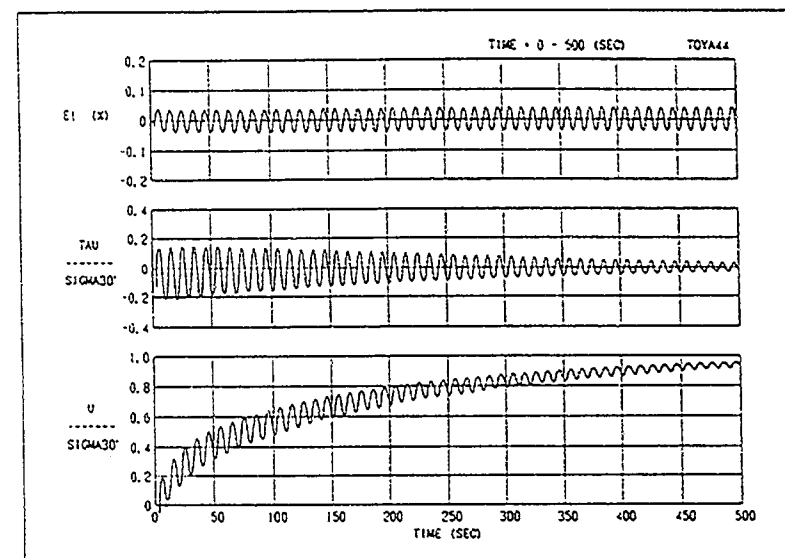


TOYA36

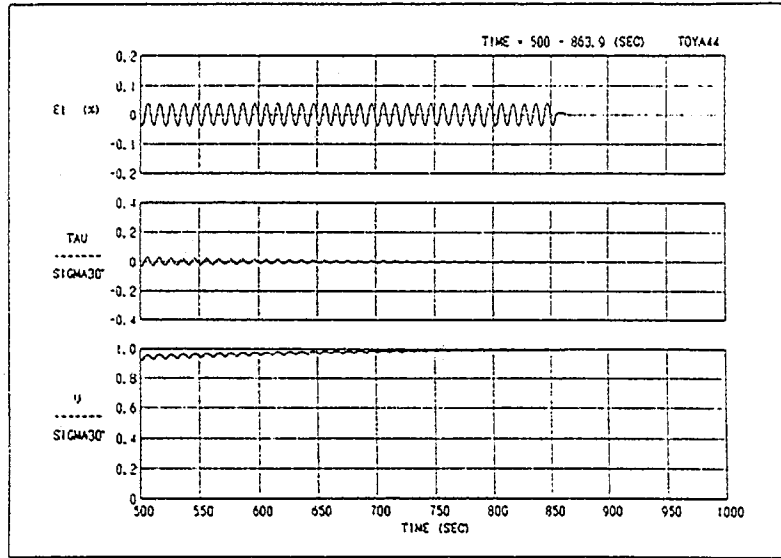


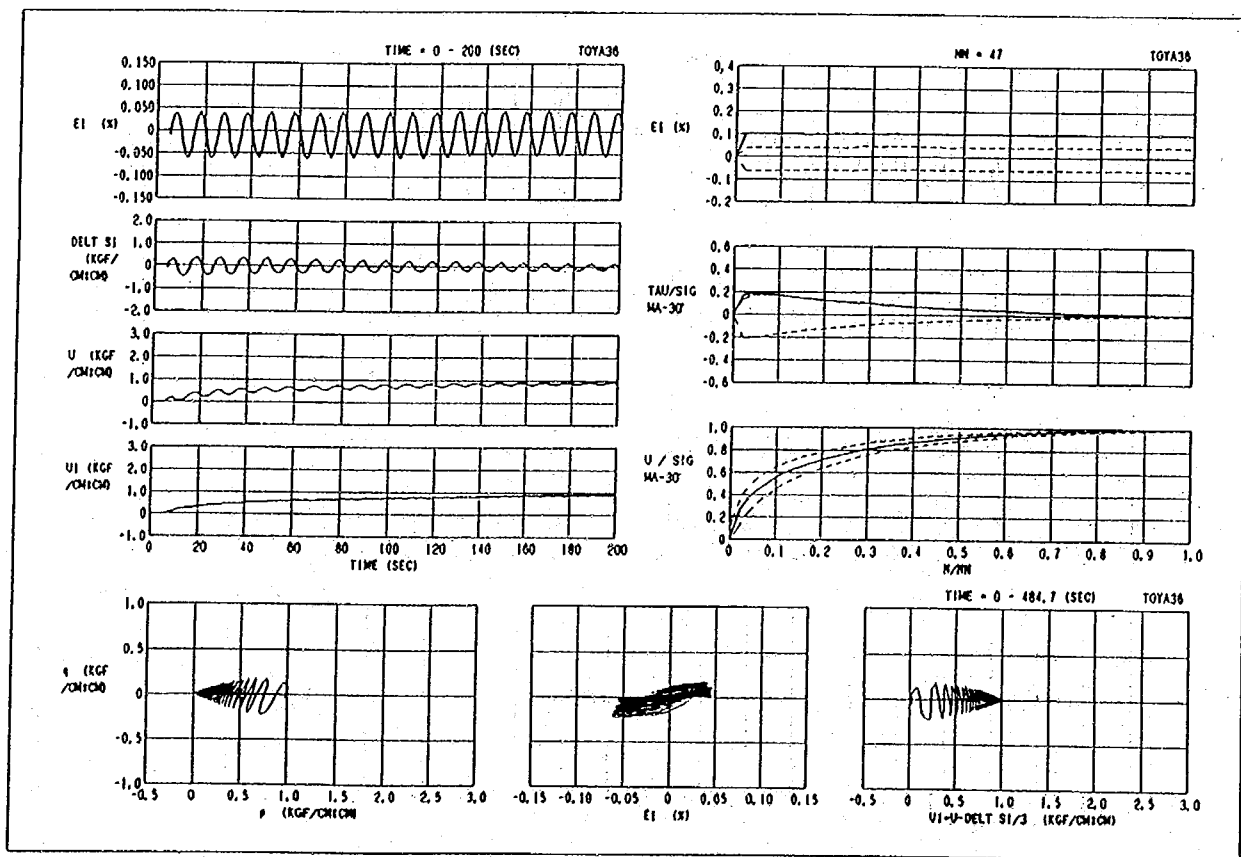
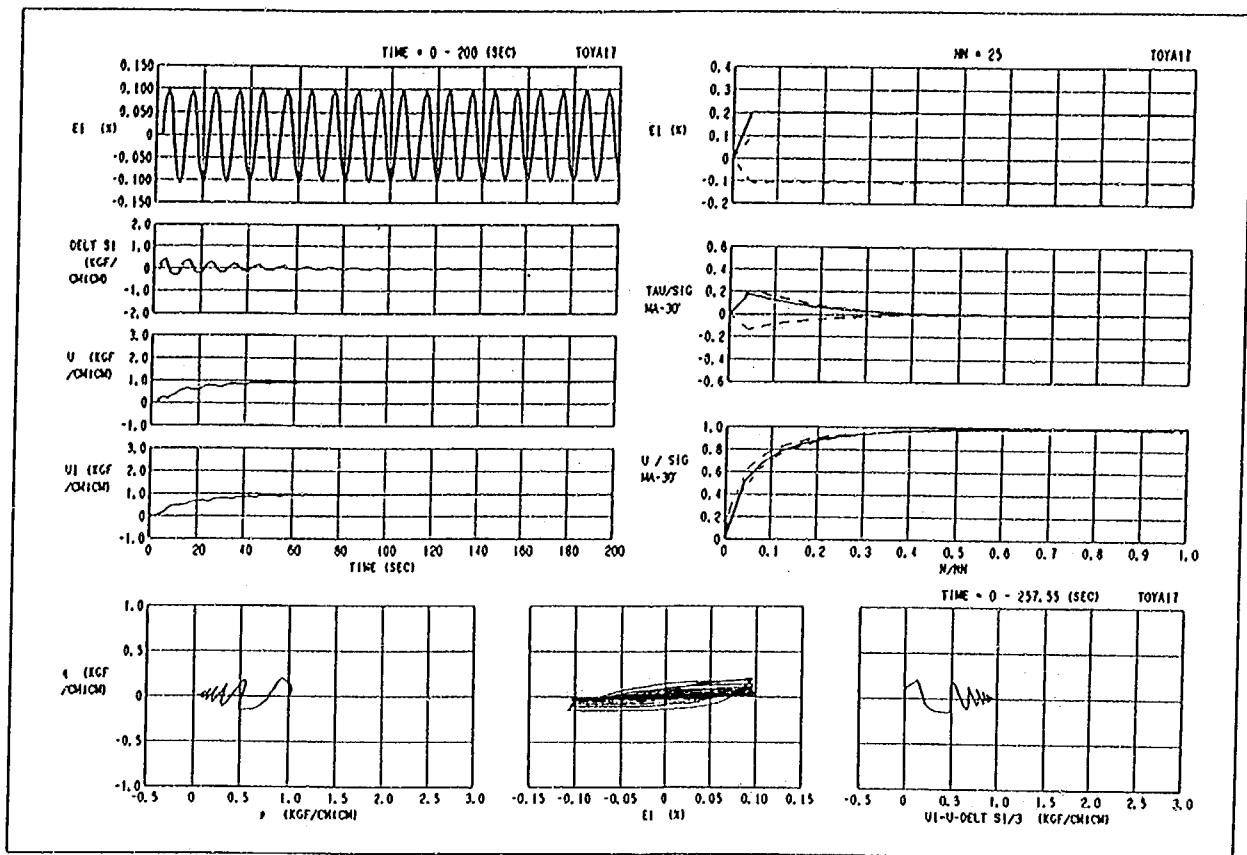


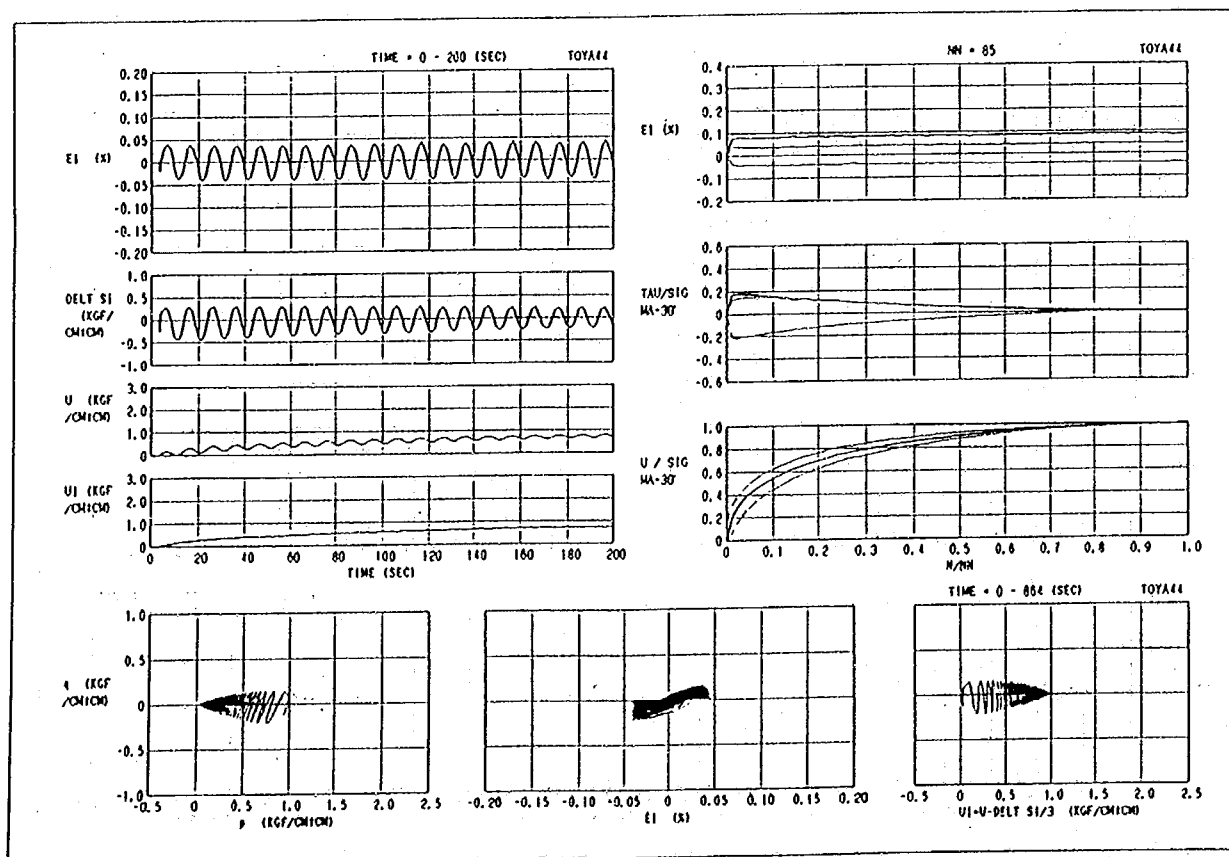
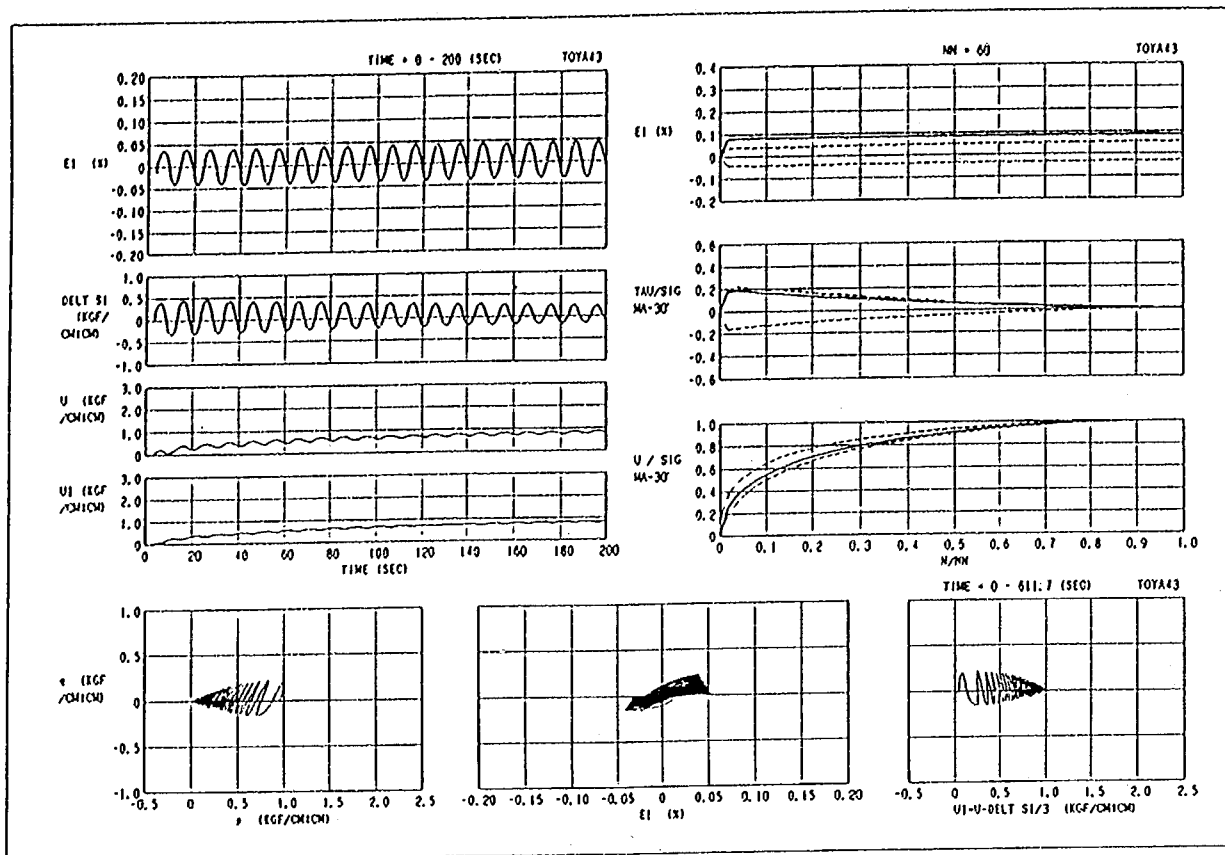
TOYA43

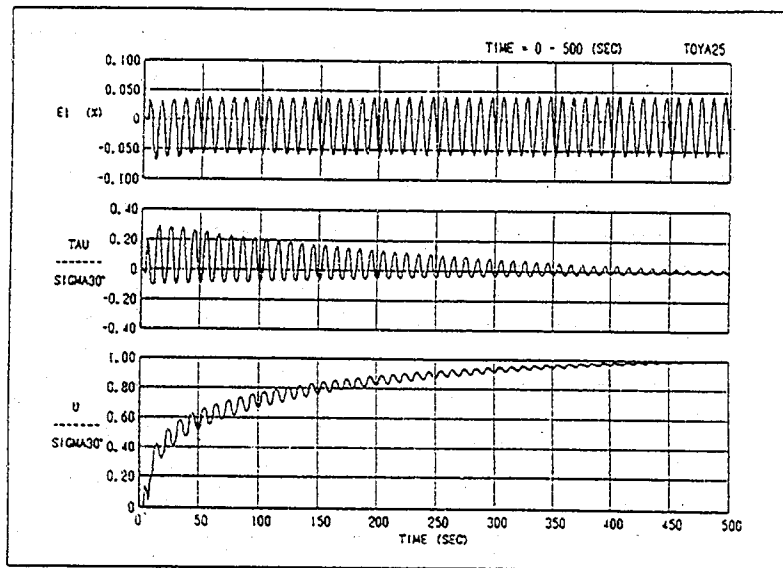


TOYA44

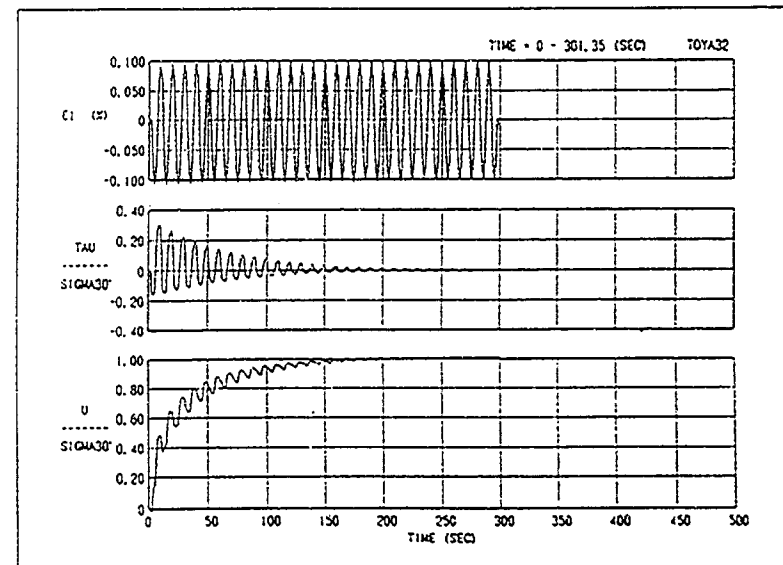




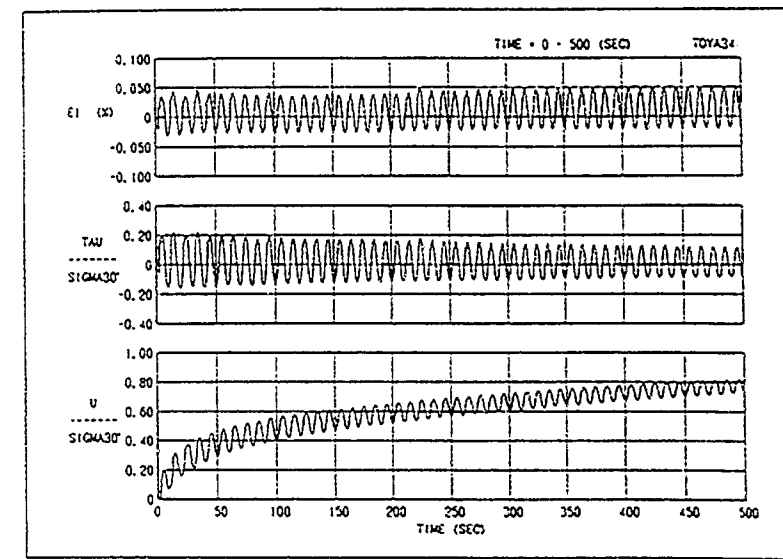
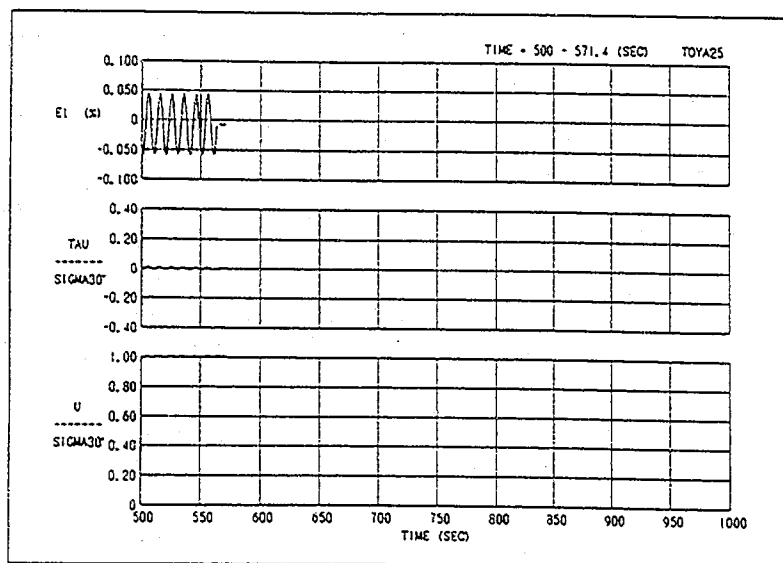




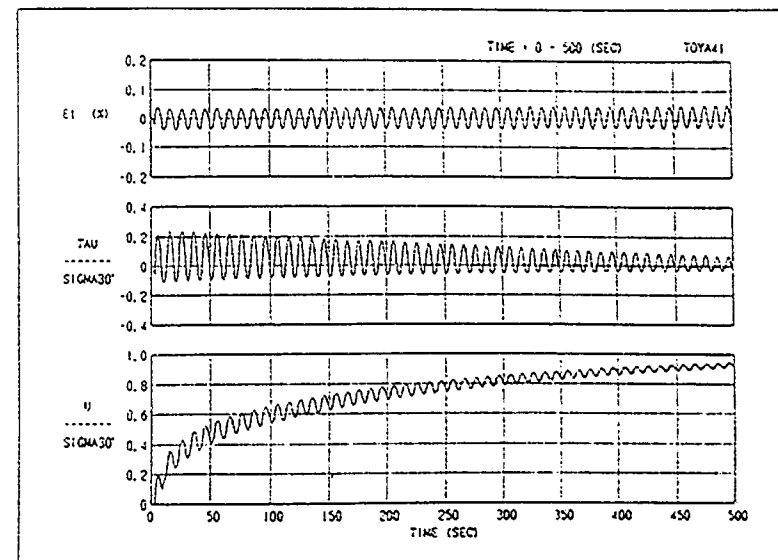
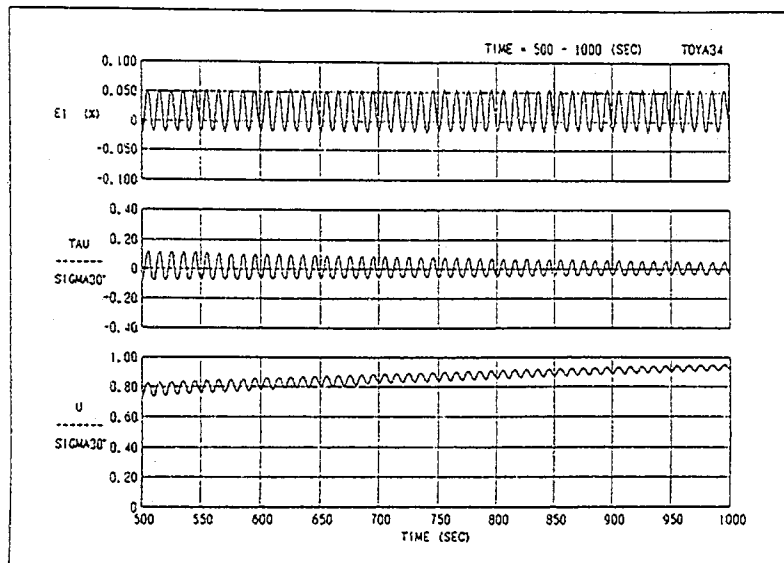
TOYA25



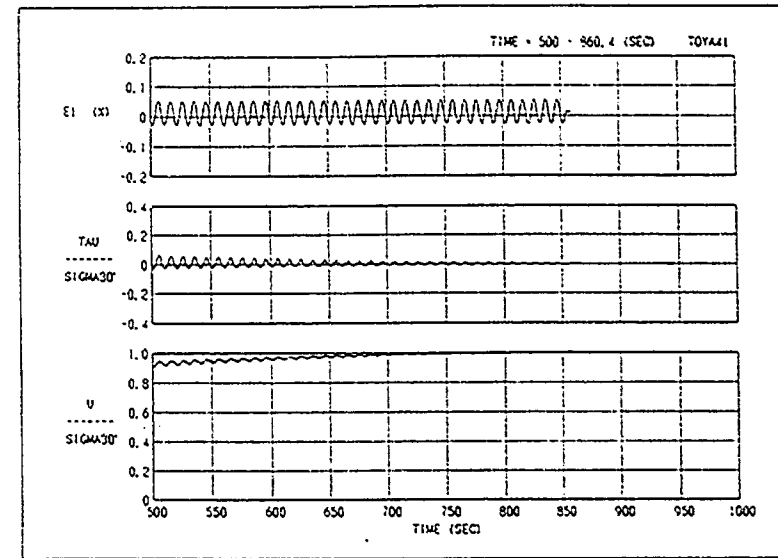
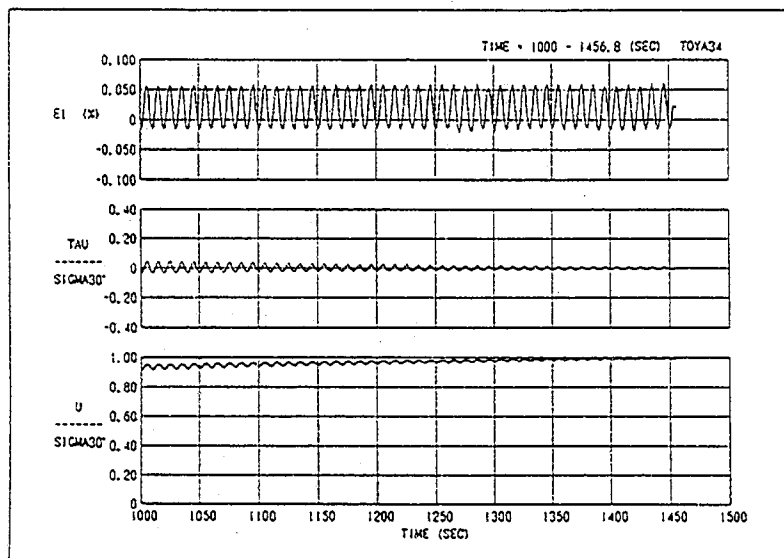
TOYA32

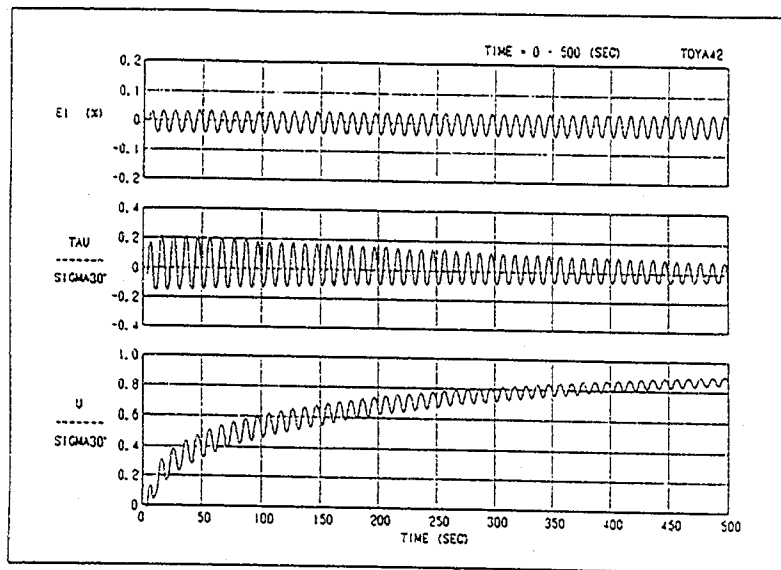


TOYA34

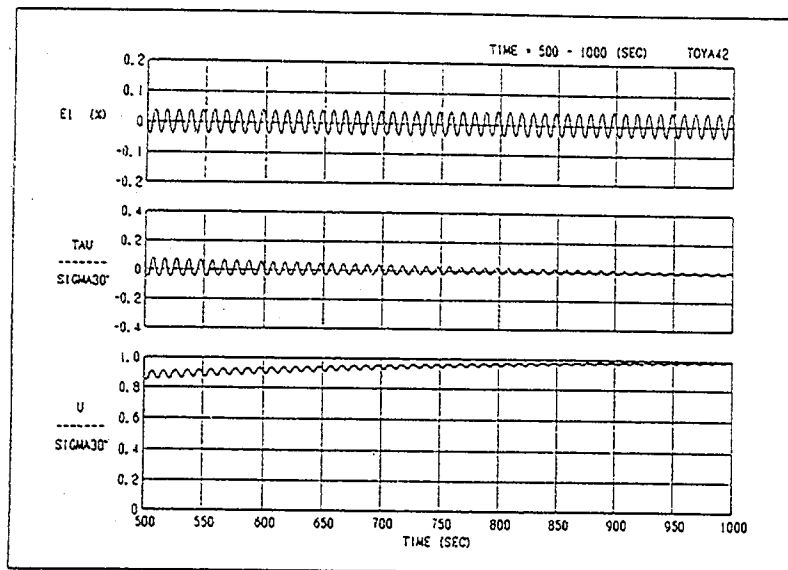
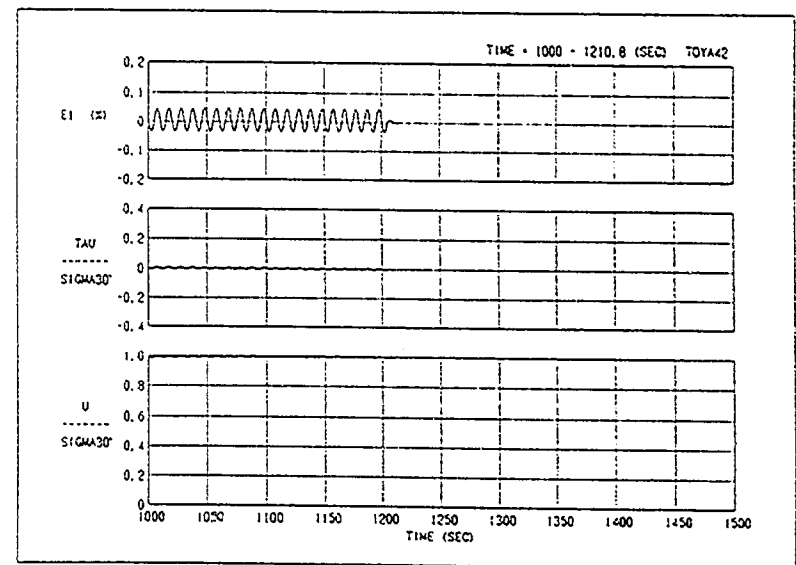


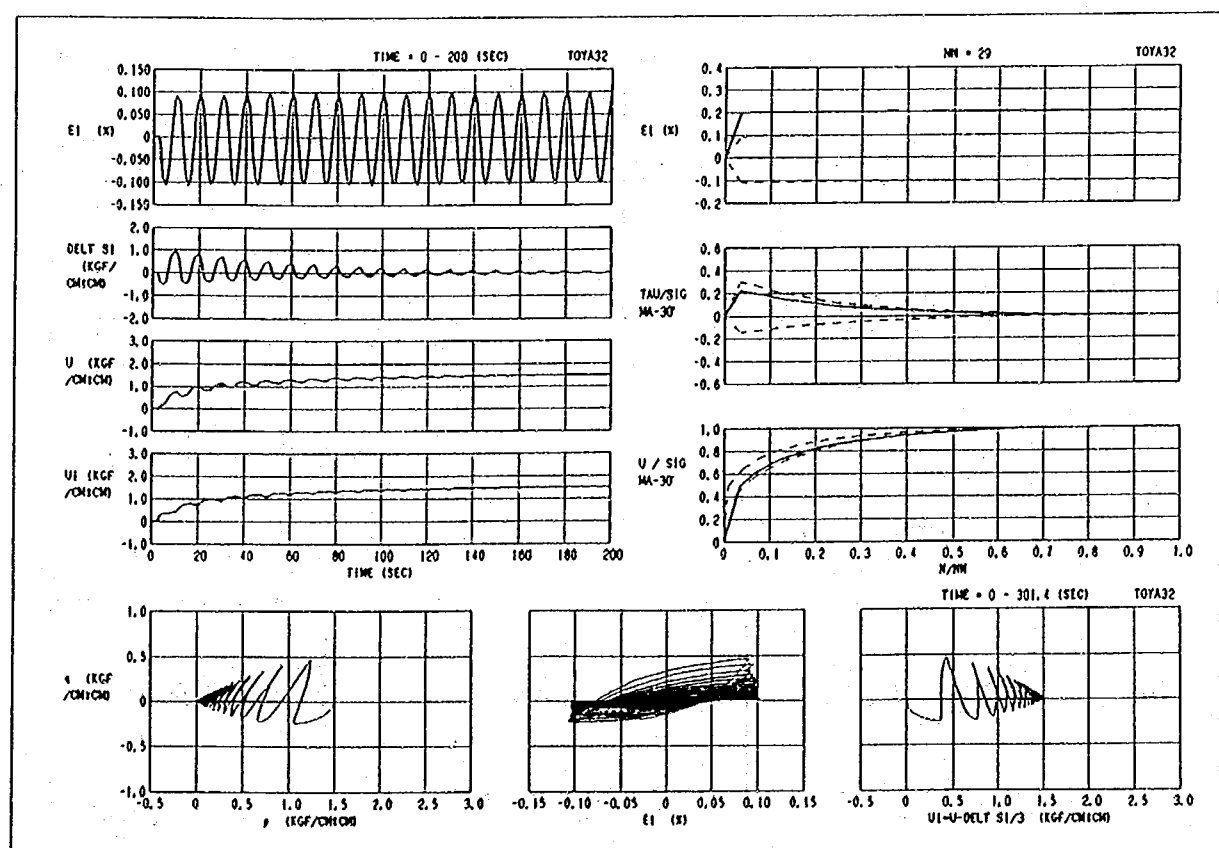
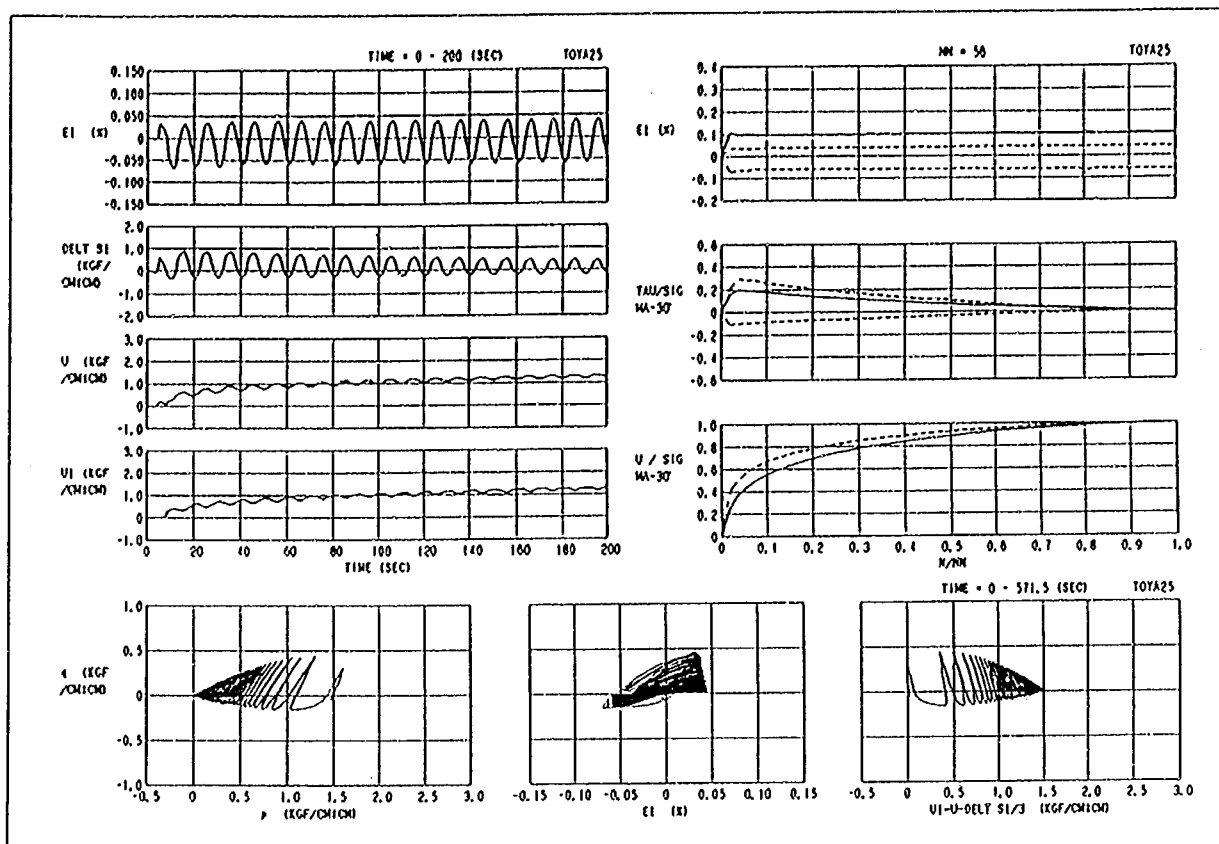
TOYA41

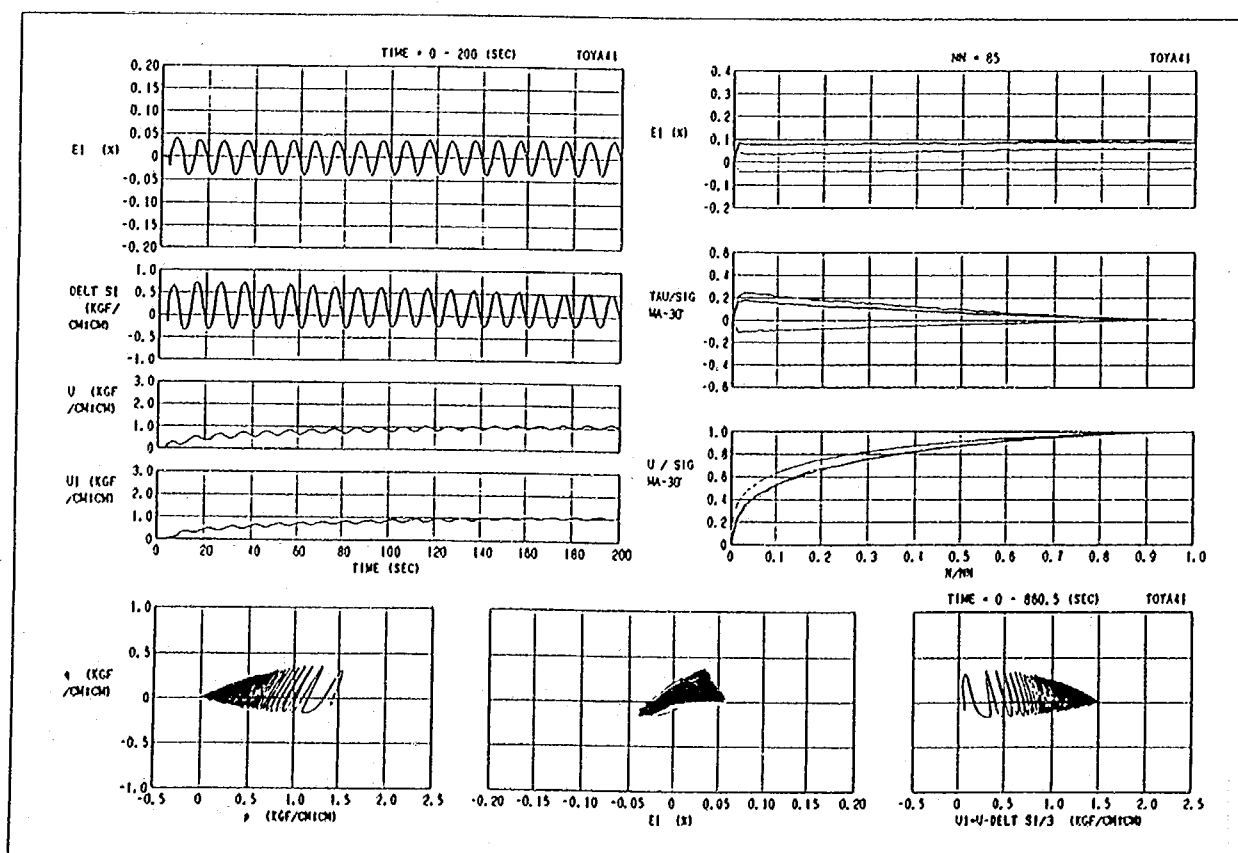
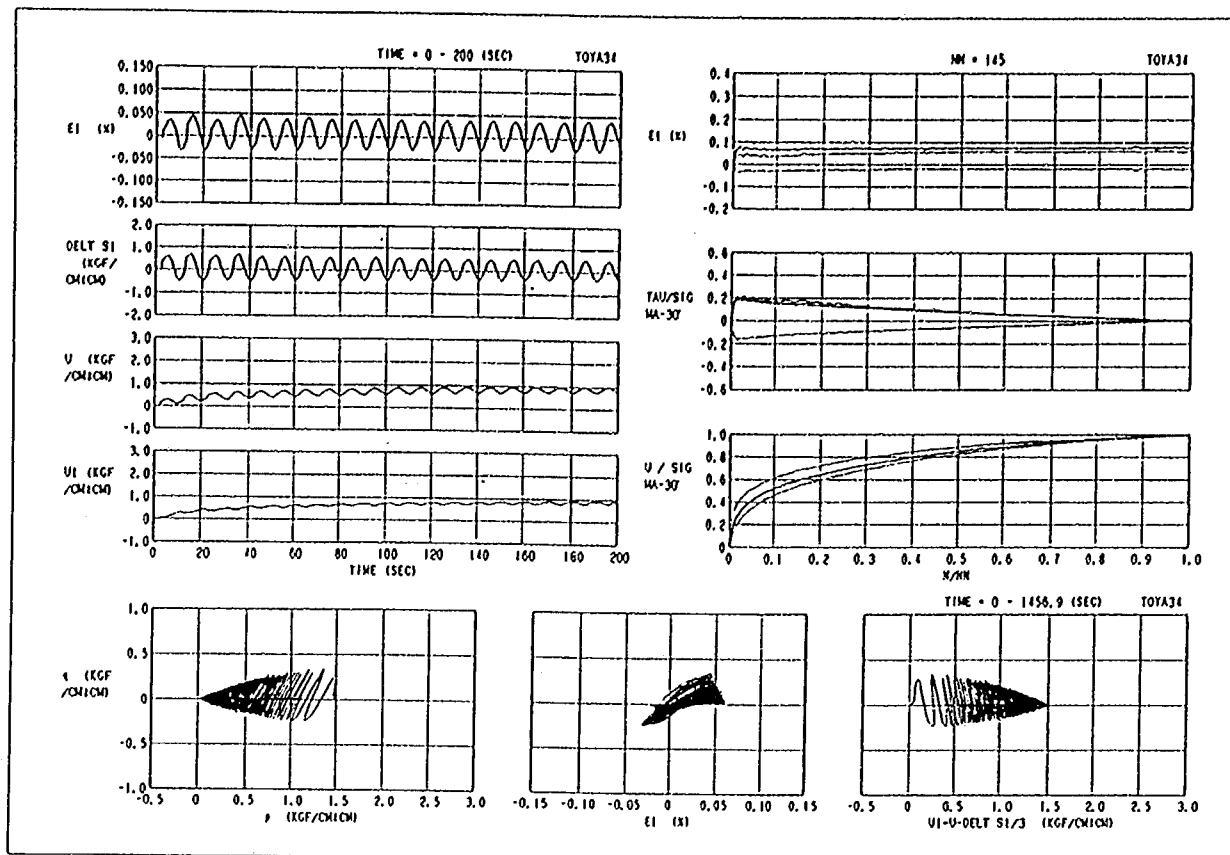


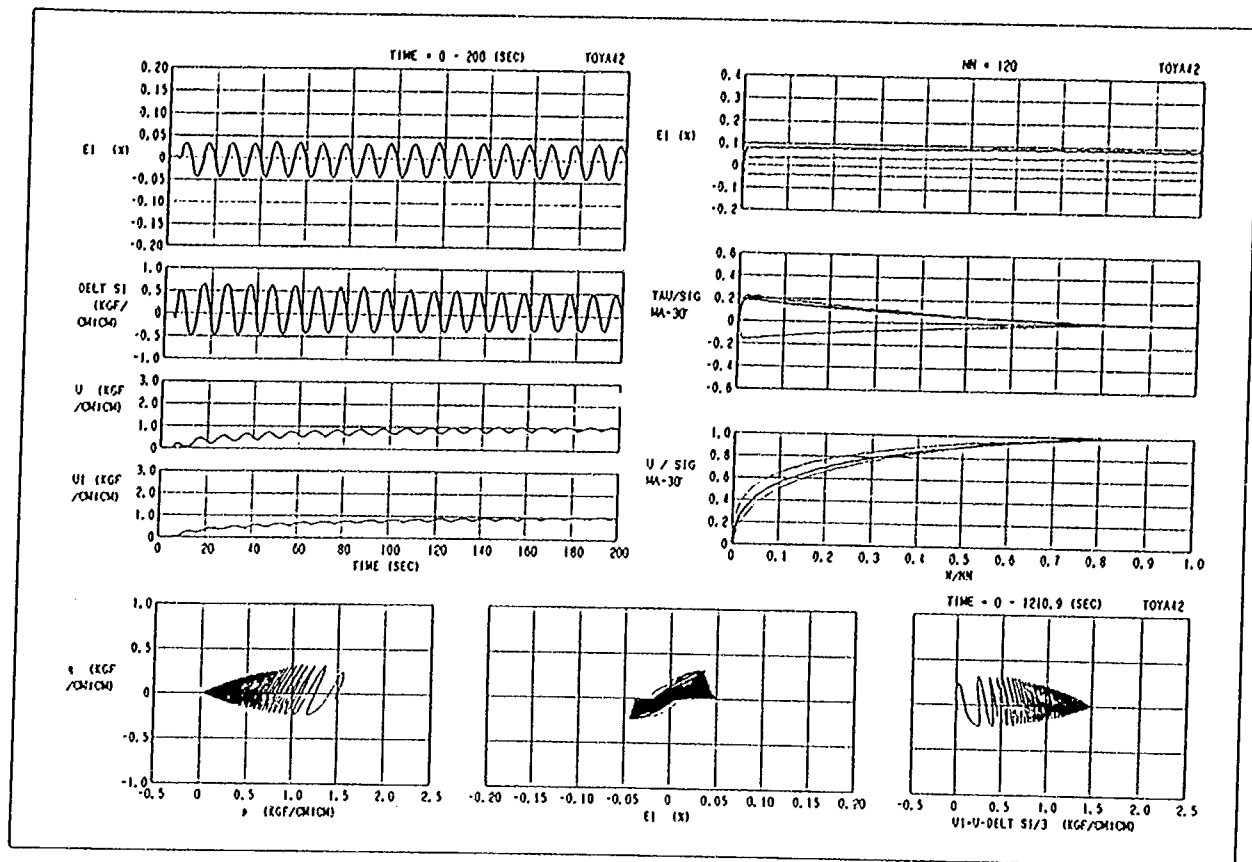


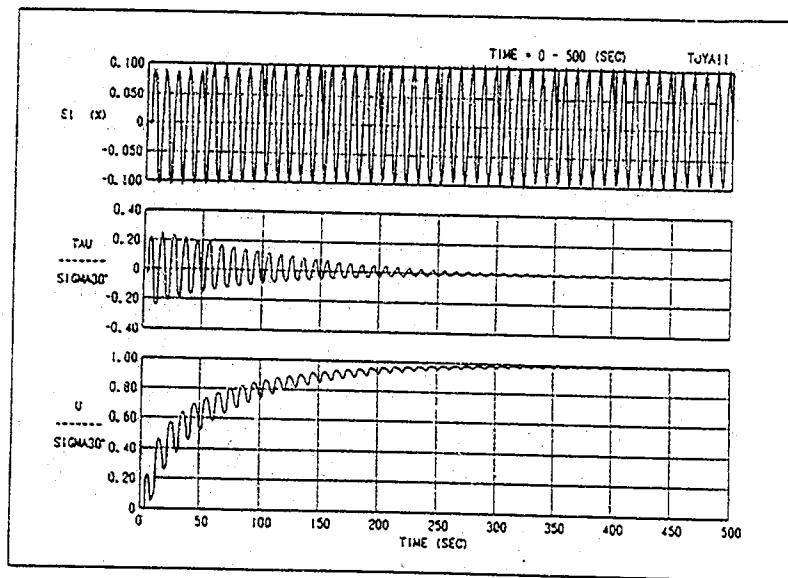
TOYA42



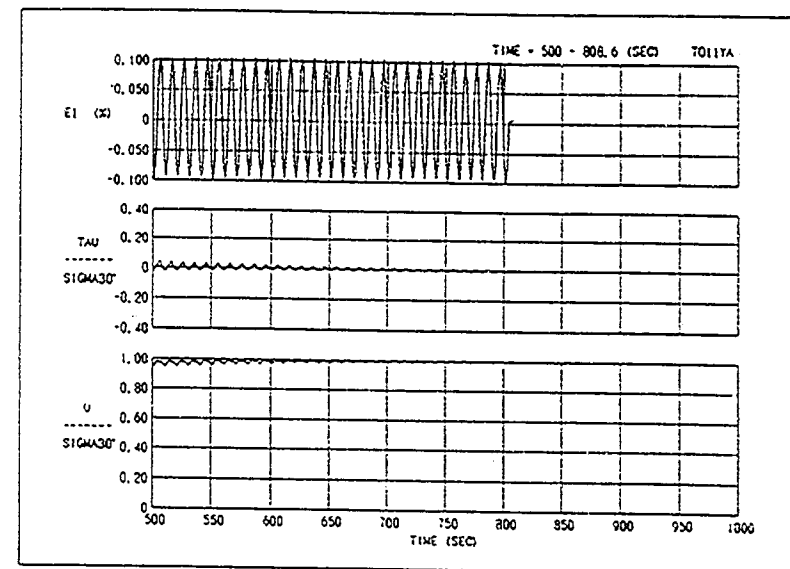
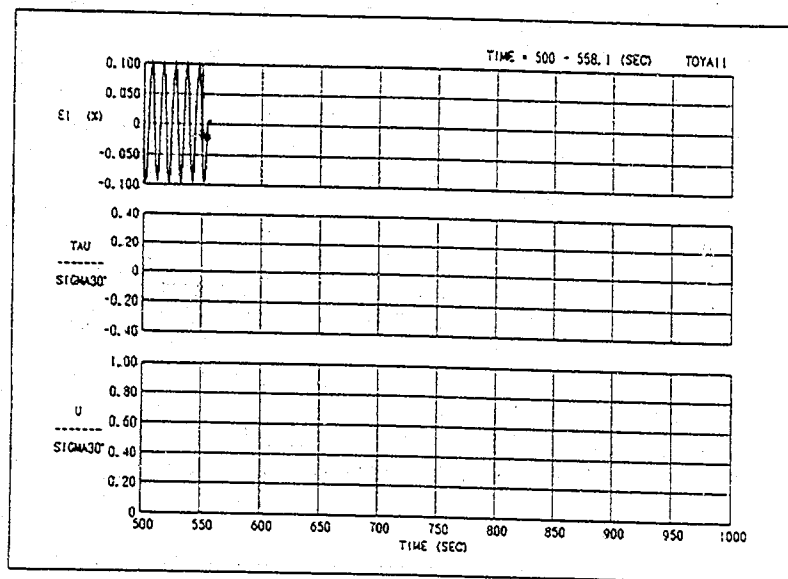
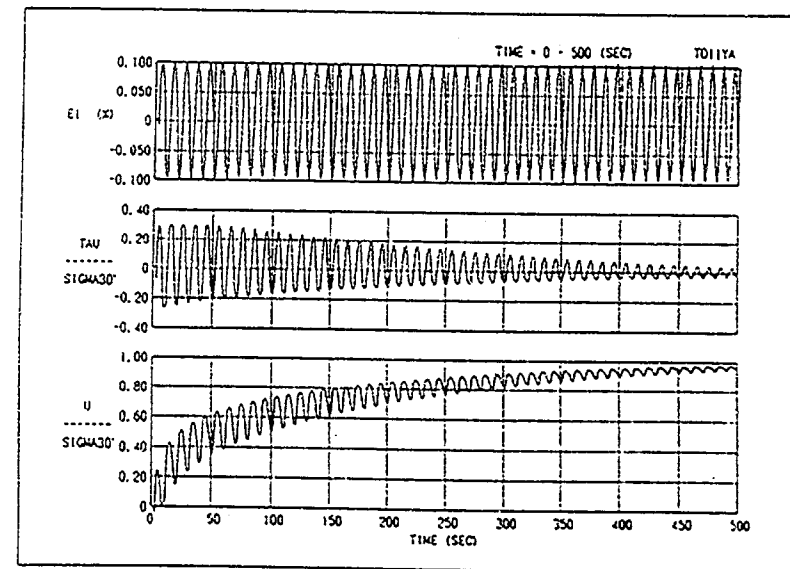


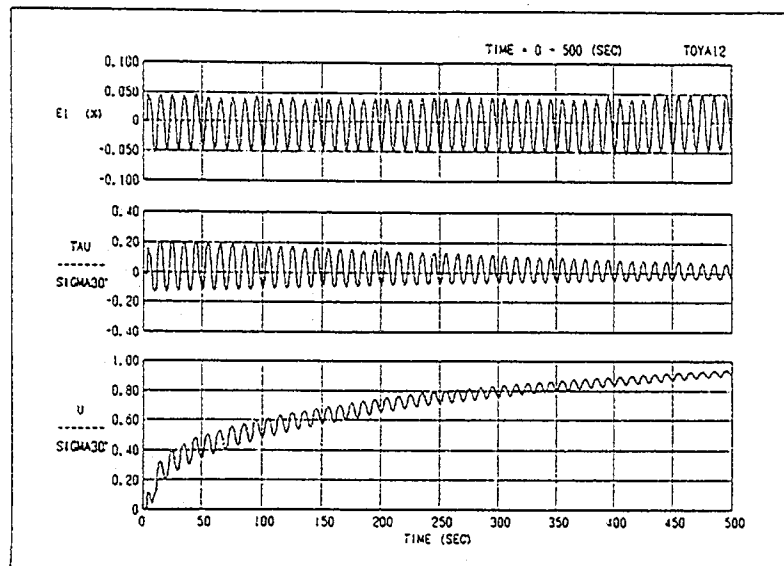




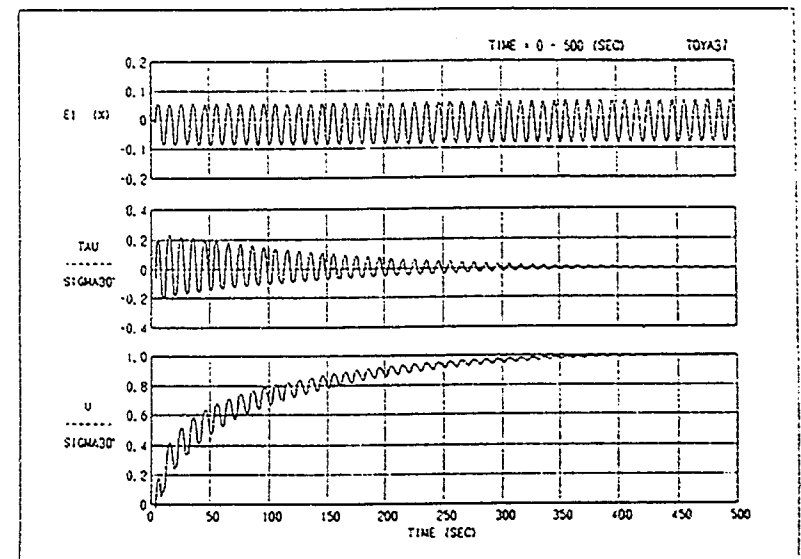


TOYA11

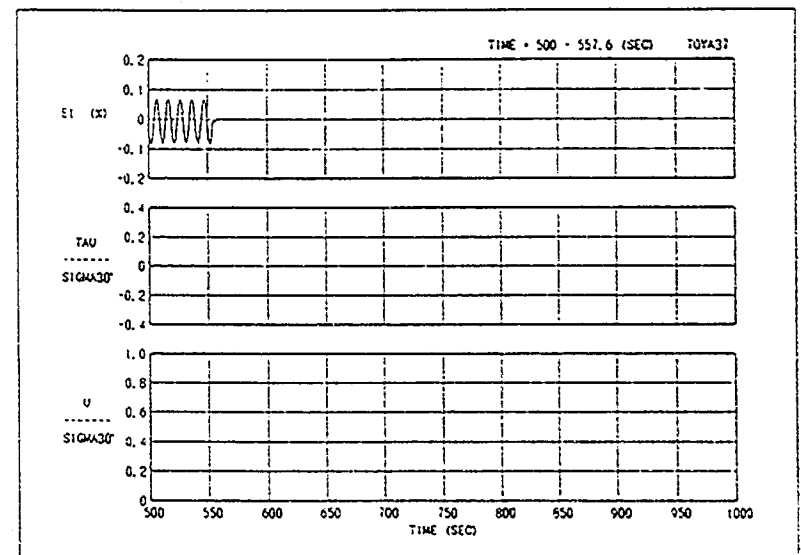
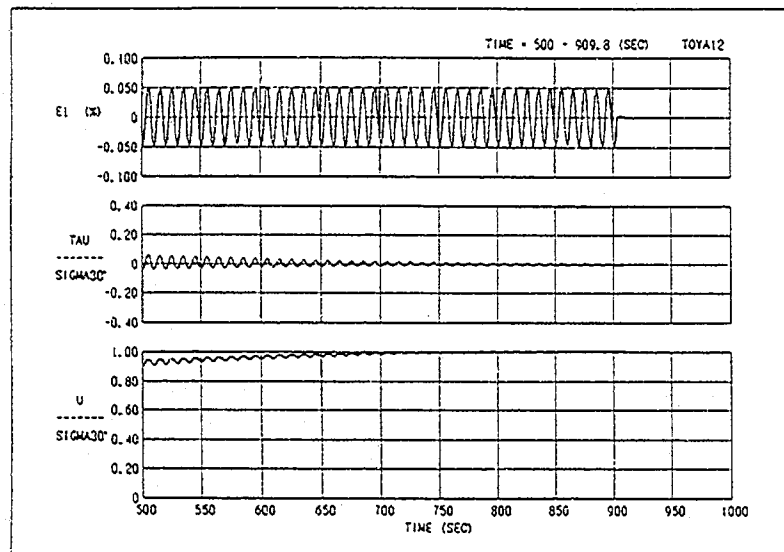


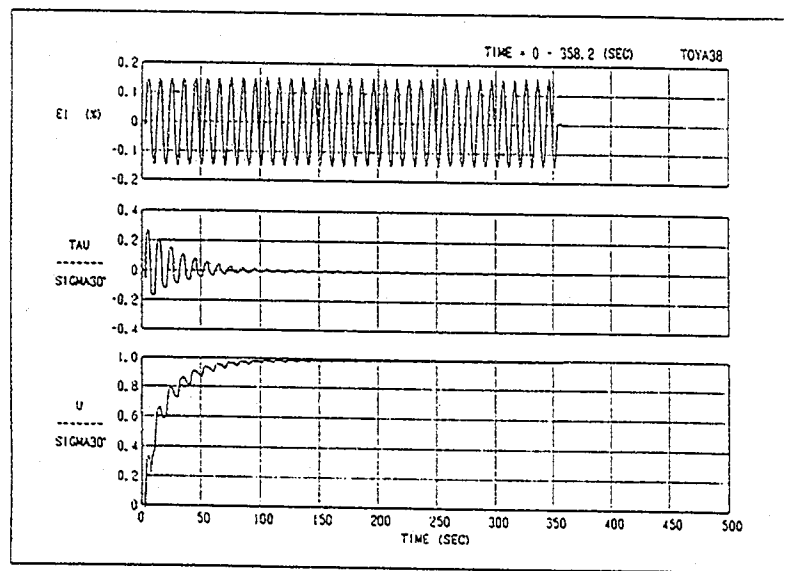


TOYA12

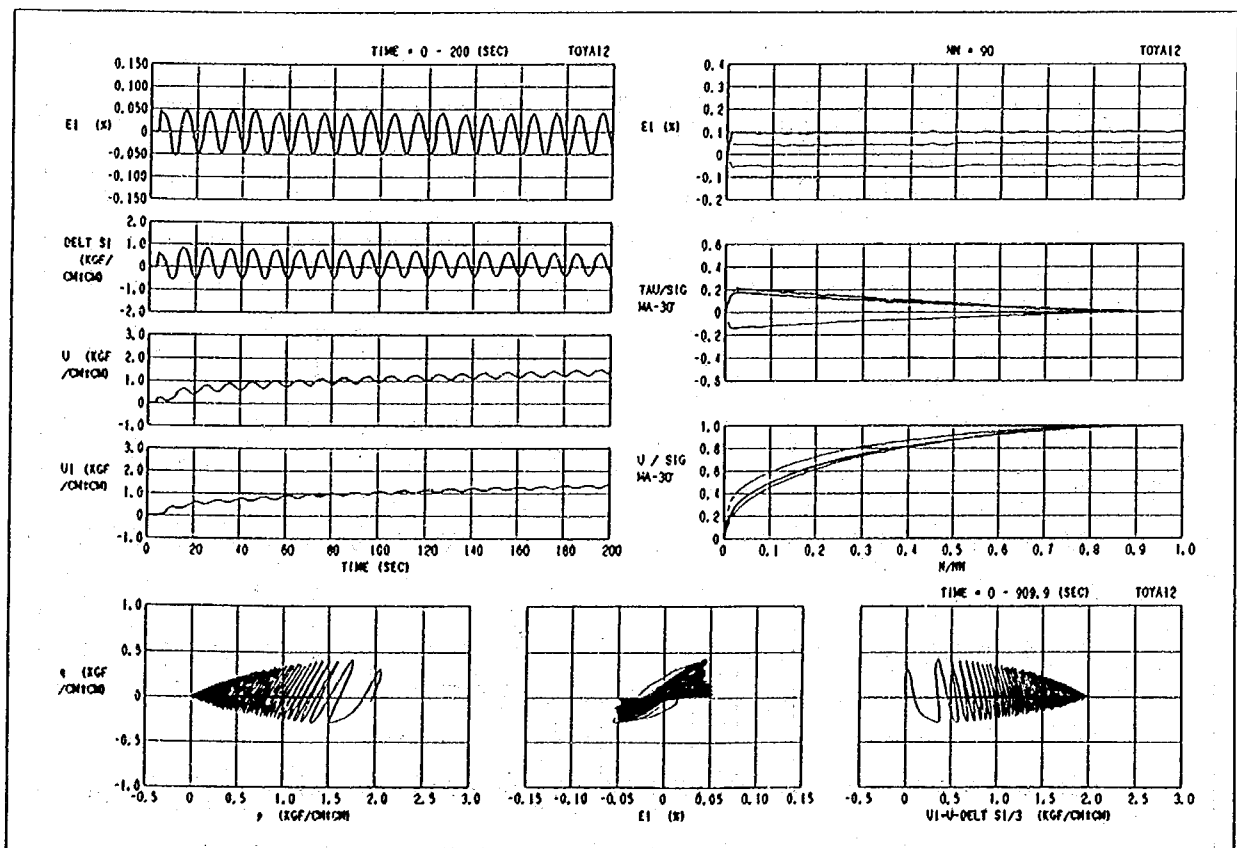
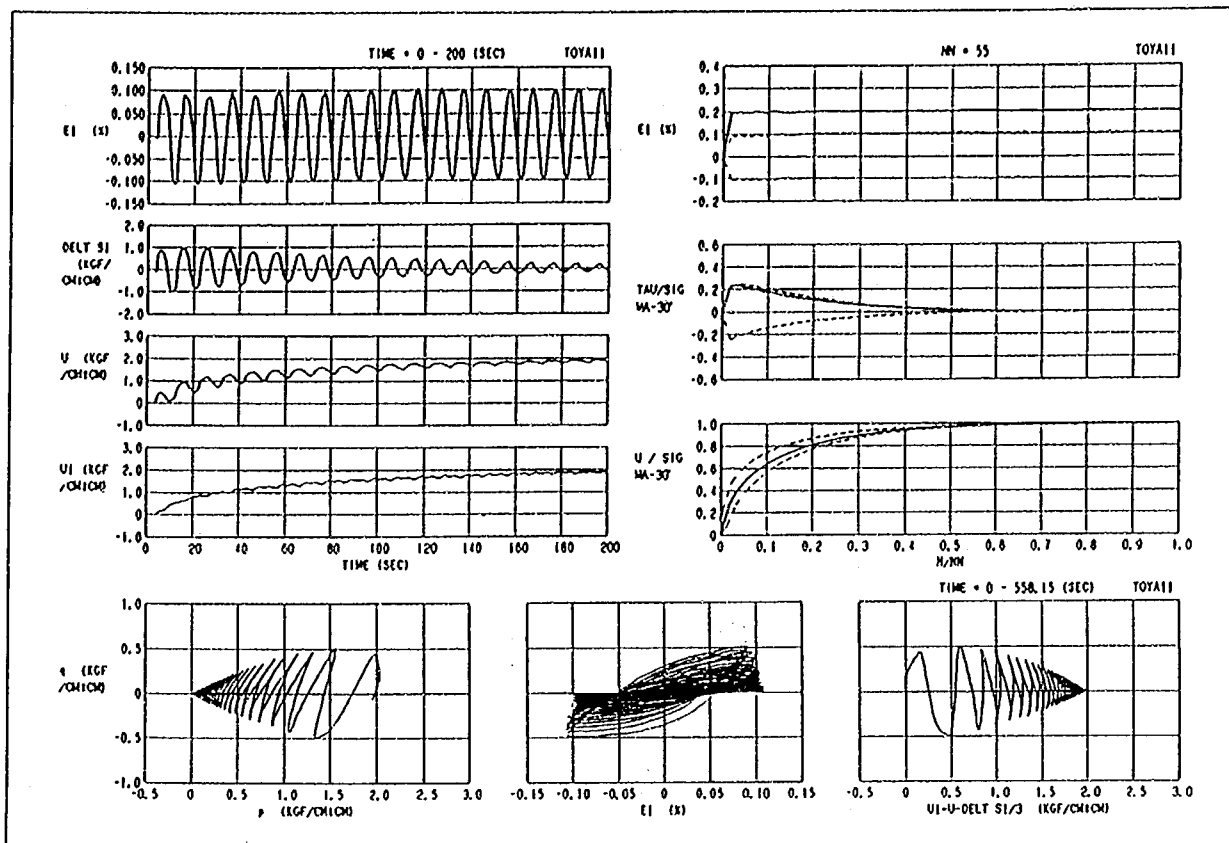


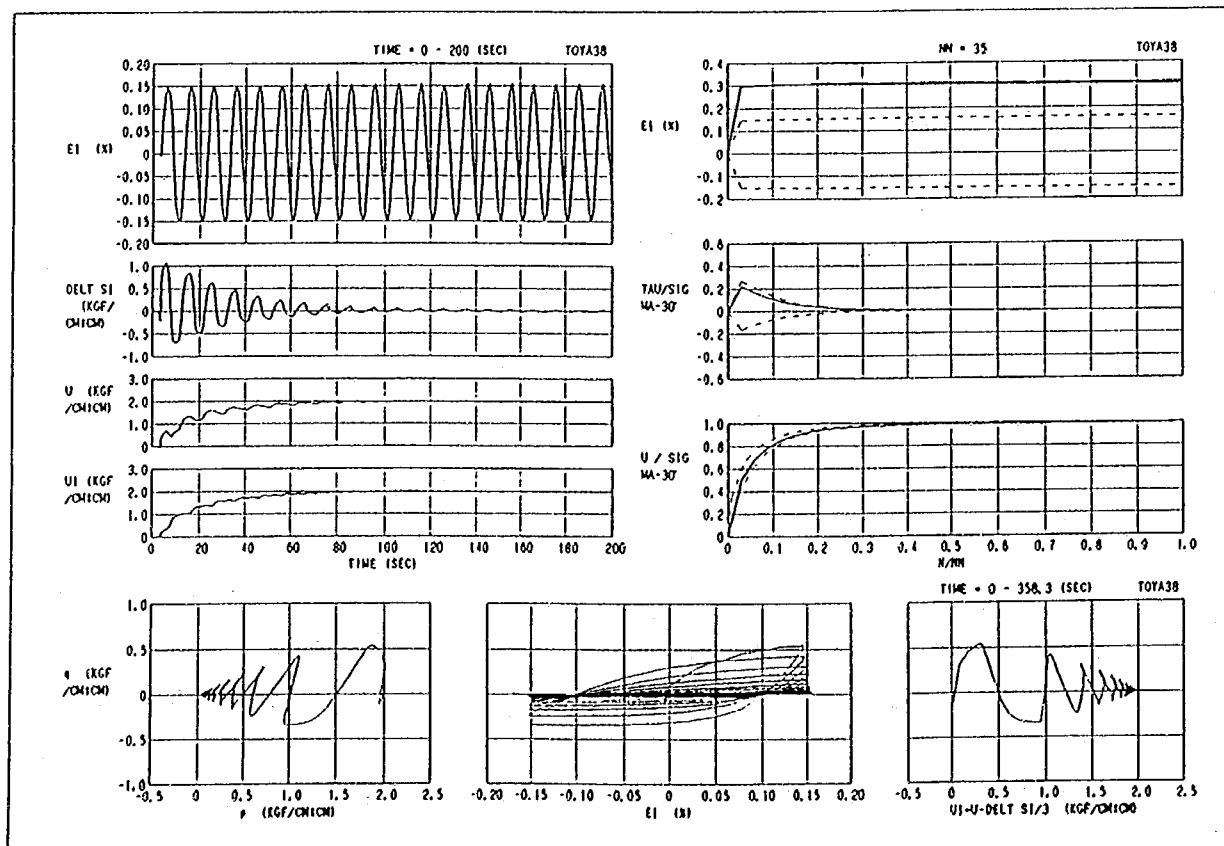
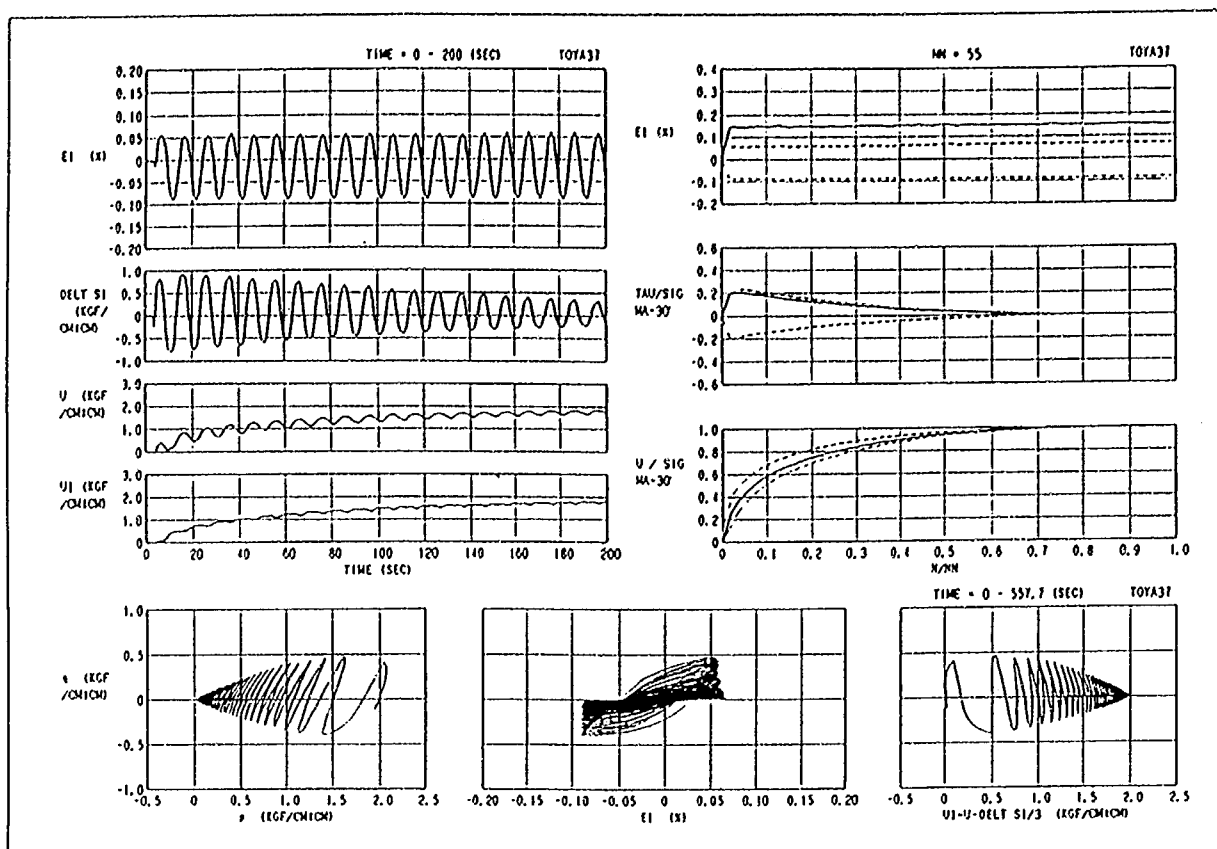
TOYA37





TOYA38





供試体	Dr(%)	$\varepsilon_a(\%)$	u	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
TOYA46	75.9	0.024 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.3 0.012	0.5 0.024	0.8 0.037	1.0 0.050	1.7 0.081	2.5 0.119	3.6 0.174	4.8 0.231	7.1 0.344	8.8 0.429	11.7 0.567	15.2 0.738	19.2 0.930	24.0 1.162	31.1 1.499	38.8 1.871	49.2 2.372	59.7 2.896	76.4 3.721
TOYA52	93.2	0.037 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.008	0.2 0.017	0.3 0.025	0.5 0.034	0.6 0.042	0.7 0.051	0.8 0.059	0.9 0.067	1.0 0.078	1.4 0.106	1.8 0.134	2.3 0.171	2.9 0.217	3.8 0.281	4.9 0.367	6.3 0.472	8.6 0.643	12.3 0.916	19.4 1.448
TOYA53	89.0	0.024 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.007	0.3 0.015	0.5 0.022	0.6 0.030	0.8 0.037	1.0 0.045	1.4 0.064	1.8 0.085	2.4 0.114	3.2 0.152	4.1 0.197	5.3 0.254	7.0 0.338	9.6 0.458	12.0 0.574	15.8 0.763	21.0 1.019	29.7 1.444	43.8 2.130
TOYA50	82.0	0.050 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.010	0.2 0.020	0.3 0.030	0.4 0.040	0.5 0.050	0.6 0.060	0.7 0.070	0.8 0.080	0.9 0.090	1.0 0.100	1.2 0.125	1.5 0.155	1.8 0.186	2.2 0.226	2.8 0.282	3.5 0.351	4.4 0.446	5.9 0.599	9.5 0.955
TOYA10	84.5	0.025 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.009	0.4 0.019	0.6 0.028	0.8 0.038	0.9 0.047	1.3 0.066	1.8 0.088	2.4 0.119	3.2 0.162	4.3 0.212	5.6 0.281	7.3 0.366	9.6 0.477	12.4 0.617	16.0 0.801	20.5 1.027	26.3 1.314	36.0 1.790	53.3 2.652
TOYA28	85.1	0.025 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.013	0.5 0.026	0.7 0.039	0.9 0.052	1.4 0.078	2.0 0.110	2.9 0.157	4.1 0.216	5.6 0.292	7.0 0.363	9.5 0.486	11.6 0.588	15.0 0.754	18.5 0.929	22.9 1.143	28.2 1.404	34.6 1.717	43.1 2.140	56.2 2.801
TO08YA	96.2	0.051 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.014	0.3 0.027	0.4 0.041	0.5 0.054	0.7 0.068	0.8 0.082	0.9 0.095	1.2 0.121	1.5 0.158	1.9 0.196	2.4 0.247	3.0 0.301	3.7 0.380	4.7 0.478	6.0 0.609	7.5 0.765	9.7 0.989	12.9 1.316	18.3 1.862
TOYA23	77.6	0.050 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.011	0.2 0.021	0.3 0.032	0.4 0.043	0.5 0.053	0.6 0.064	0.7 0.075	0.9 0.085	1.0 0.096	1.3 0.129	1.8 0.176	2.4 0.239	3.2 0.321	4.3 0.421	5.6 0.548	7.4 0.731	9.9 0.973	13.4 1.322	19.7 1.957
TOYA01	52.9	0.101 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.014	0.1 0.028	0.2 0.042	0.3 0.057	0.3 0.071	0.4 0.085	0.5 0.099	0.6 0.113	0.6 0.127	0.7 0.141	0.8 0.156	0.8 0.170	0.9 0.184	1.0 0.198	1.2 0.242	1.5 0.311	1.9 0.379	2.5 0.499	3.5 0.703
TOYA26	81.6	0.101 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.013	0.1 0.026	0.2 0.040	0.3 0.053	0.3 0.066	0.4 0.079	0.5 0.092	0.5 0.106	0.6 0.119	0.6 0.132	0.7 0.145	0.8 0.158	0.8 0.172	0.9 0.185	1.0 0.198	1.2 0.244	1.5 0.315	1.9 0.386	2.7 0.547
TOYA20	75.3	0.031 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.4 0.026	0.9 0.051	1.5 0.090	2.6 0.151	4.2 0.249	5.5 0.328	8.4 0.493	11.5 0.678	16.1 0.947	21.4 1.258	28.1 1.643	34.8 2.035	43.2 2.530	51.1 3.005	62.7 3.714	73.6 4.388	87.7 5.244	104.2 6.260	126.7 7.662
TOYA43	79.2	0.042 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.013	0.3 0.025	0.5 0.038	0.6 0.050	0.8 0.063	1.0 0.076	1.4 0.111	1.9 0.153	2.5 0.203	3.3 0.264	4.5 0.367	5.8 0.473	7.4 0.602	9.7 0.786	12.5 1.023	16.0 1.306	20.6 1.690	26.3 2.169	34.9 2.901
TOYA44	94.1	0.041 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.018	0.5 0.035	0.7 0.053	0.9 0.070	1.3 0.104	1.9 0.147	2.6 0.205	3.5 0.278	4.7 0.369	6.0 0.470	8.0 0.625	9.9 0.782	12.2 0.968	15.5 1.234	19.1 1.530	24.5 1.972	31.0 2.511	39.7 3.229	54.3 4.447
TOYA36	81.0	0.051 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.016	0.3 0.032	0.5 0.047	0.6 0.063	0.8 0.079	0.9 0.095	1.3 0.127	1.7 0.172	2.2 0.220	2.8 0.281	3.5 0.356	4.5 0.454	5.7 0.577	7.1 0.720	9.0 0.905	11.4 1.154	15.0 1.510	19.7 1.997	27.6 2.798
TOYA17	112.4	0.102 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.018	0.2 0.036	0.3 0.053	0.3 0.071	0.4 0.089	0.5 0.107	0.6 0.124	0.7 0.142	0.8 0.160	0.9 0.178	1.0 0.196	1.1 0.234	1.5 0.297	1.8 0.360	2.1 0.435	2.7 0.553	3.5 0.717	4.8 0.987	8.0 1.633
TOYA34	90.3	0.037 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.016	0.5 0.031	0.7 0.047	0.9 0.063	1.4 0.100	2.1 0.150	3.7 0.263	5.2 0.370	8.0 0.571	10.1 0.718	14.7 1.030	21.3 1.475	29.3 2.048	37.1 2.612	47.0 3.334	58.9 4.207	72.4 5.203	90.4 6.546	113.5 8.294
TOYA41	80.6	0.042 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.014	0.3 0.028	0.5 0.042	0.7 0.056	0.8 0.070	1.0 0.086	1.7 0.136	2.4 0.192	3.4 0.267	4.7 0.371	6.4 0.499	8.6 0.672	11.6 0.903	14.9 1.166	19.1 1.502	25.2 1.996	32.7 2.607	42.5 3.413	55.3 4.497
TOYA42	93.6	0.042 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.2 0.017	0.4 0.033	0.6 0.050	0.8 0.066	1.1 0.090	1.8 0.137	2.5 0.197	3.6 0.276	4.9 0.381	6.6 0.519	8.7 0.689	11.8 0.935	15.2 1.216	19.5 1.562	24.9 2.009	32.5 2.631	41.5 3.371	53.8 4.387	72.9 6.002
TOYA25	85.0	0.051 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.014	0.3 0.027	0.4 0.041	0.5 0.054	0.6 0.068	0.8 0.081	0.9 0.095	1.1 0.115	1.6 0.164	2.1 0.216	2.8 0.287	3.9 0.391	5.3 0.533	7.2 0.717	9.5 0.947	12.8 1.267	16.9 1.677	22.7 2.266	31.3 3.148
TOYA32	87.8	0.102 $\Sigma(2 \cdot \varepsilon_a)$	n	0.1 0.016	0.2 0.033	0.2 0.049	0.3 0.065	0.4 0.081	0.5 0.098	0.6 0.114	0.7 0.130	0.7 0.147	0.8 0.163	0.9 0.179	1.0 0.195	1.3 0.267	1.8 0.361	2.4 0.491	3.3 0.665	4.5 0.904	6.2 1.252	9.4 1.918
供試体	Dr(%)	$\varepsilon_a(\%)$	u	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95

供試体	Dr(%)	ca(%)	u	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
TOYA12	83.4	0.049 $\Sigma(2 \cdot ca)$	n	0.2 0.021	0.4 0.042	0.6 0.063	0.8 0.084	1.1 0.111	1.7 0.167	2.5 0.243	3.7 0.358	5.3 0.512	6.9 0.660	9.3 0.881	11.8 1.115	15.3 1.436	18.7 1.760	22.8 2.144	29.1 2.745	36.2 3.425	45.5 4.335	57.7 5.555
TOYA37	81.3	0.076 $\Sigma(2 \cdot ca)$	n	0.1 0.020	0.3 0.041	0.4 0.061	0.6 0.082	0.7 0.102	0.8 0.123	1.0 0.143	1.4 0.202	1.8 0.270	2.5 0.361	3.2 0.467	4.0 0.593	5.2 0.760	6.5 0.956	8.2 1.216	10.6 1.571	13.7 2.035	17.8 2.650	24.9 3.724
TOYA11	89.9	0.102 $\Sigma(2 \cdot ca)$	n	0.1 0.026	0.3 0.052	0.4 0.078	0.5 0.104	0.7 0.131	0.8 0.157	0.9 0.183	1.2 0.230	1.6 0.308	1.9 0.385	2.5 0.500	3.2 0.631	4.0 0.792	5.0 0.992	6.4 1.265	8.1 1.600	10.4 2.071	13.6 2.731	19.5 3.913
TO16YA	74.2	0.151 $\Sigma(2 \cdot ca)$	n	0.1 0.033	0.2 0.065	0.3 0.098	0.4 0.131	0.5 0.164	0.7 0.196	0.8 0.229	0.9 0.262	1.0 0.295	1.3 0.386	1.6 0.486	2.0 0.586	2.5 0.745	3.1 0.918	3.8 1.132	4.7 1.404	5.8 1.745	7.5 2.262	10.3 3.101
TOYA38	82.7	0.154 $\Sigma(2 \cdot ca)$	n	0.1 0.024	0.2 0.049	0.2 0.073	0.3 0.098	0.4 0.122	0.5 0.147	0.6 0.171	0.7 0.195	0.7 0.220	0.8 0.244	0.9 0.269	1.0 0.293	1.3 0.377	1.6 0.475	1.9 0.573	2.4 0.731	3.0 0.916	4.1 1.224	6.0 1.829
TOYA35	85.1	0.024 $\Sigma(2 \cdot ca)$	n	0.3 0.014	0.6 0.029	0.9 0.043	1.4 0.068	2.0 0.099	2.7 0.135	3.9 0.192	5.5 0.276	7.3 0.364	10.2 0.512	12.6 0.632	17.1 0.852	21.9 1.092	31.0 1.525	39.9 1.965	53.4 2.644	67.5 3.355	90.0 4.449	118.7 5.837
供試体	Dr(%)	ca(%)	u	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95

卷末資料－3 細粒分含有率の影響

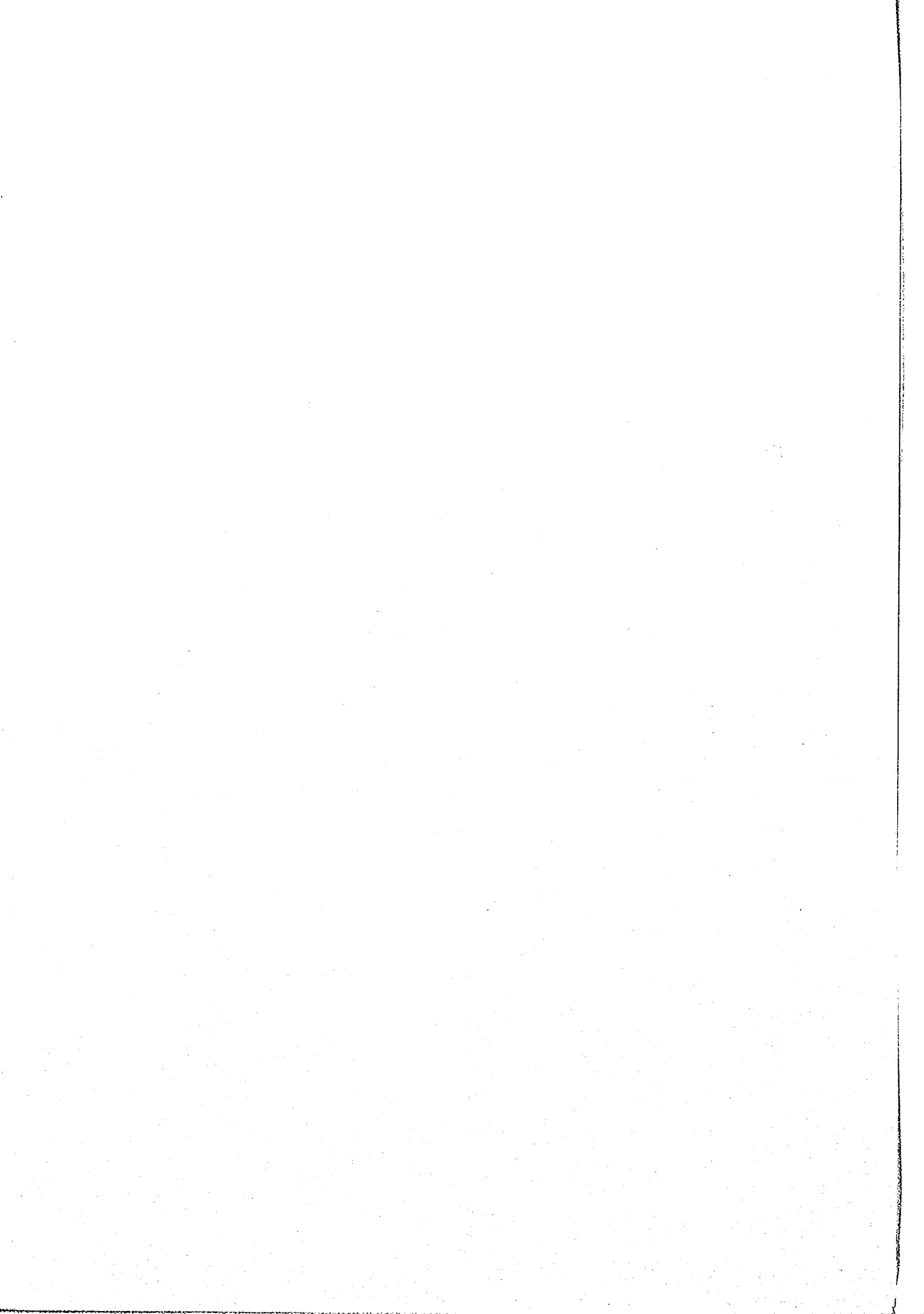
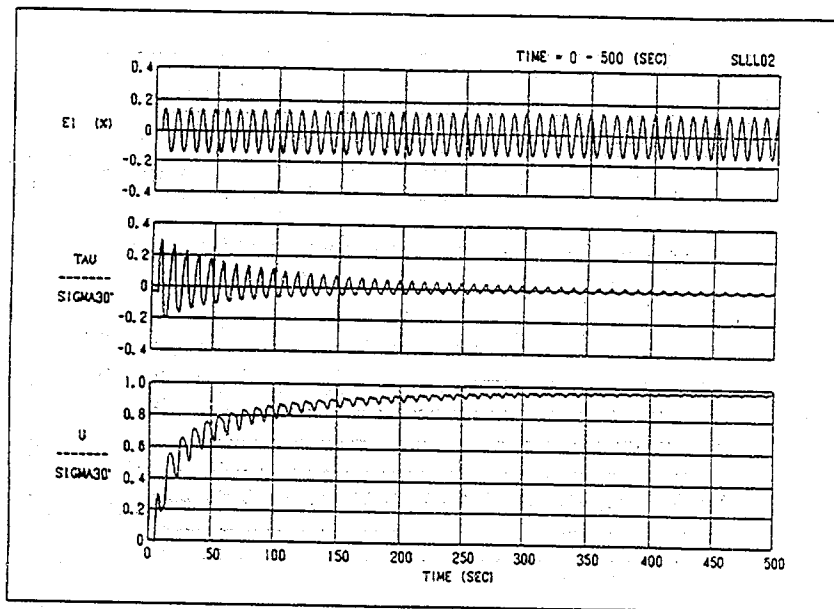
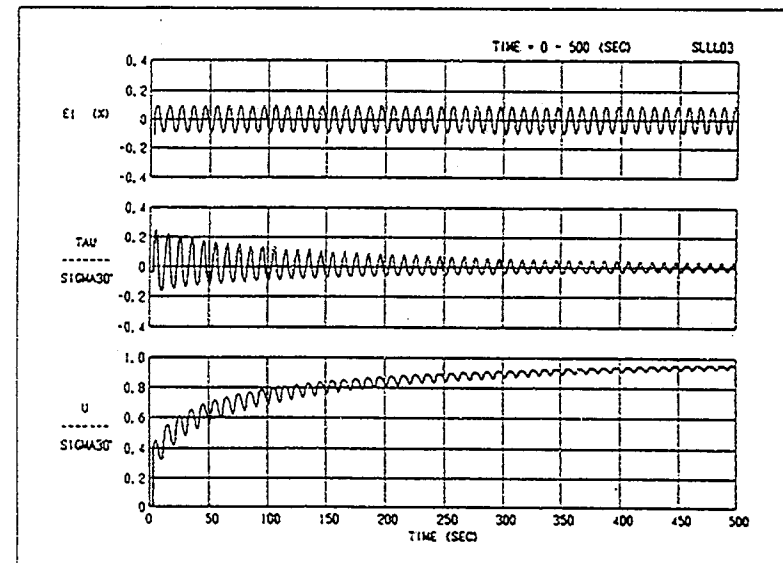


表 - 3 細粒分含有率の影響試験条件一覧

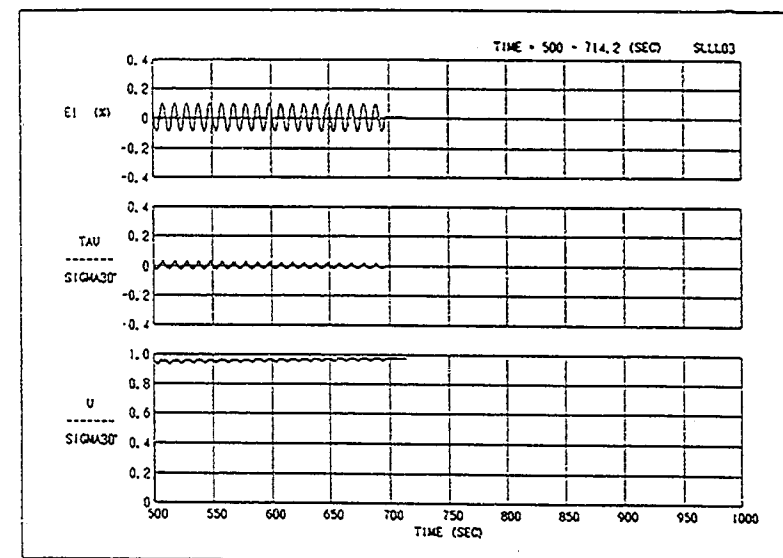
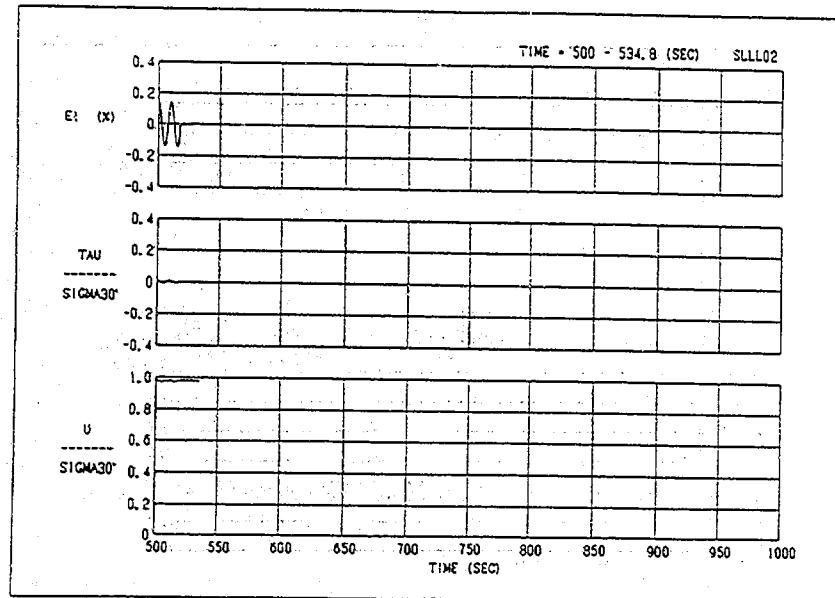
供試体No.	細粒分 (%)	相対密度 D _r (%)	軸ひずみ ϵ_s (%)	載荷回数 n	B 値
SLLL03	標準 0	63.8	0.101	69	0.95
SLLL04	標準 0	73.8	0.074	98	0.95
SLLL05	標準 0	64.5	0.049	214	0.95
SLLL07	標準 0	68.8	0.099	105	0.95
SALL01	標準 10	68.6	0.200	214	0.95
SALL02	標準 10	78.7	0.200	213	0.95
SALL03	標準 10	69.7	0.244	219	0.95
SALL04	標準 10	67.2	0.301	227	0.95
SBLLO1	標準 50	78.8	0.193	59	0.95
SBLLO2	標準 50	87.7	0.148	128	0.95
SBLLO3	標準 50	90.0	0.100	212	0.95
SBLLO10	標準 50	88.8	0.175	55	0.95
HMLLO1	浅間 10	17.3	0.095	60	0.95
HMLLO2	浅間 10	25.9	0.047	190	0.95
HMLLO3	浅間 10	30.8	0.047	81	0.95
HMLLO4	浅間 10	26.5	0.096	40	0.95
HALL04	浅間 50	65.1	0.299	233	0.95
HALL05	浅間 50	75.2	0.274	222	0.95
HALL06	浅間 50	64.9	0.346	159	0.95

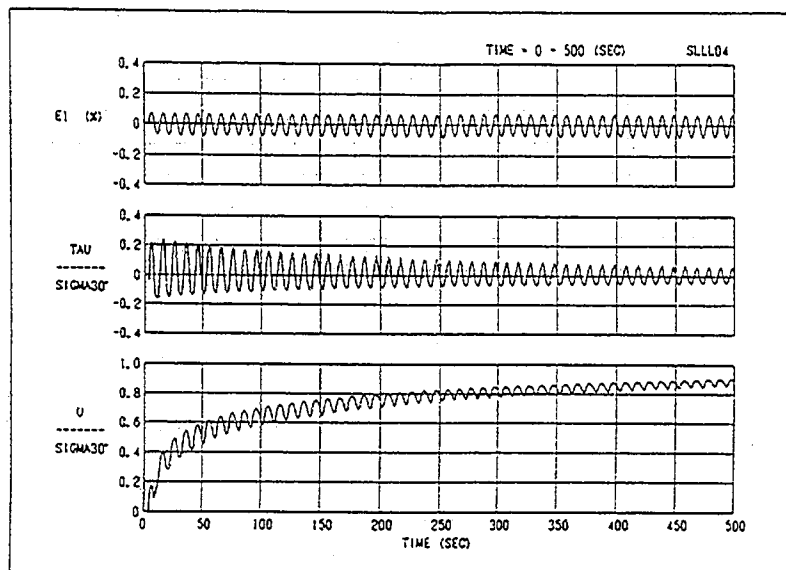


SLL02

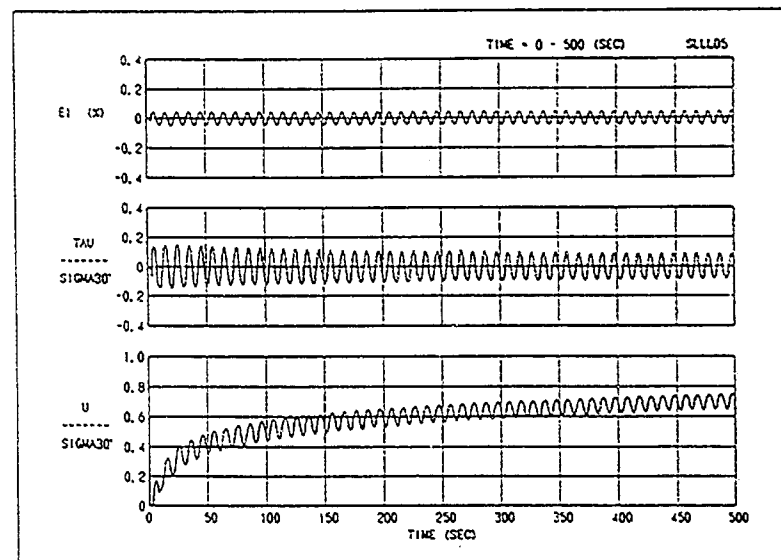
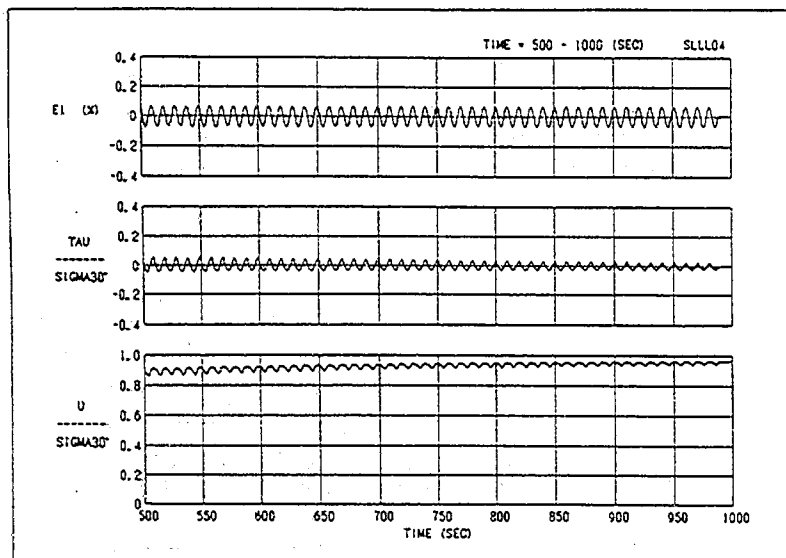
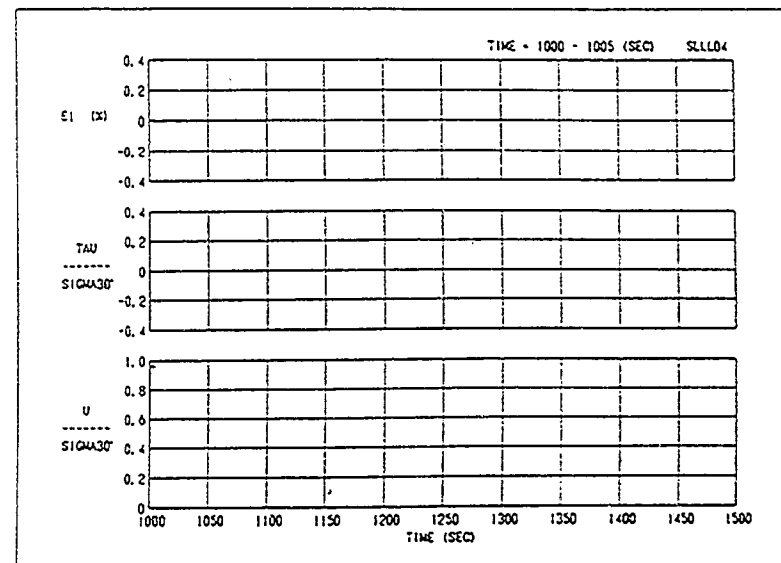


SLL03

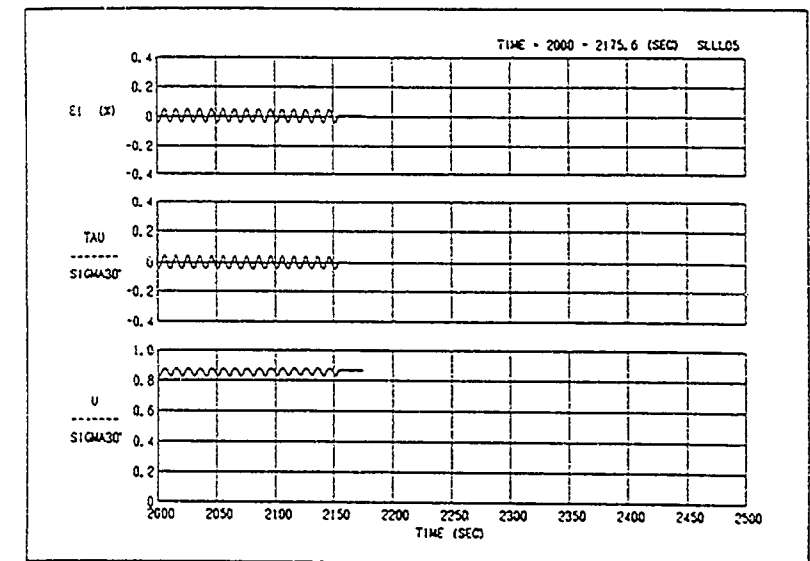
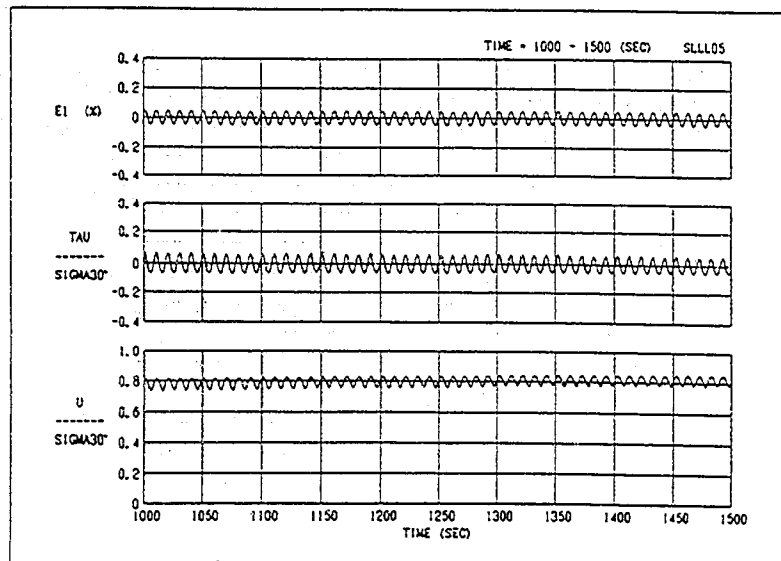
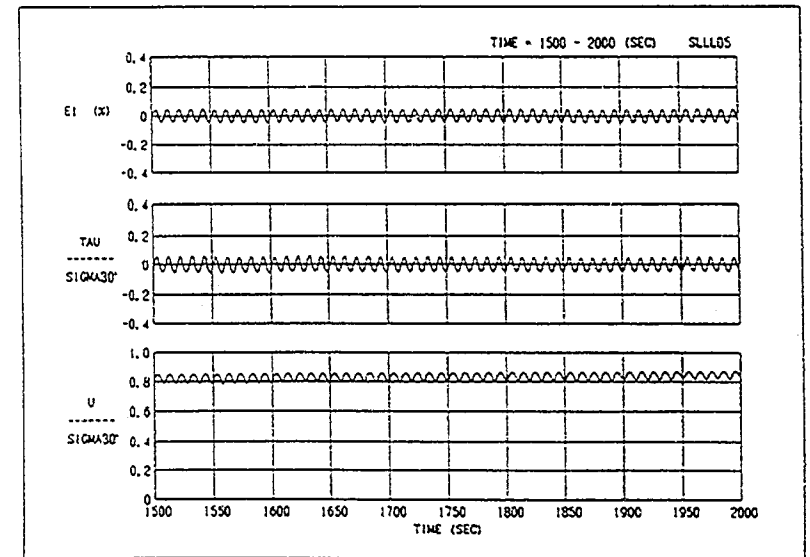
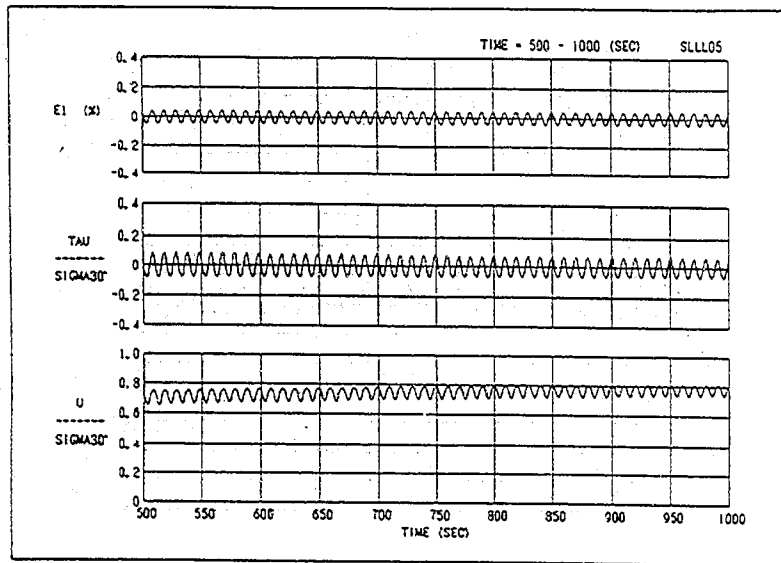


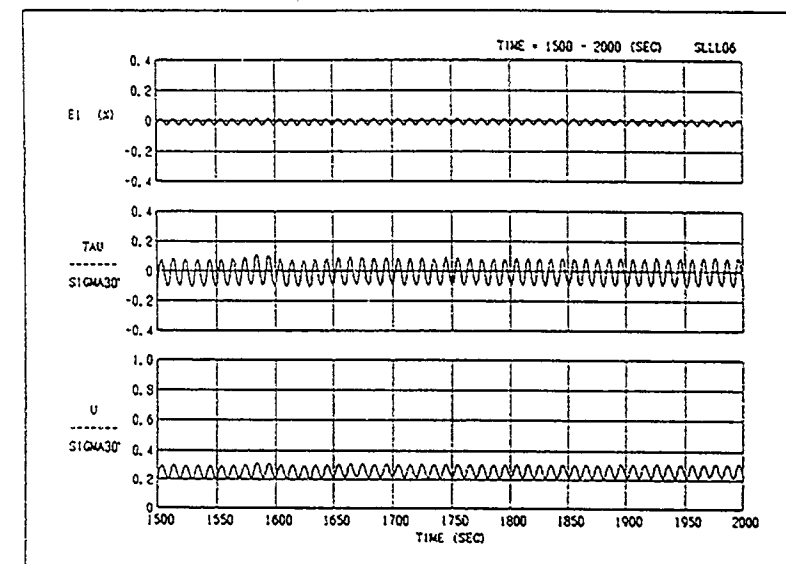
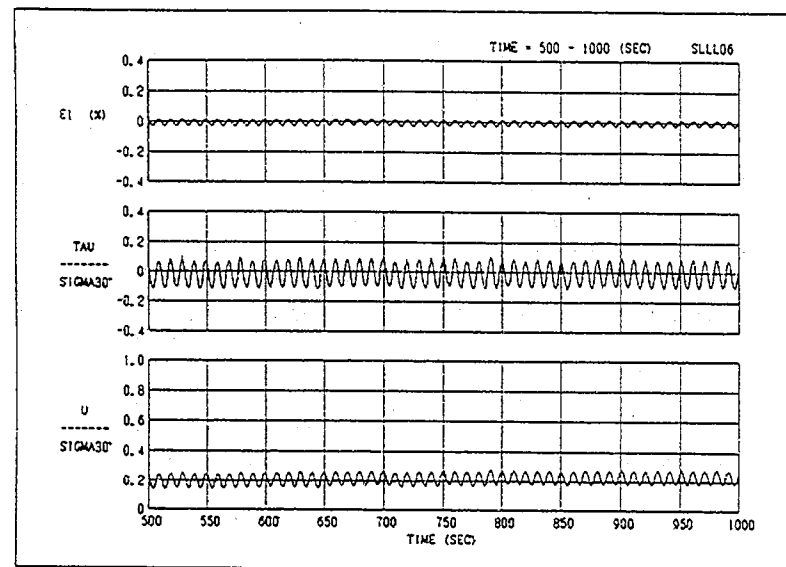
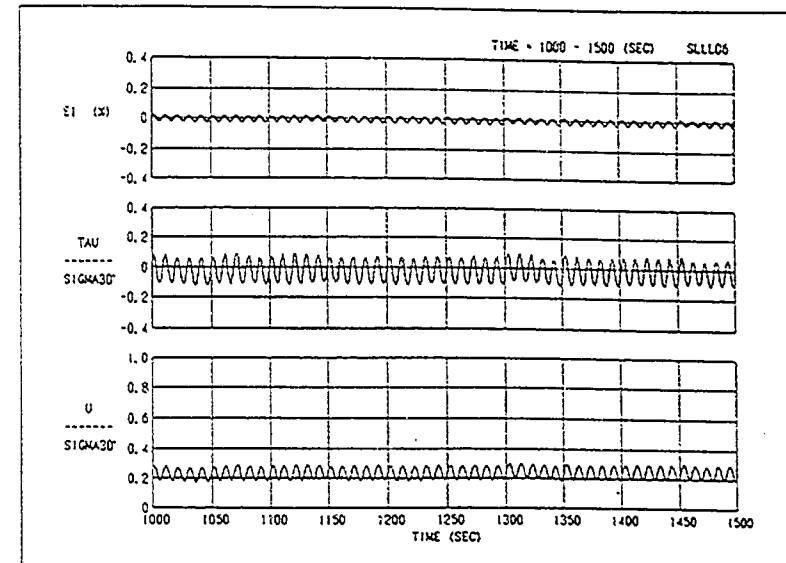
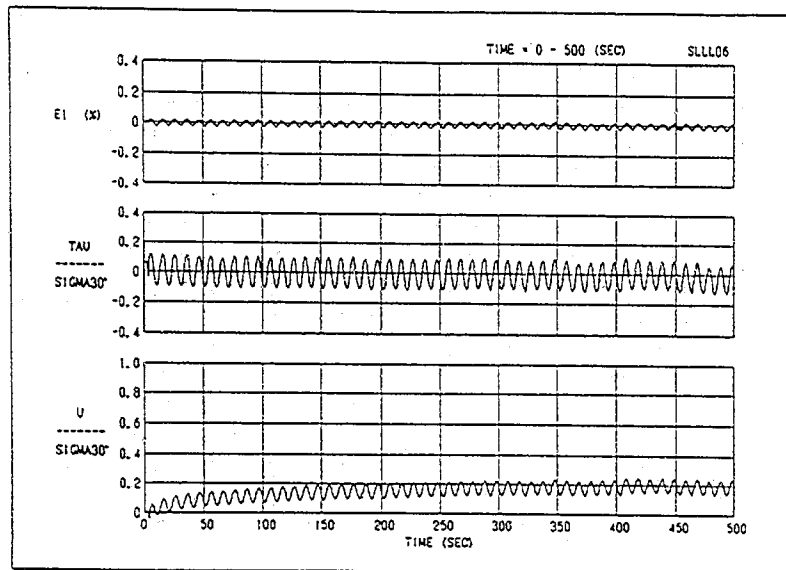


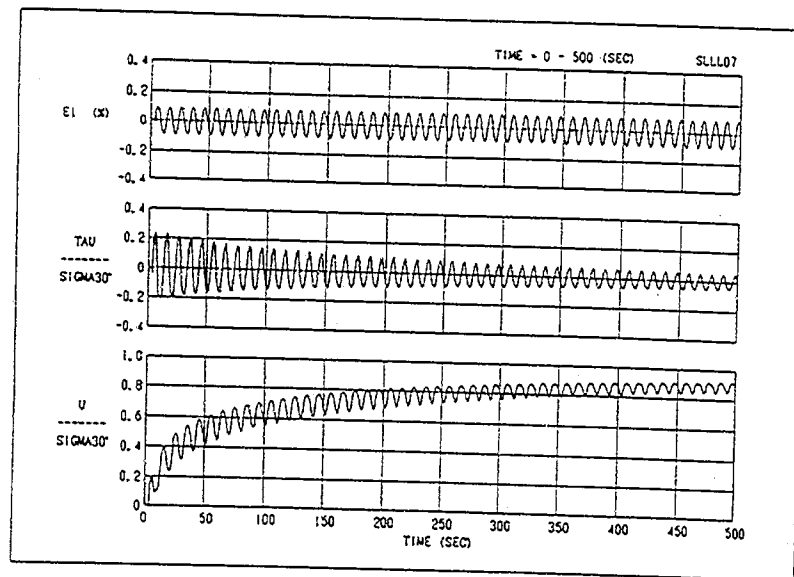
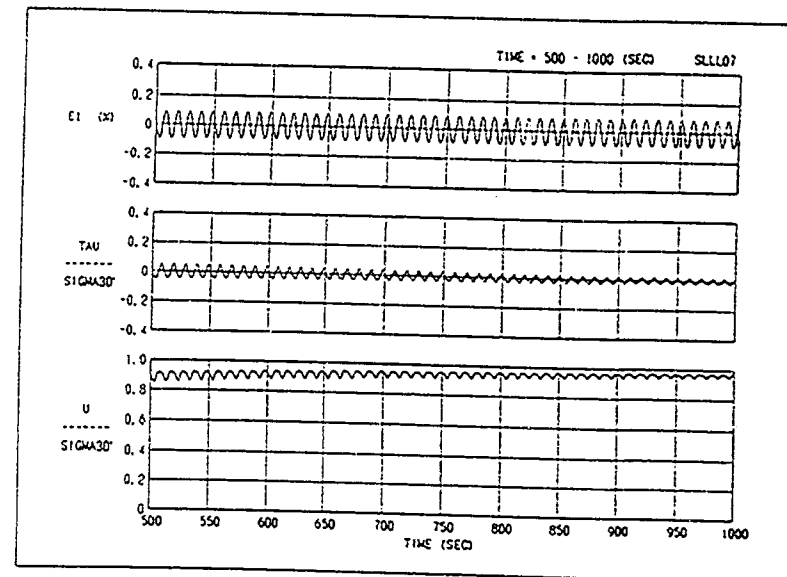
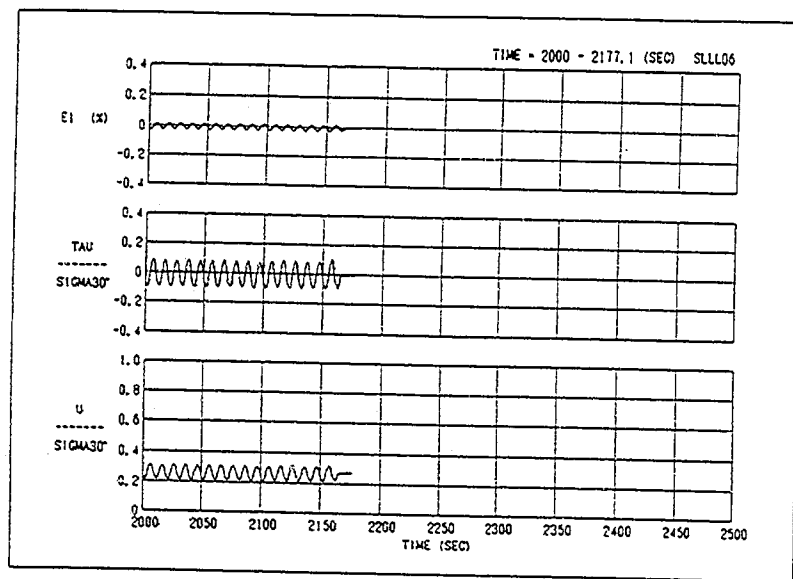
SLLL04



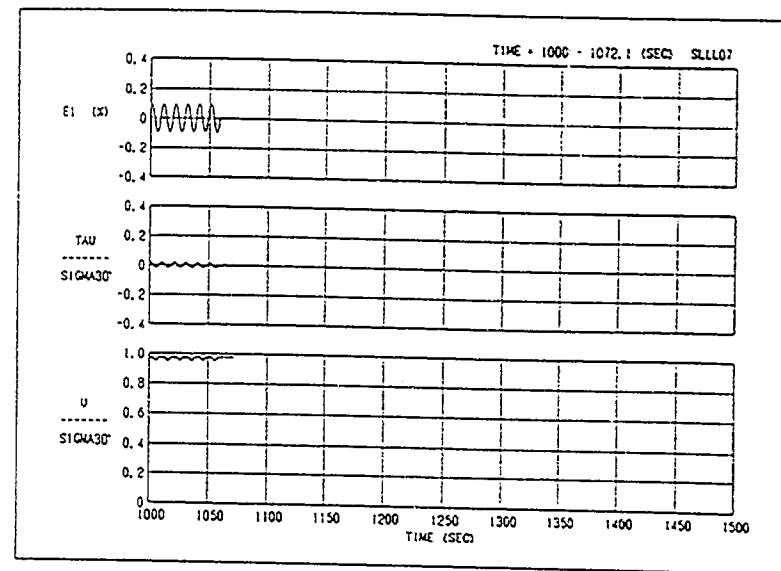
SLLL05

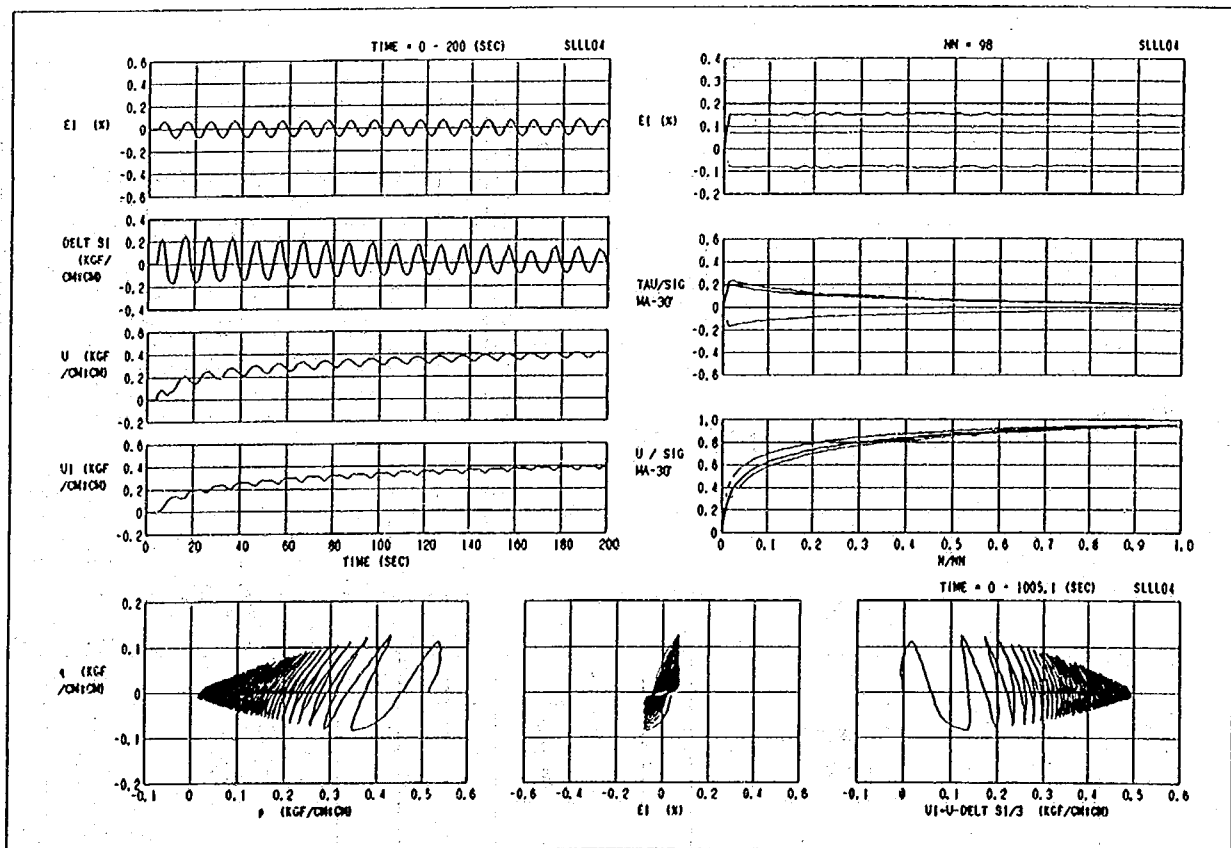
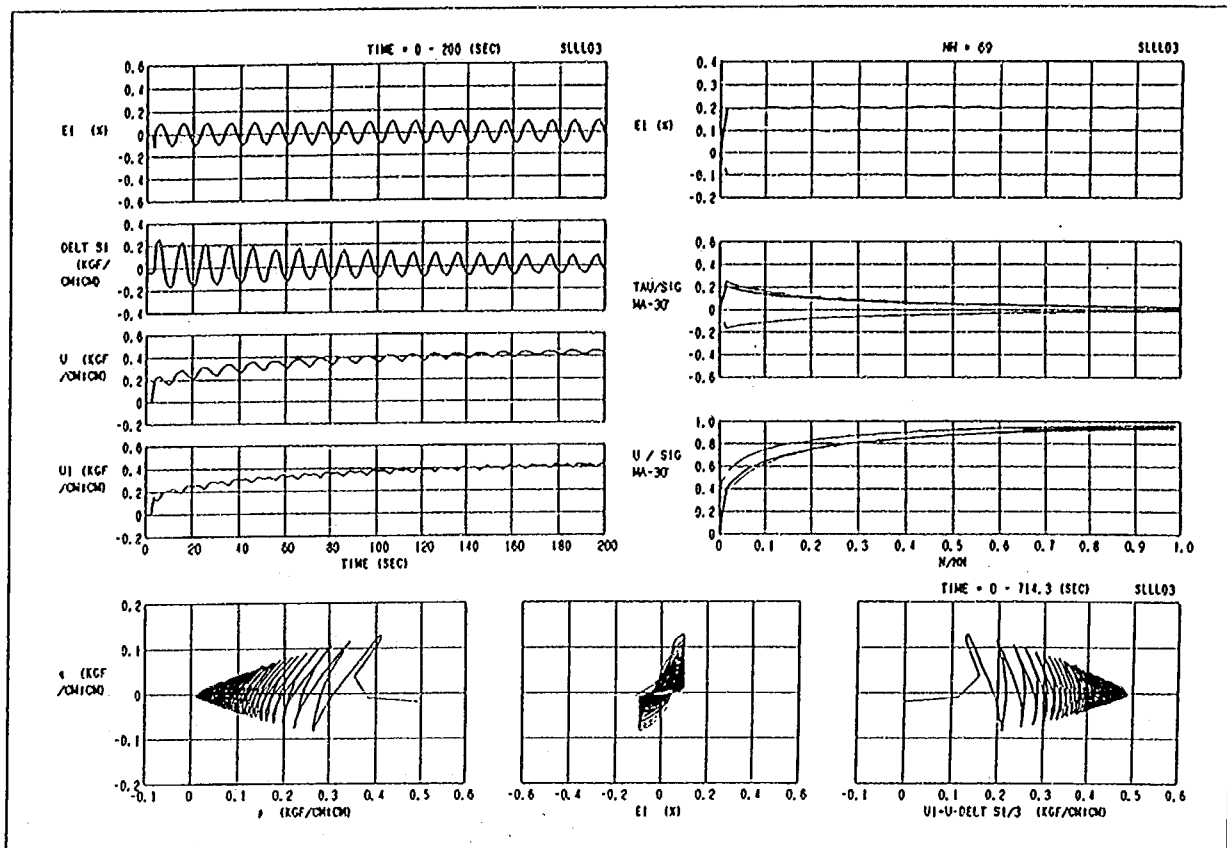


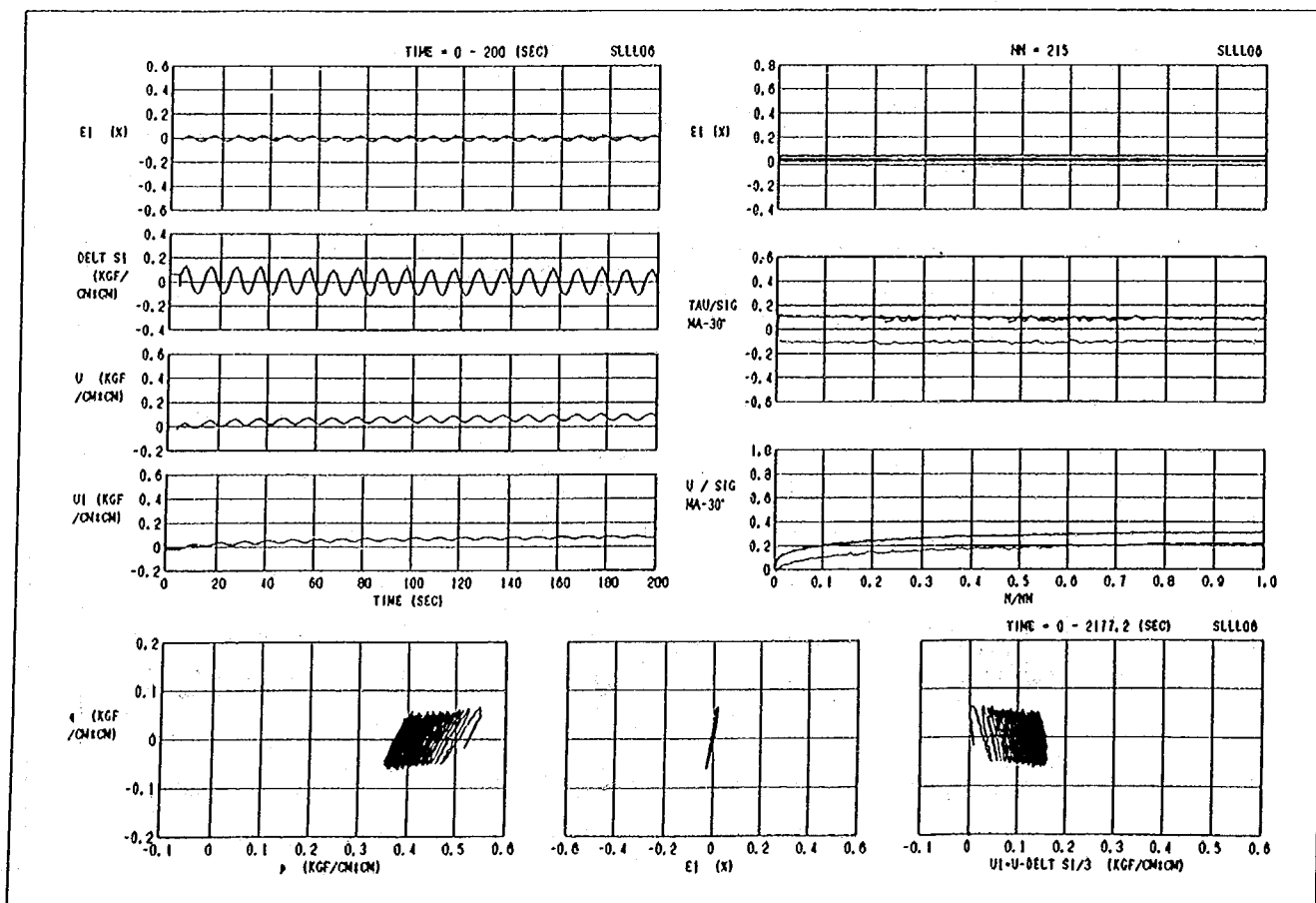
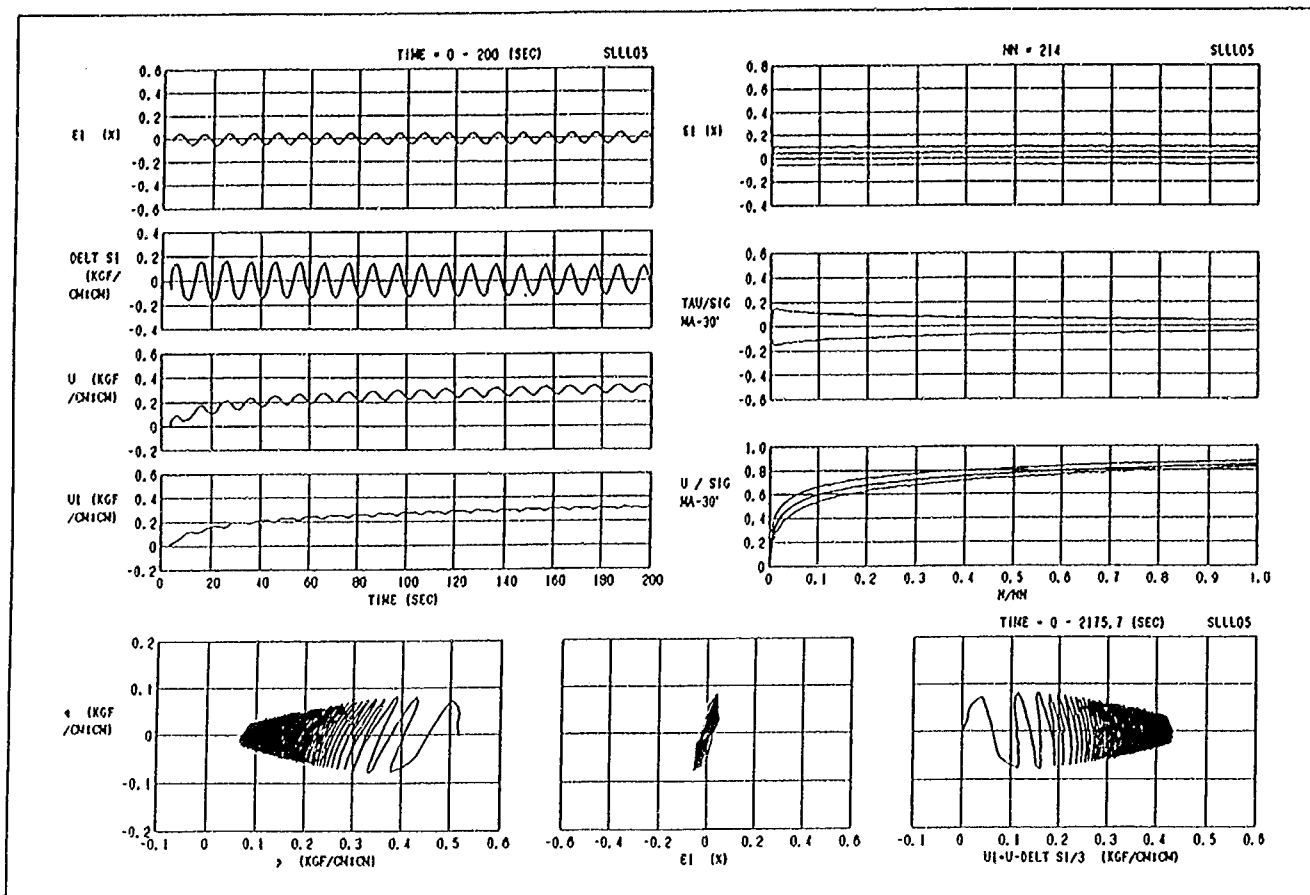


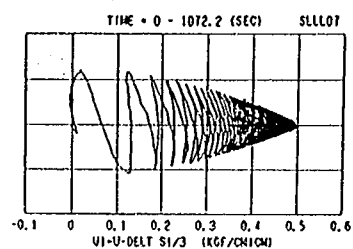
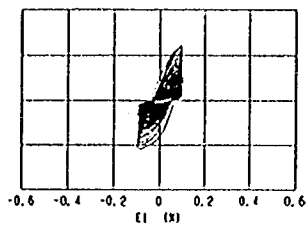
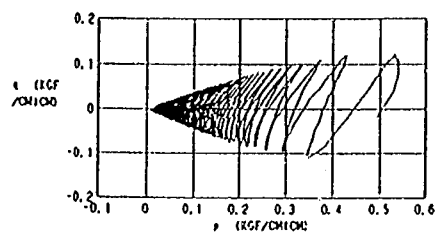
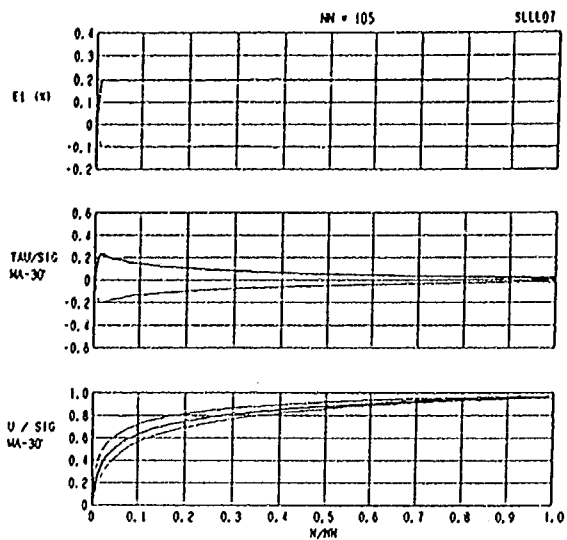
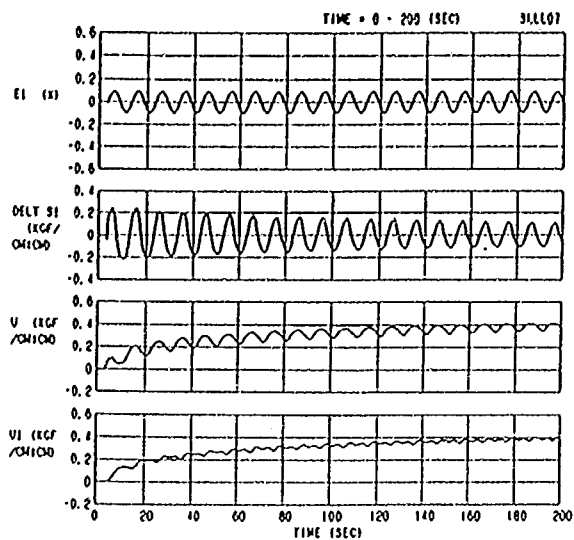


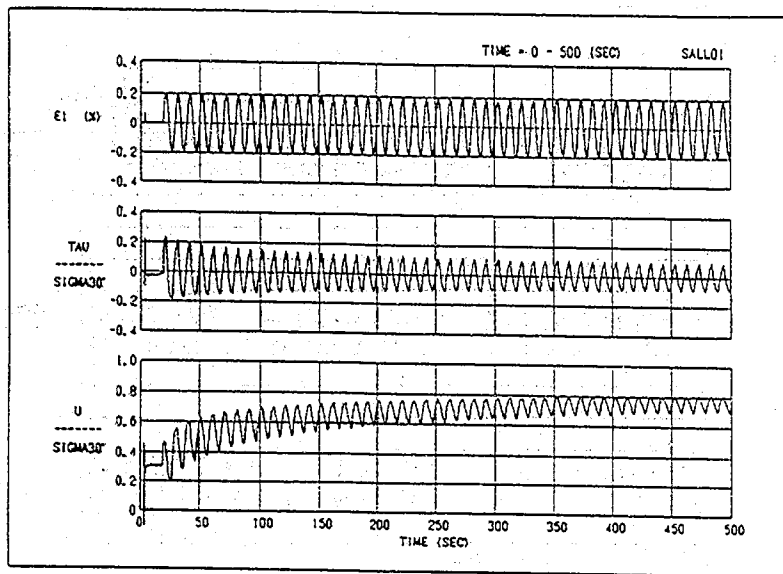
SLL07



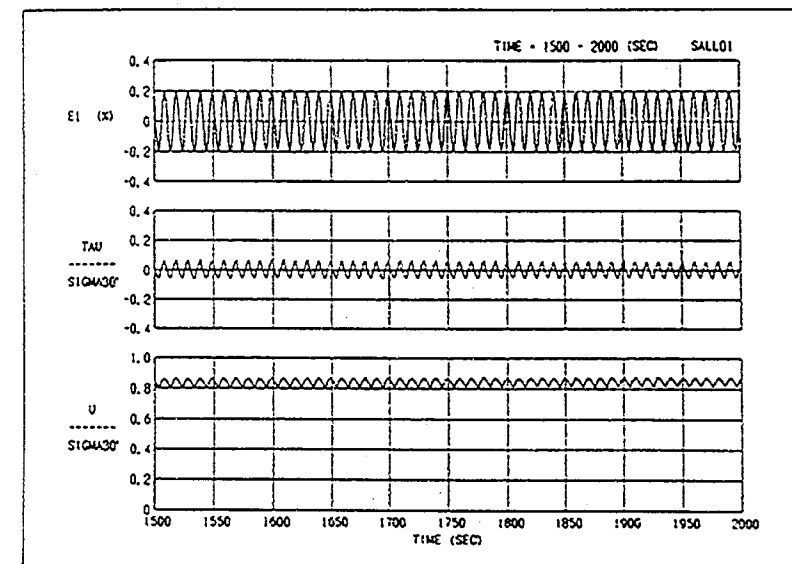
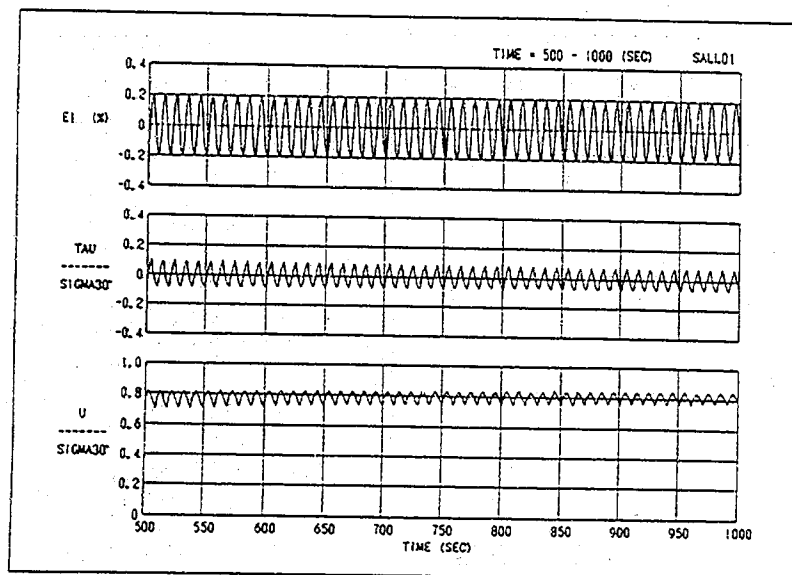
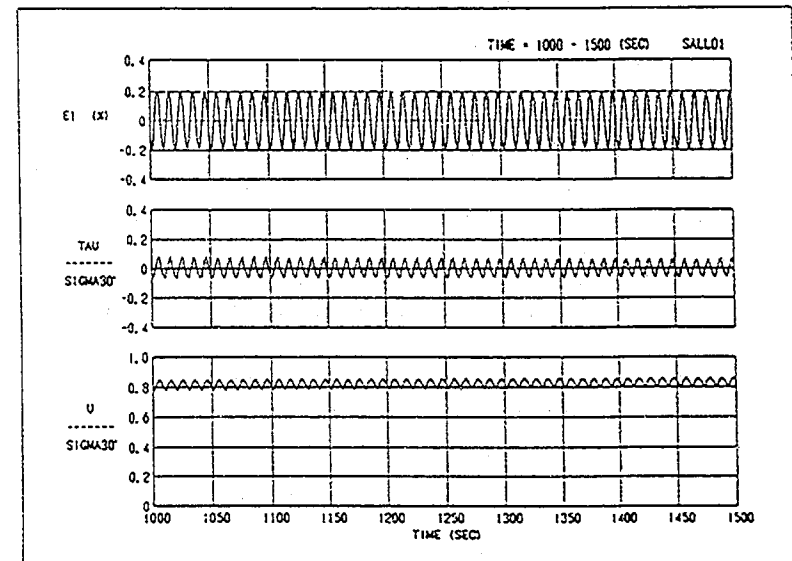


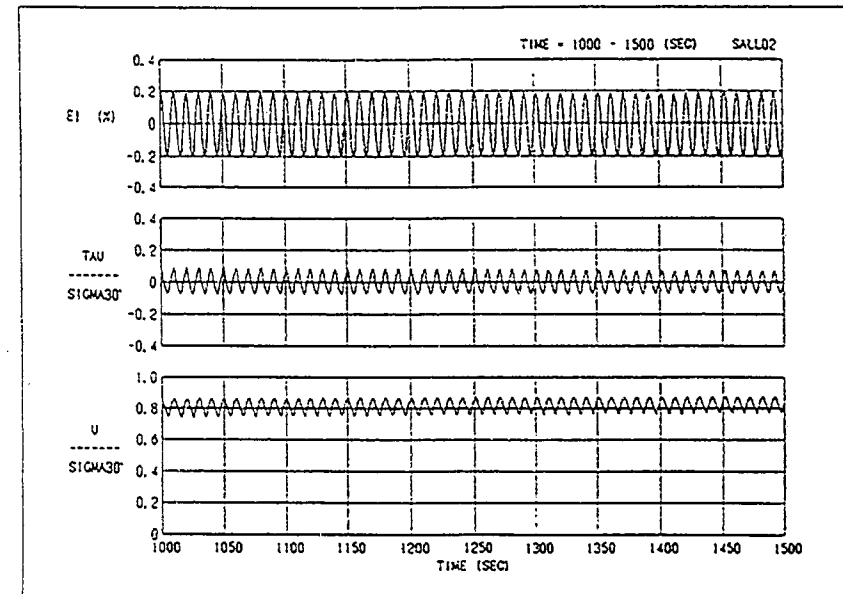
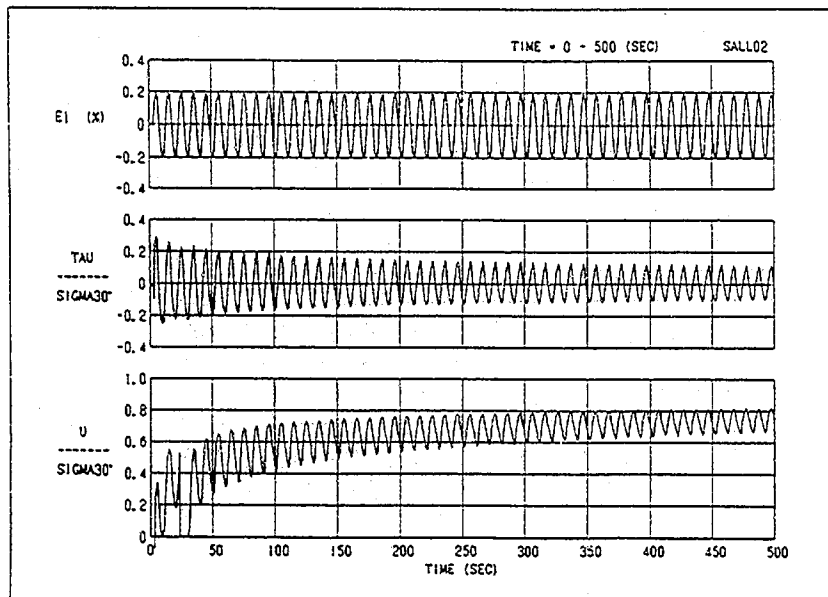
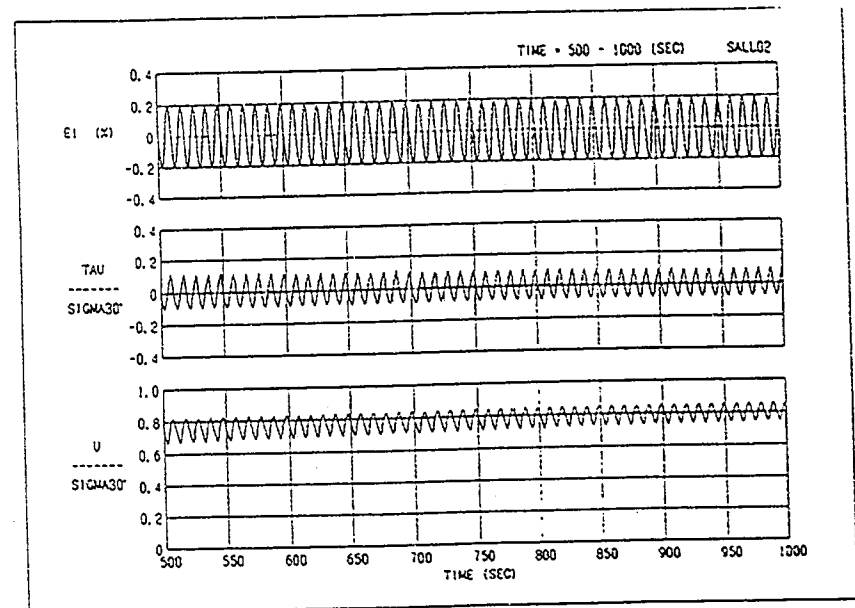
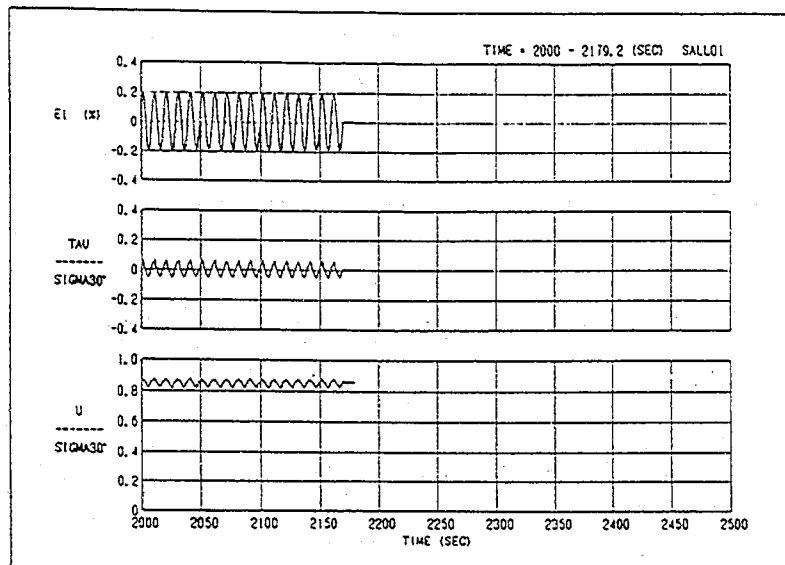




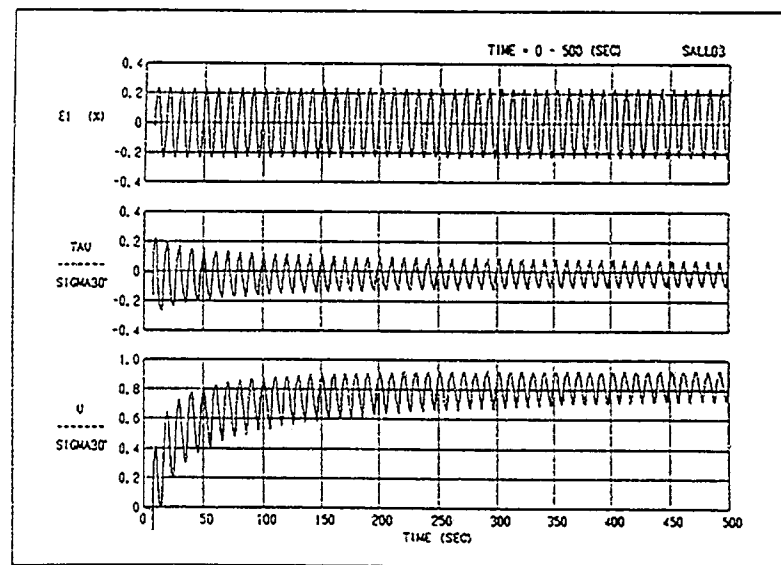
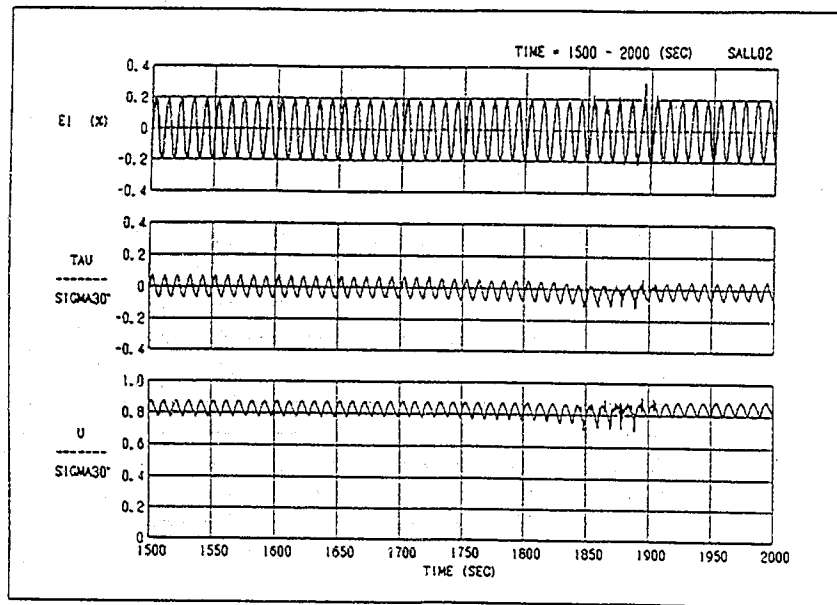


SALL01

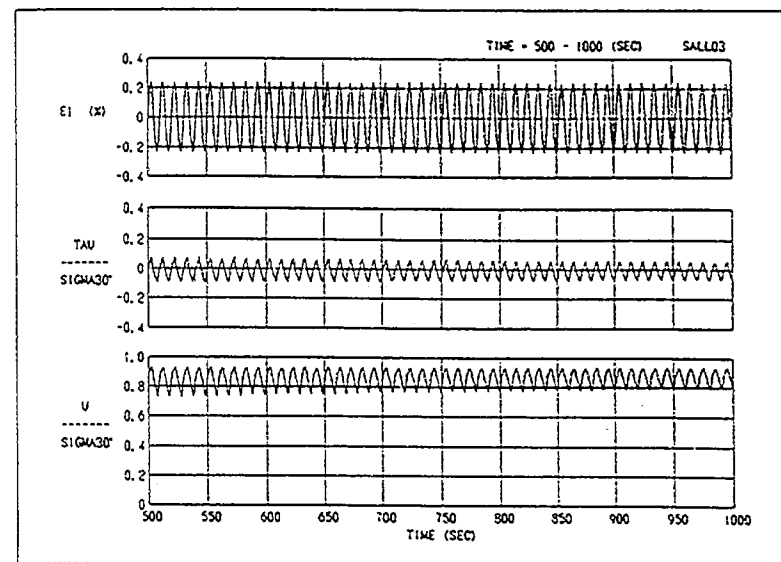
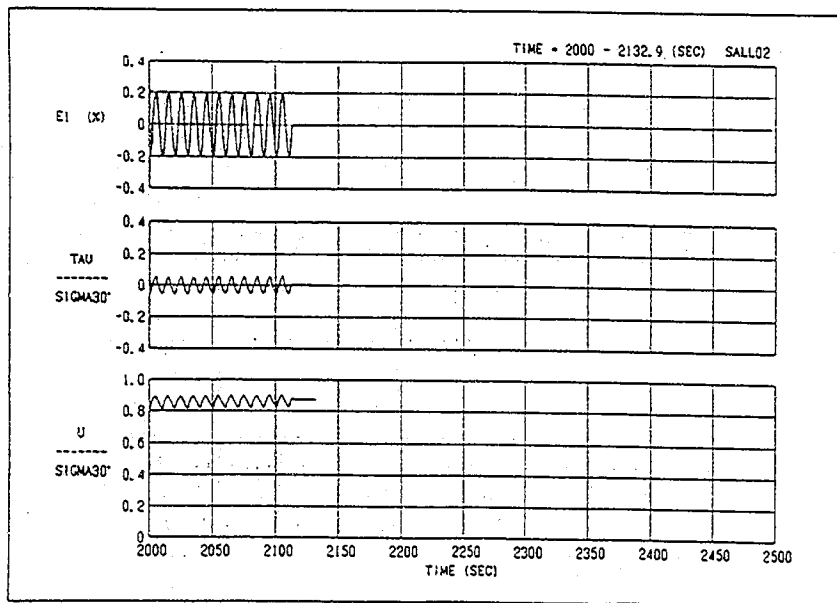


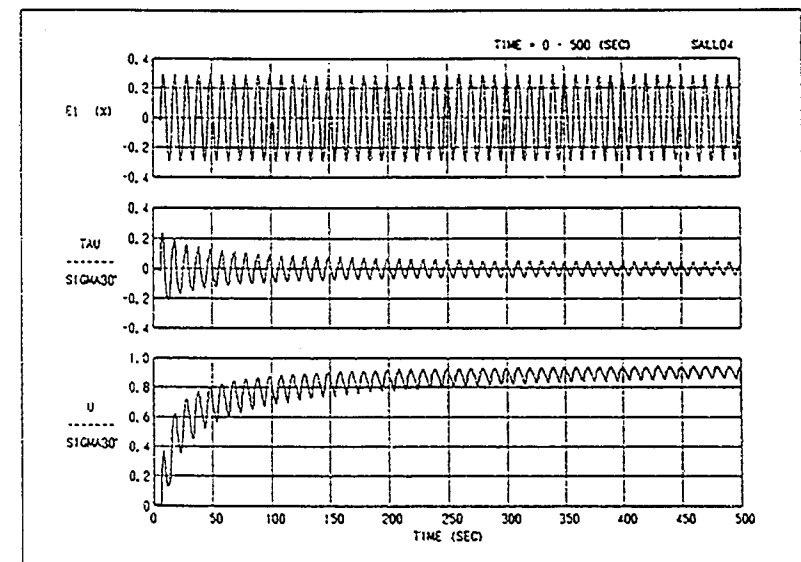
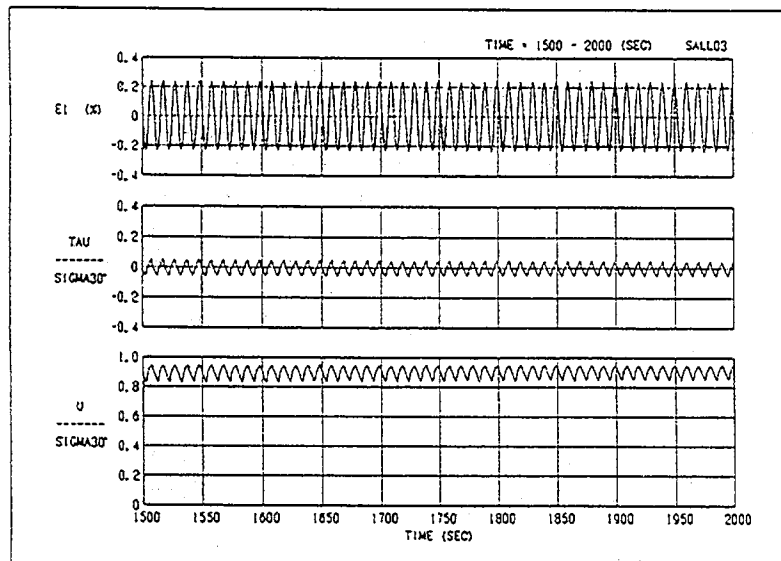
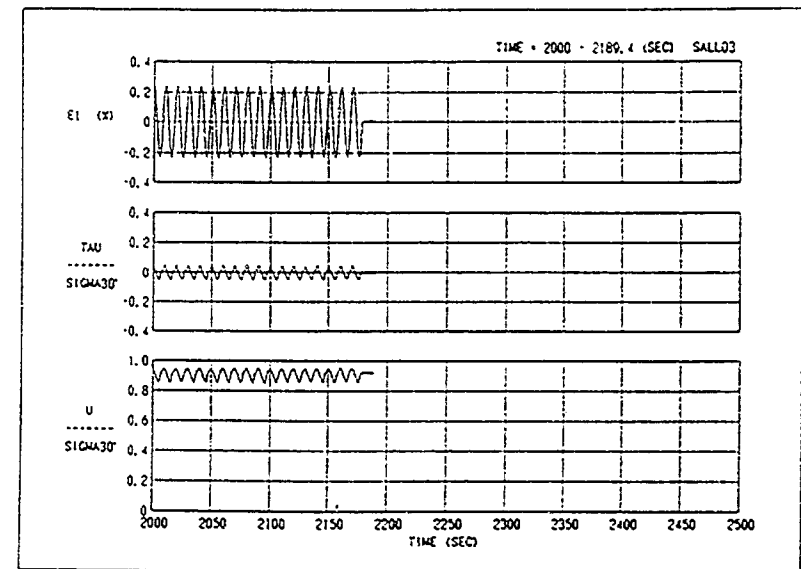
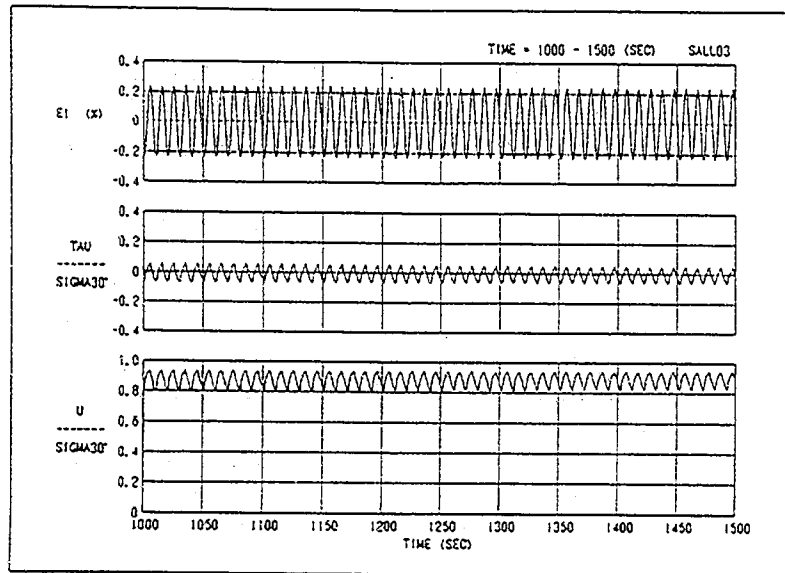


SALL02

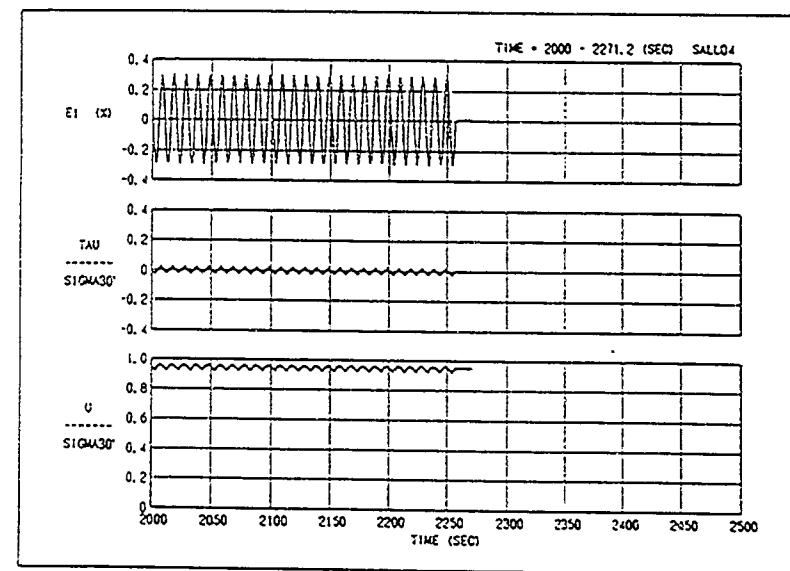
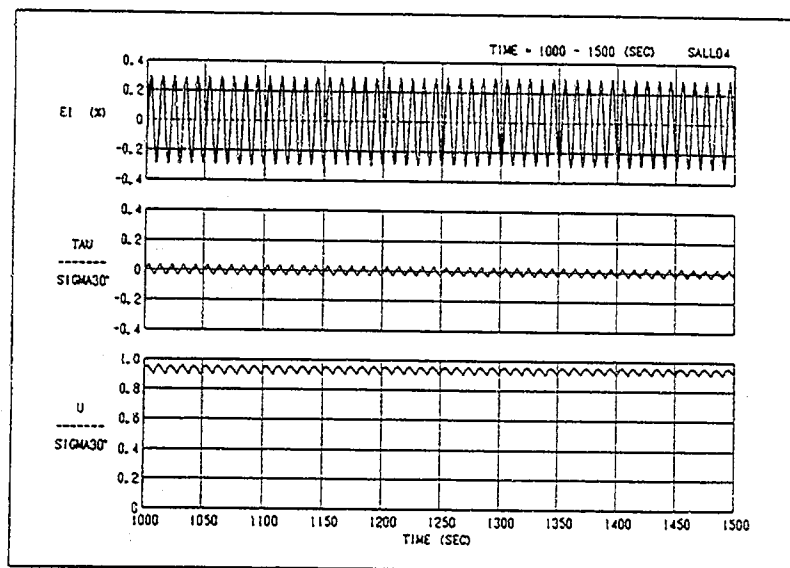
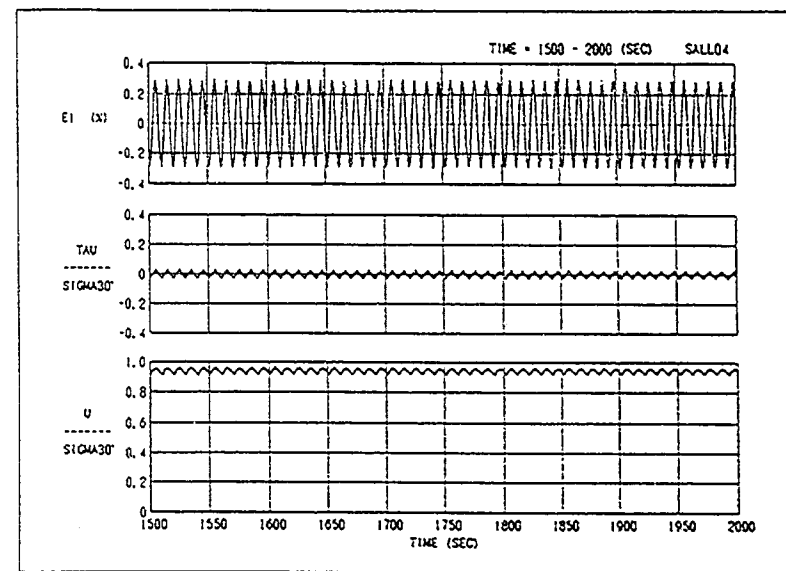
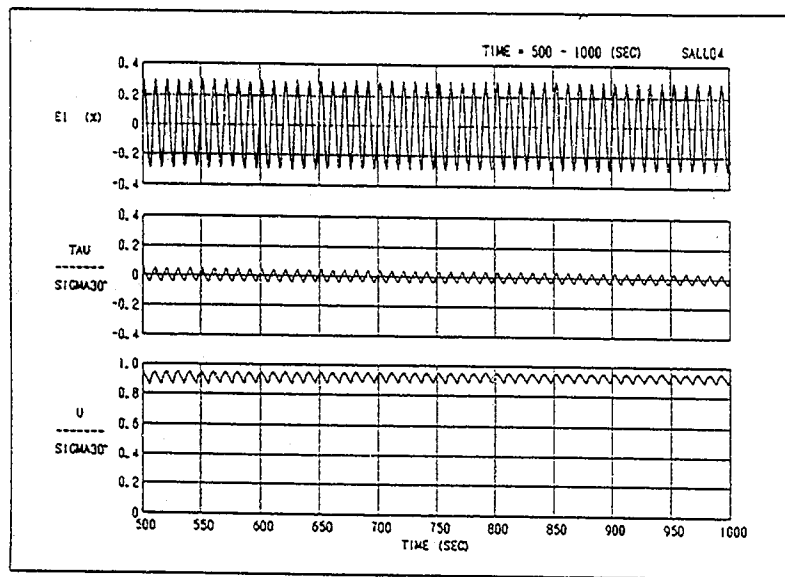


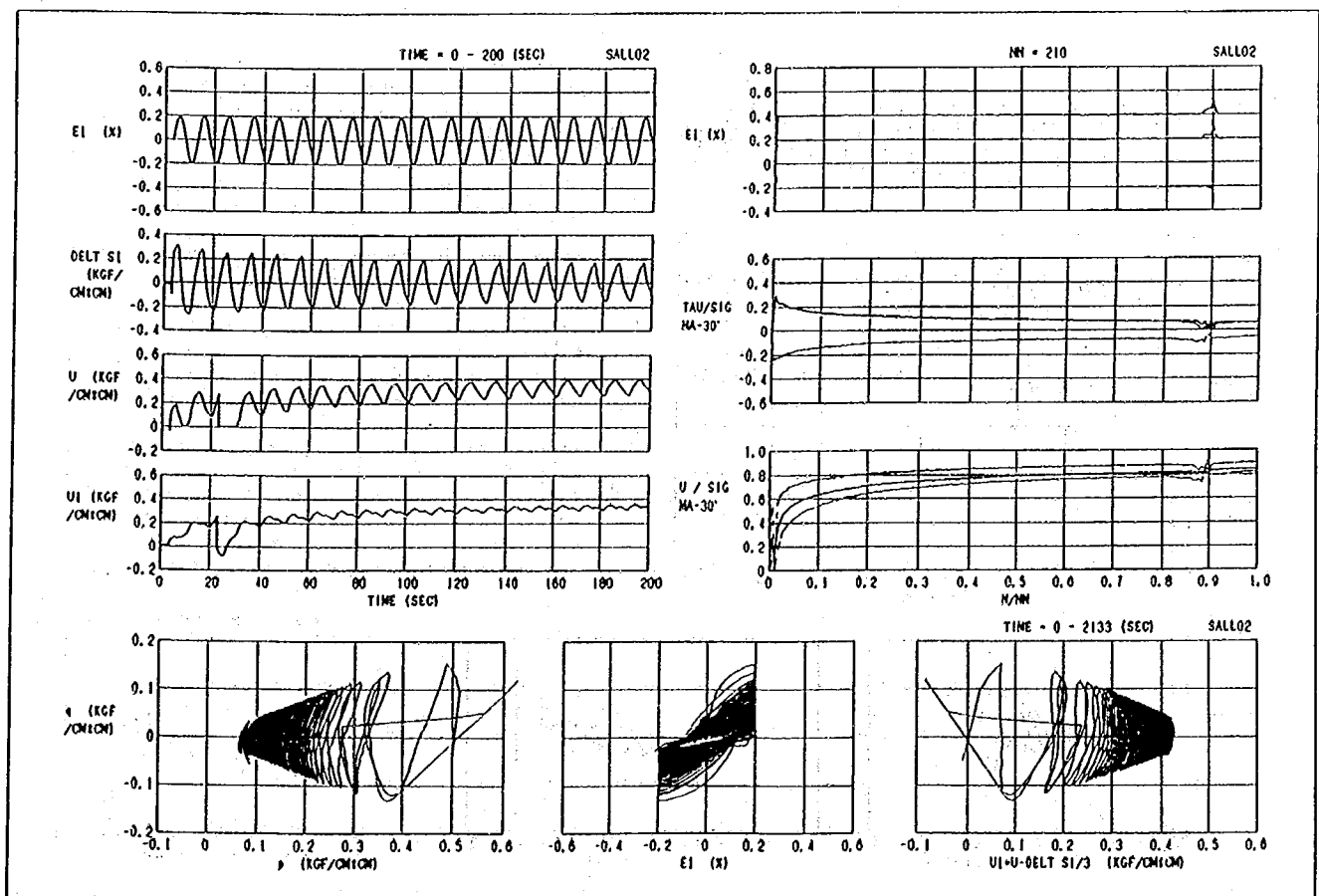
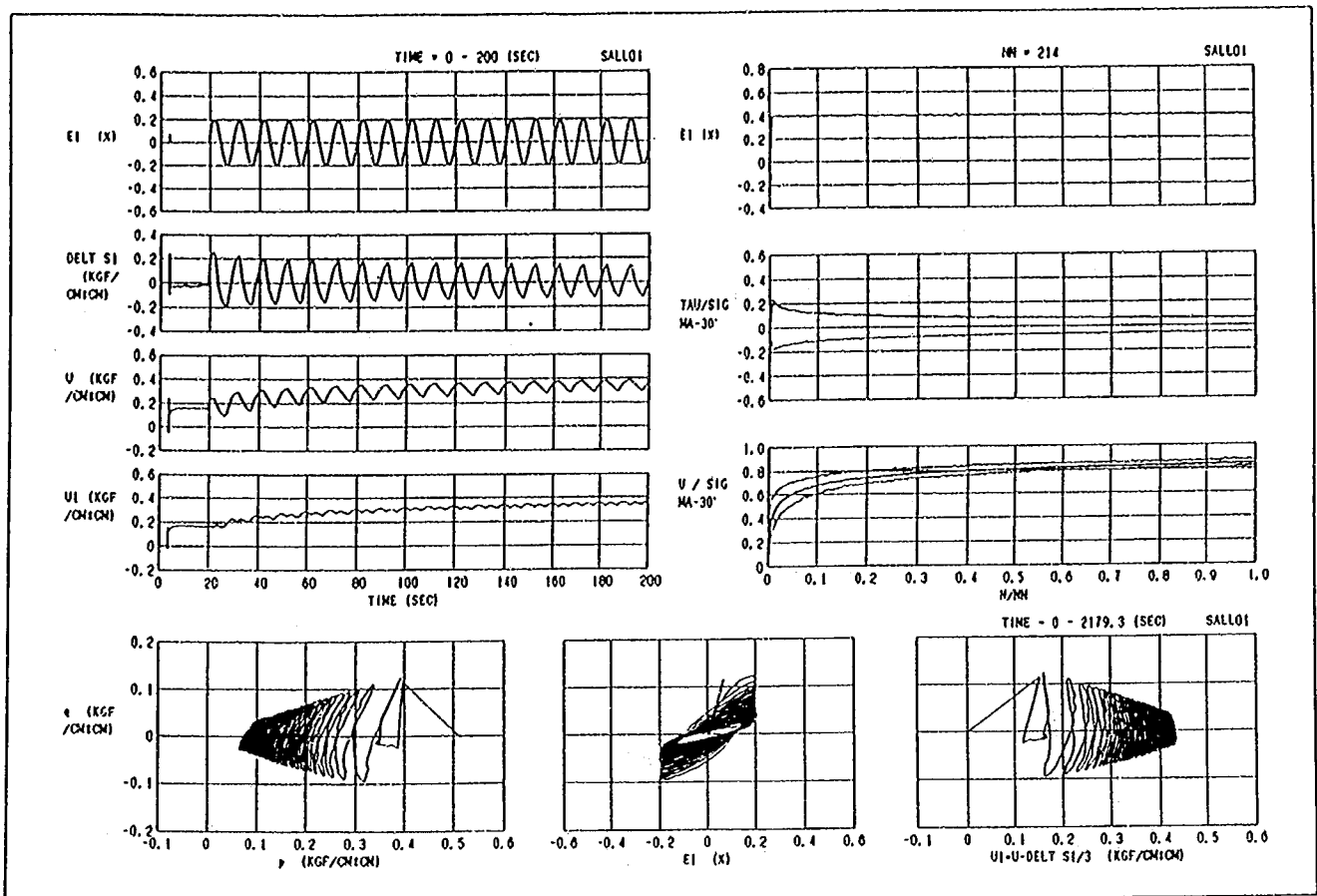
SALL03

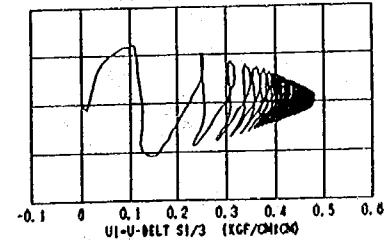
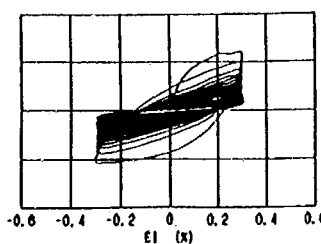
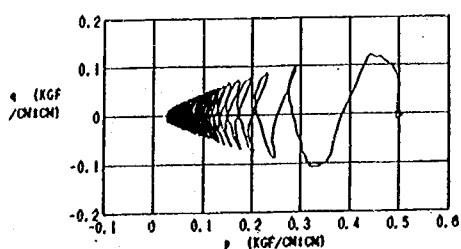
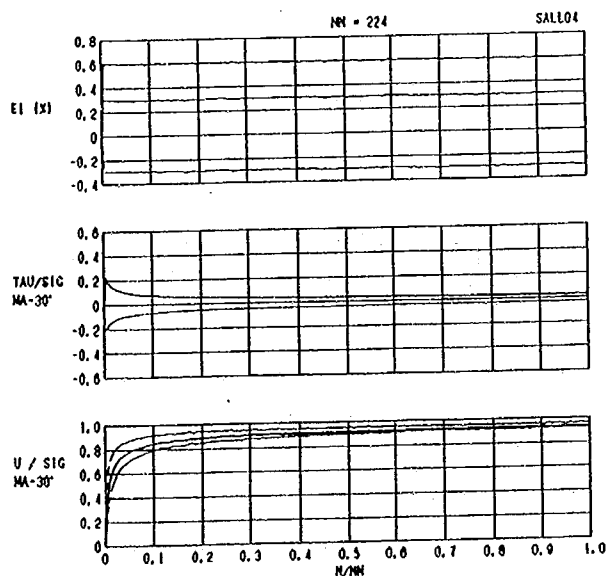
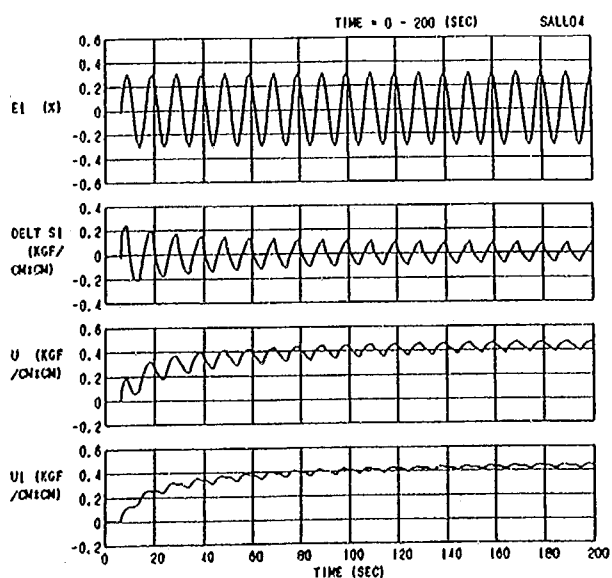
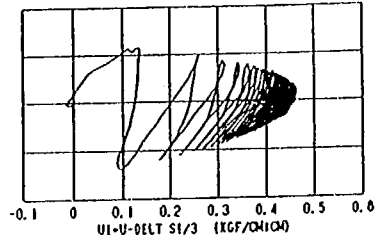
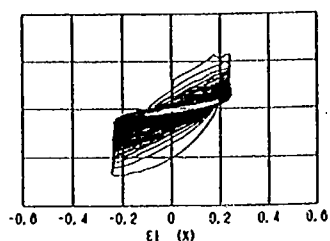
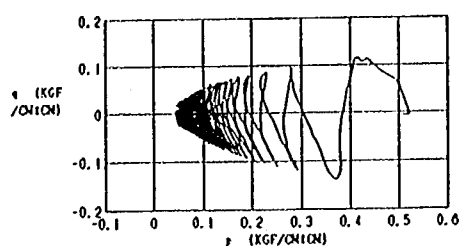
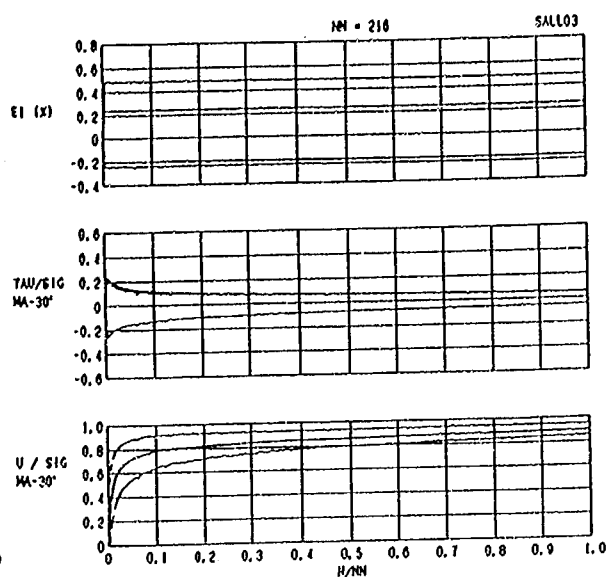
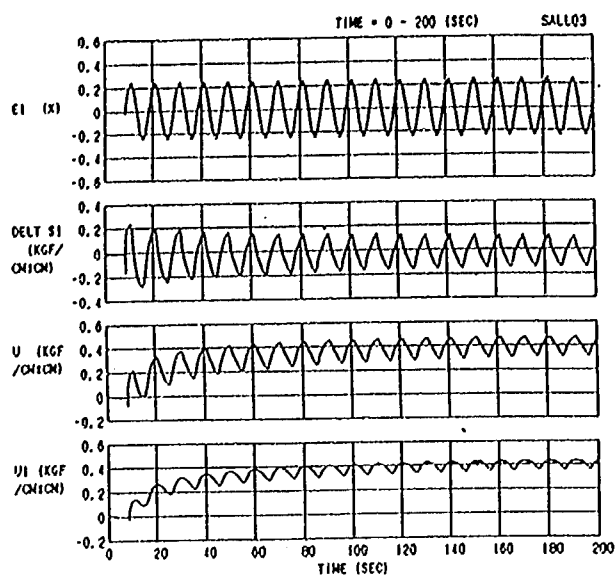


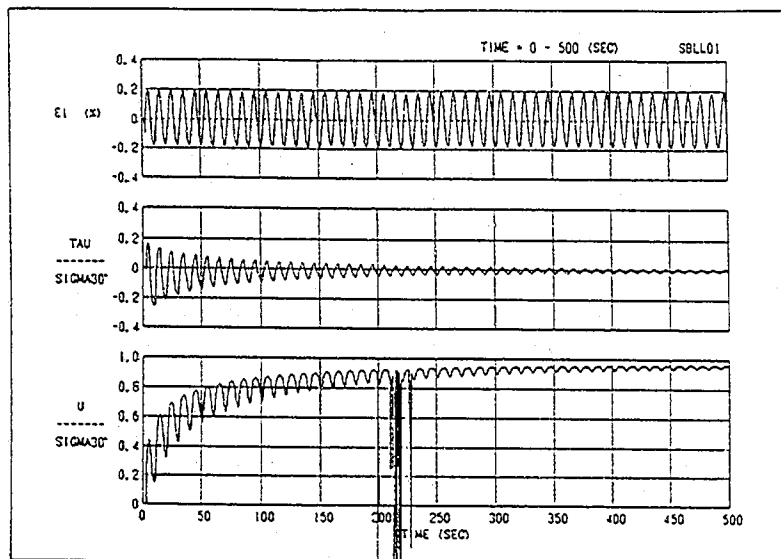


SALL04

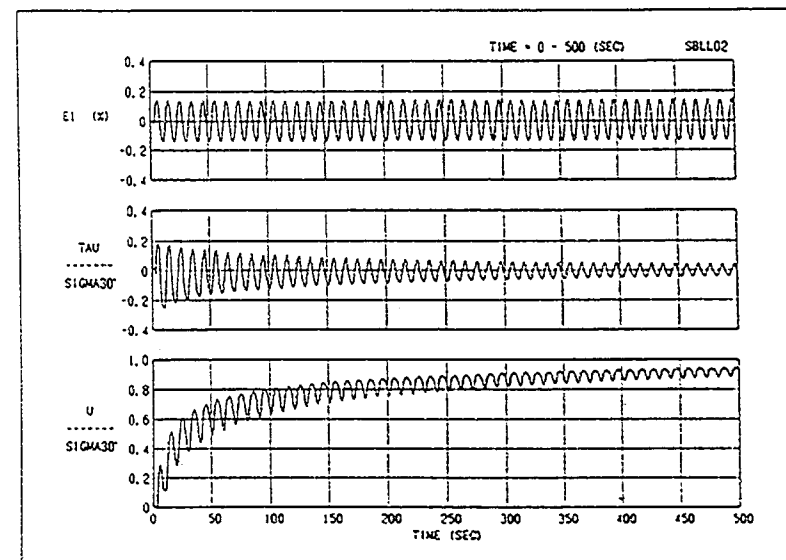




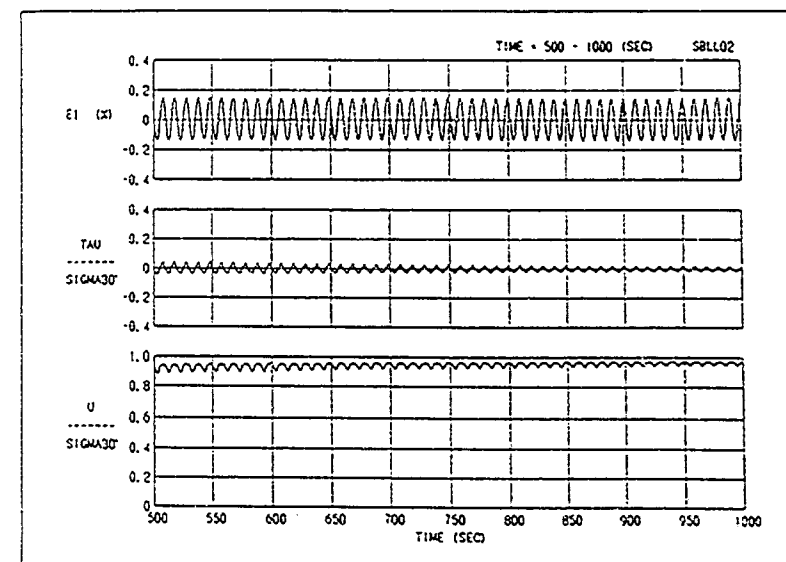
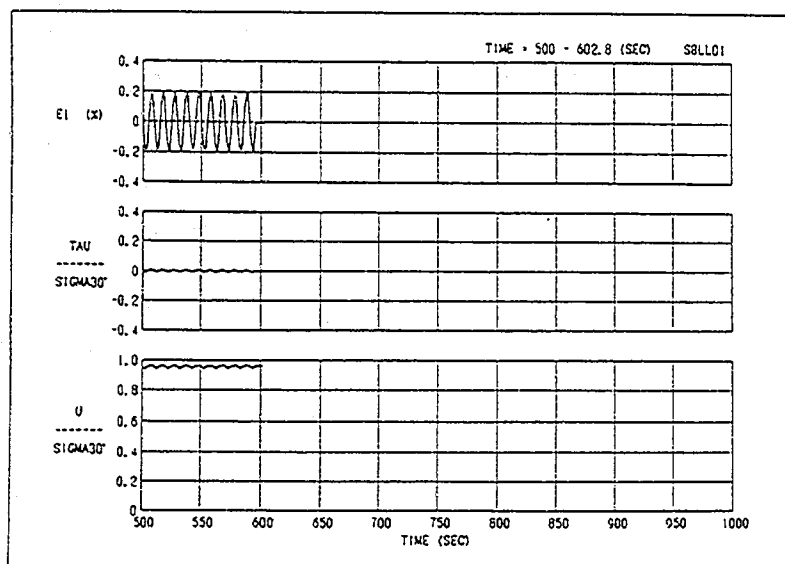


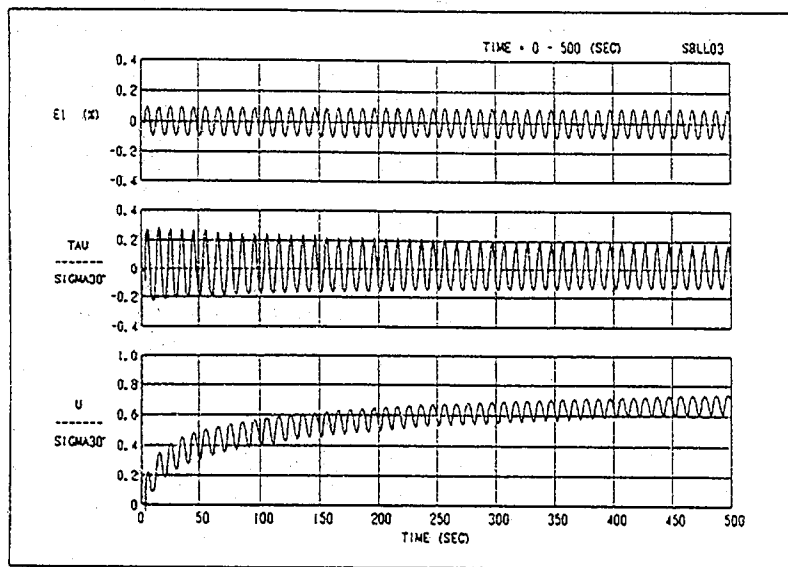
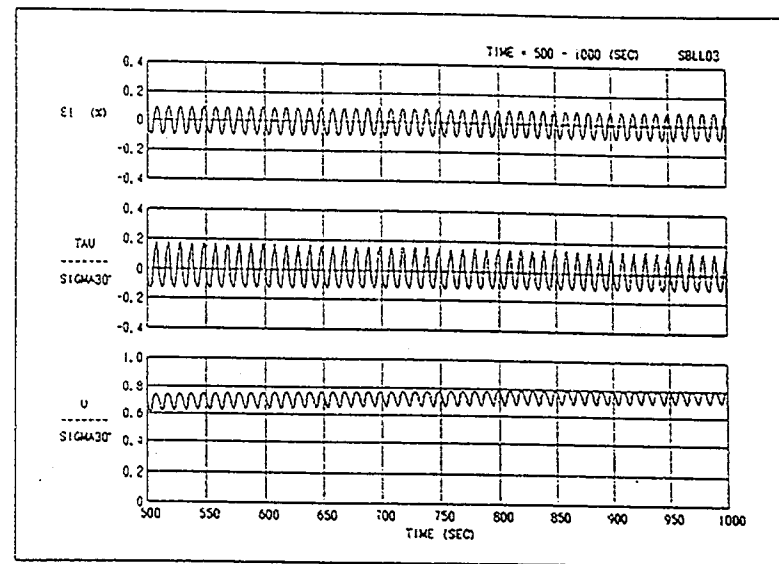
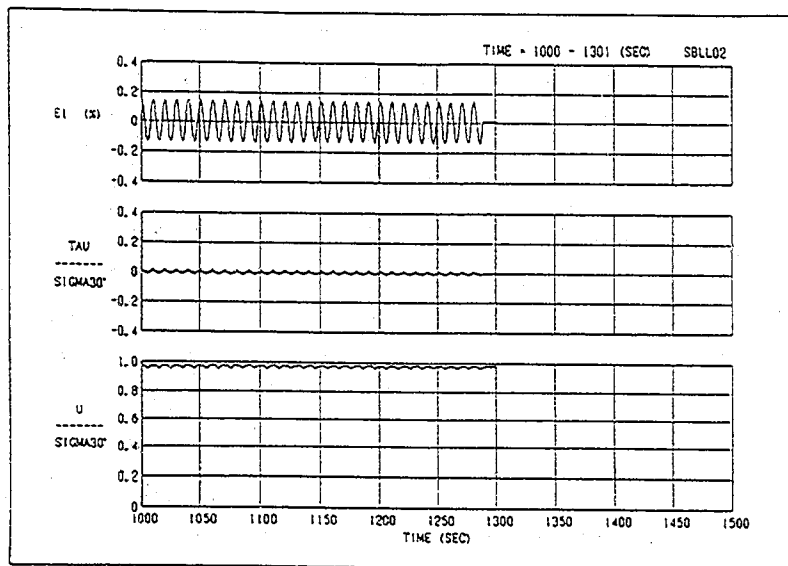


SBLL01

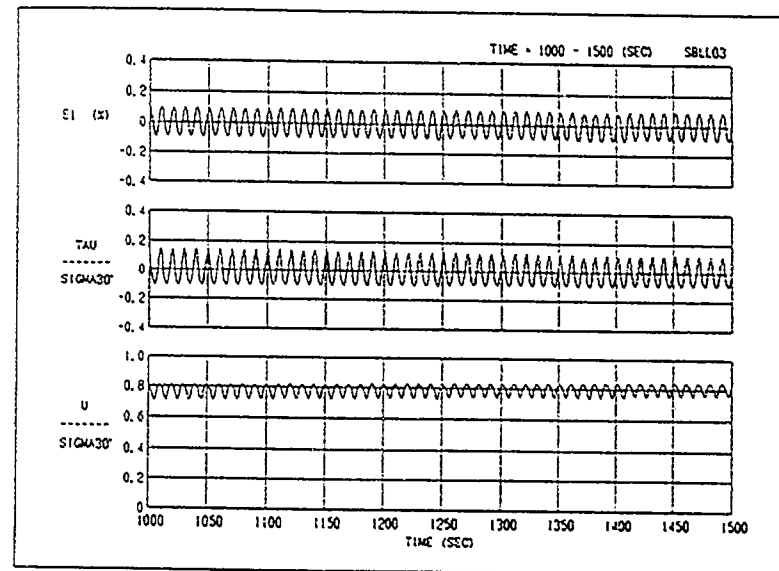


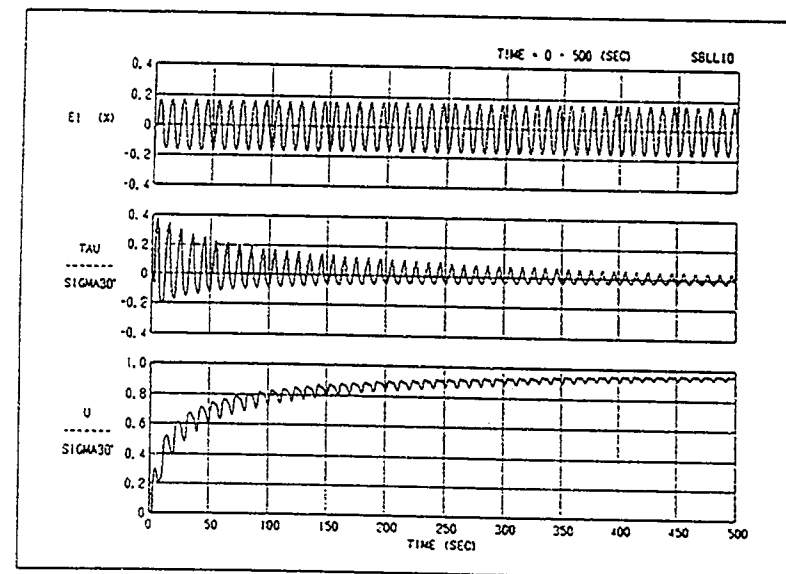
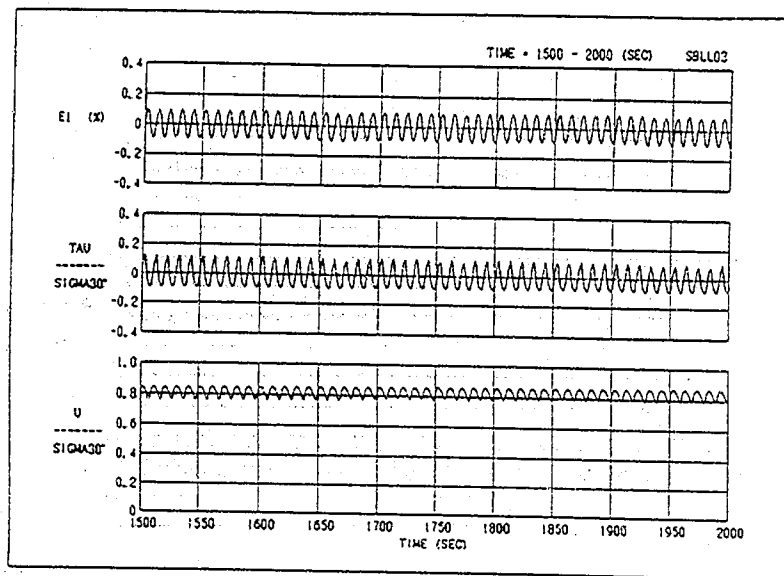
SBLL02



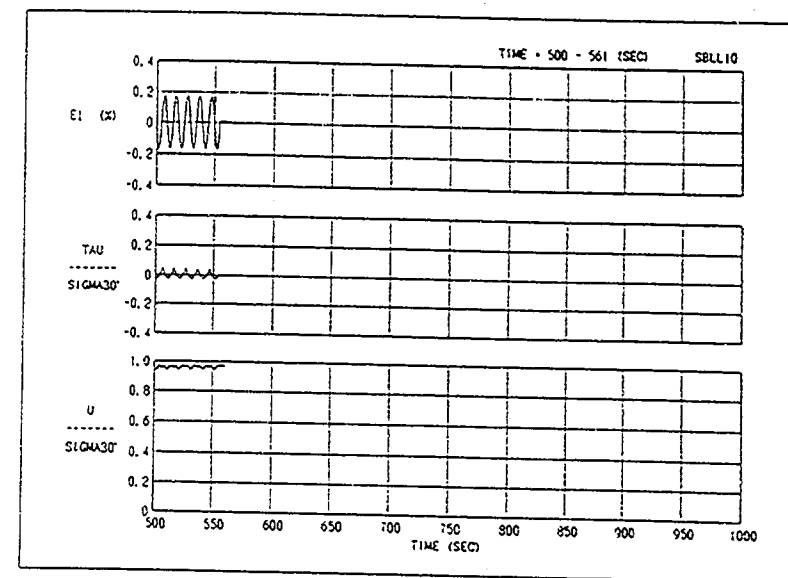
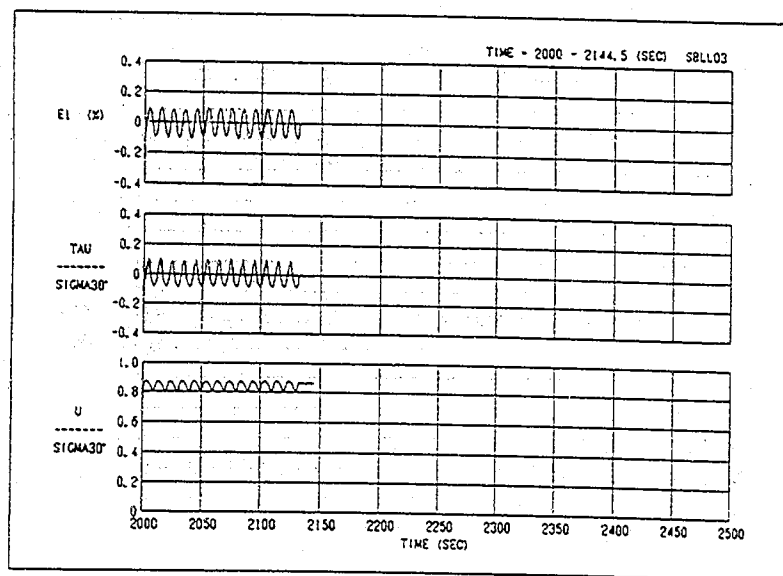


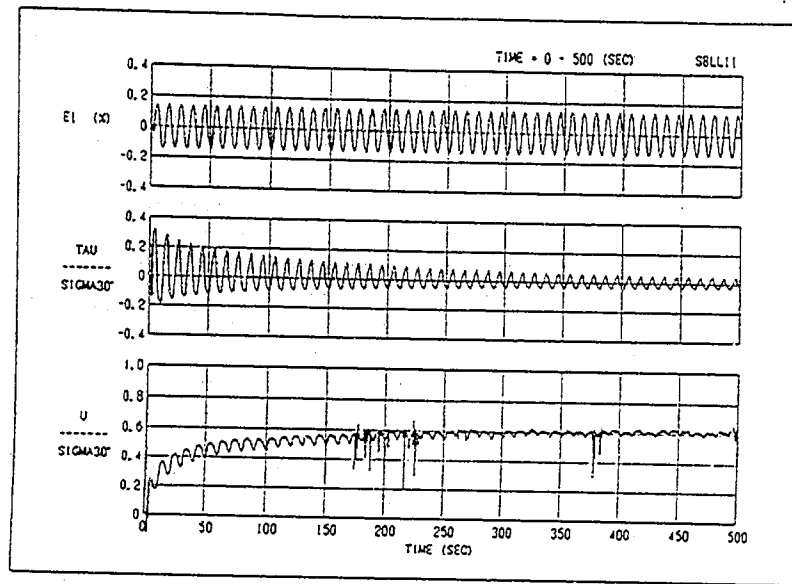
SBLL03



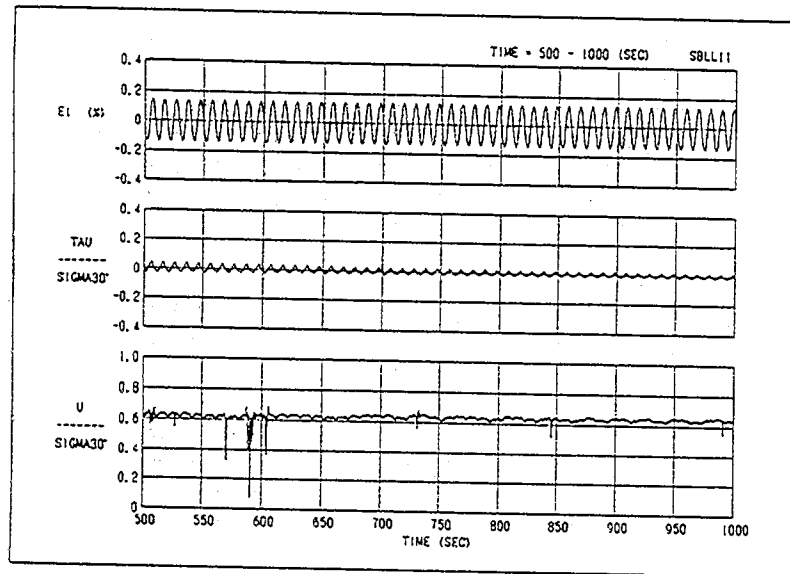
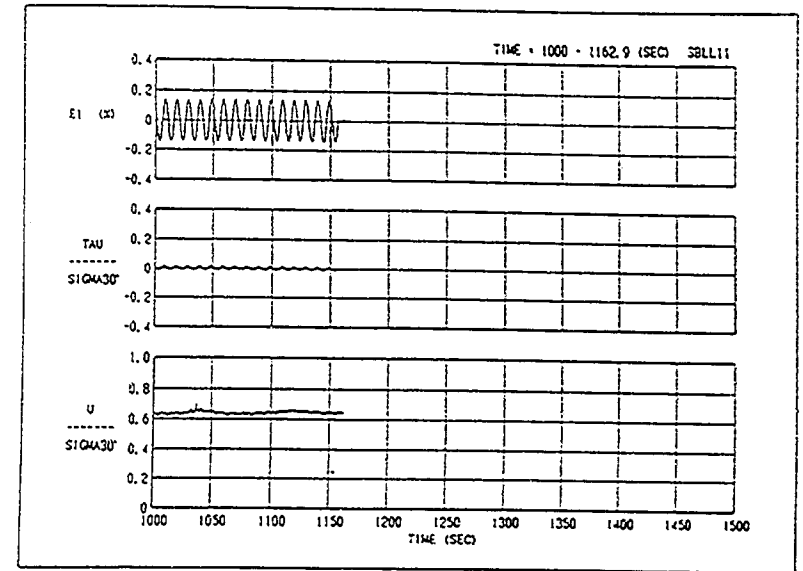


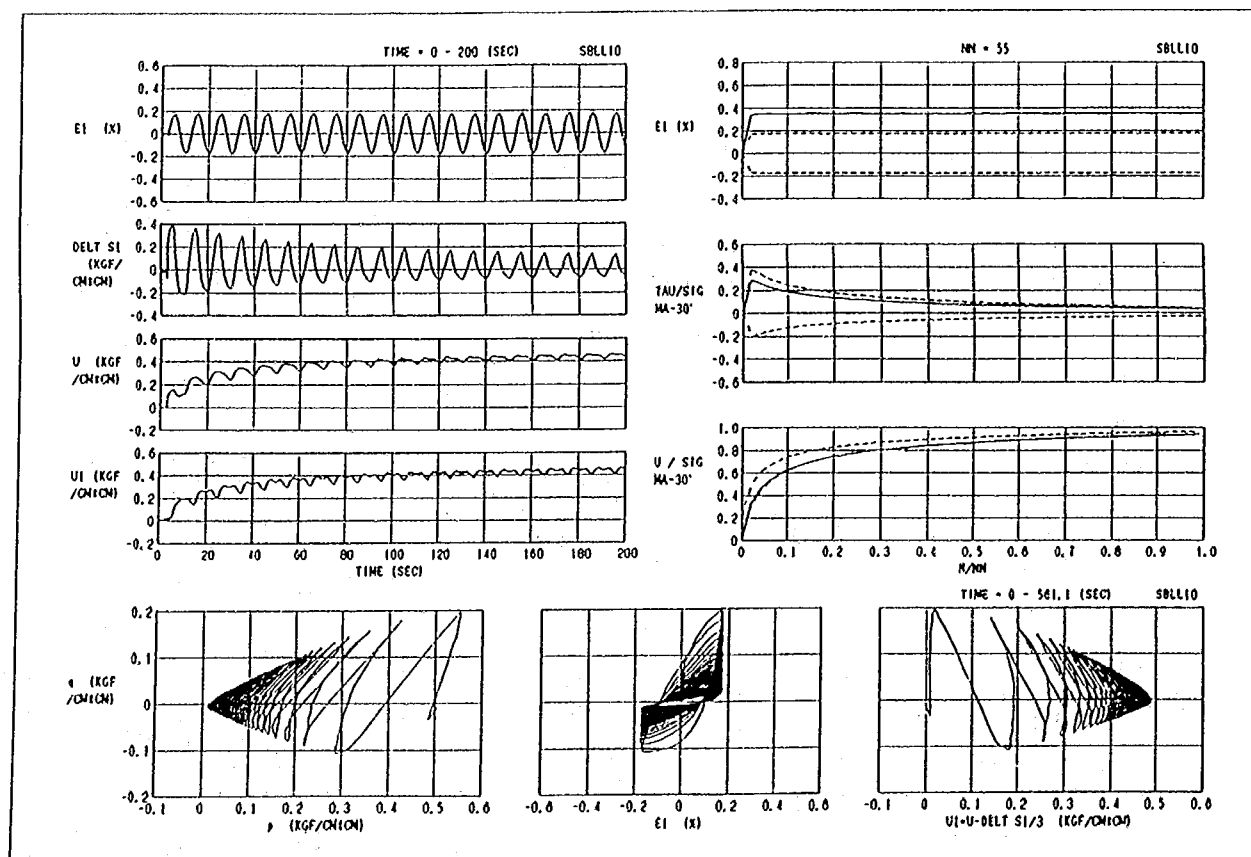
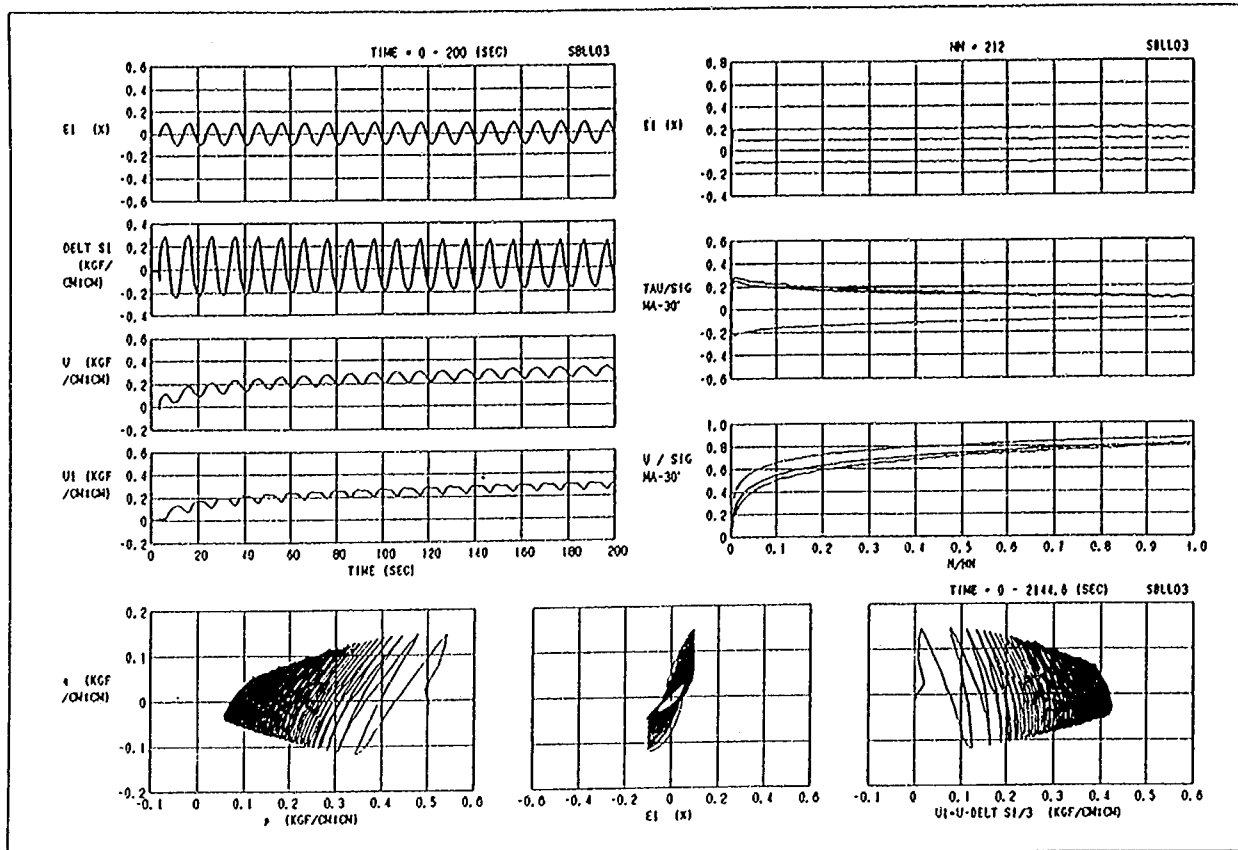
SBLL10

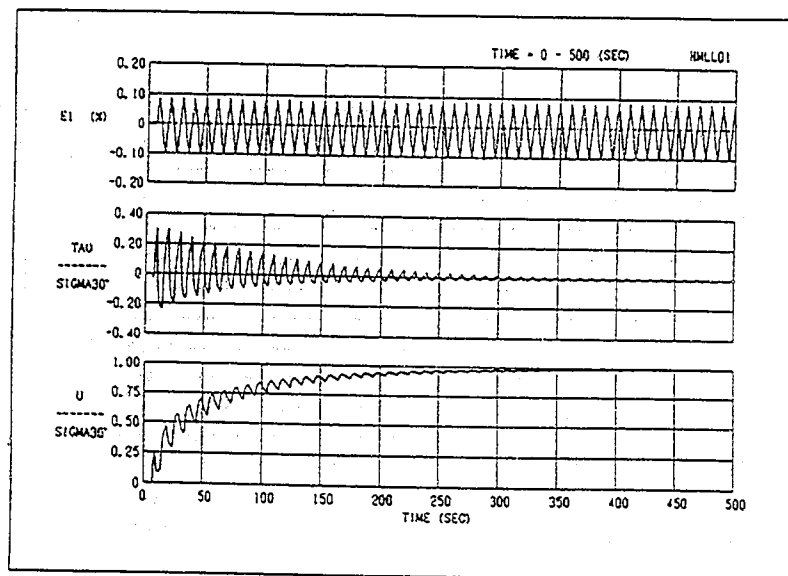




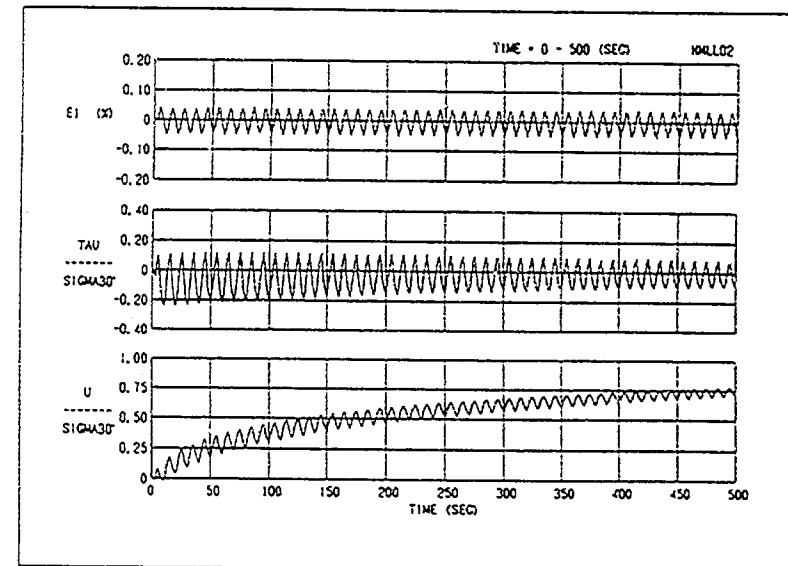
SBL11



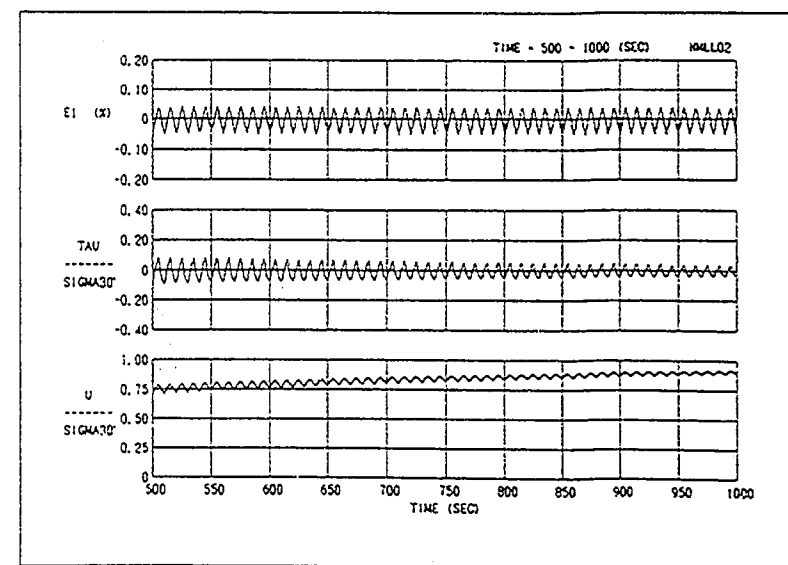
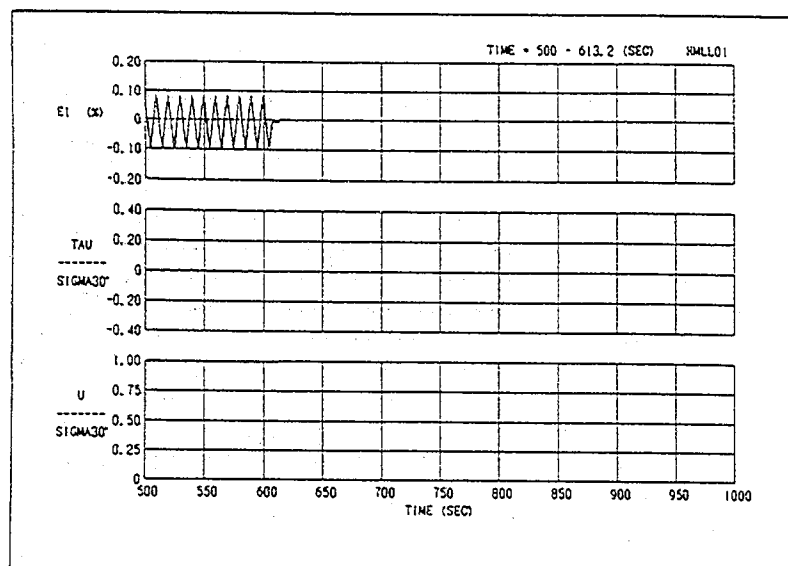


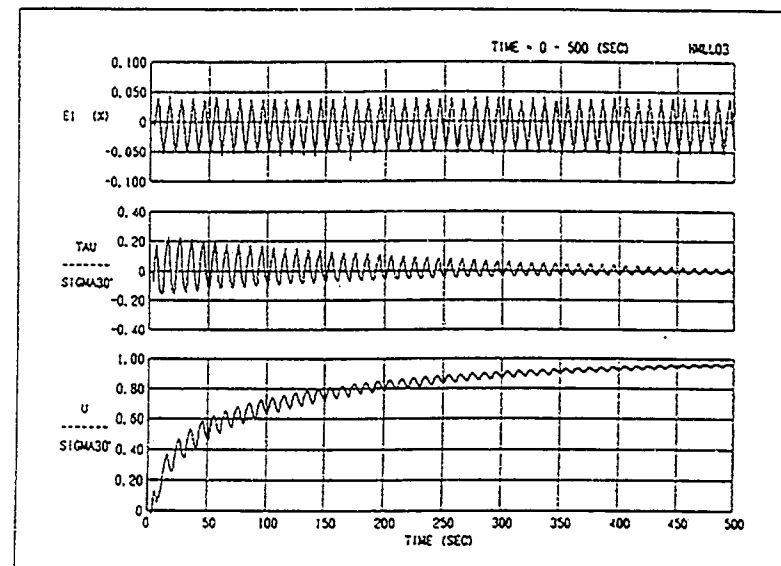
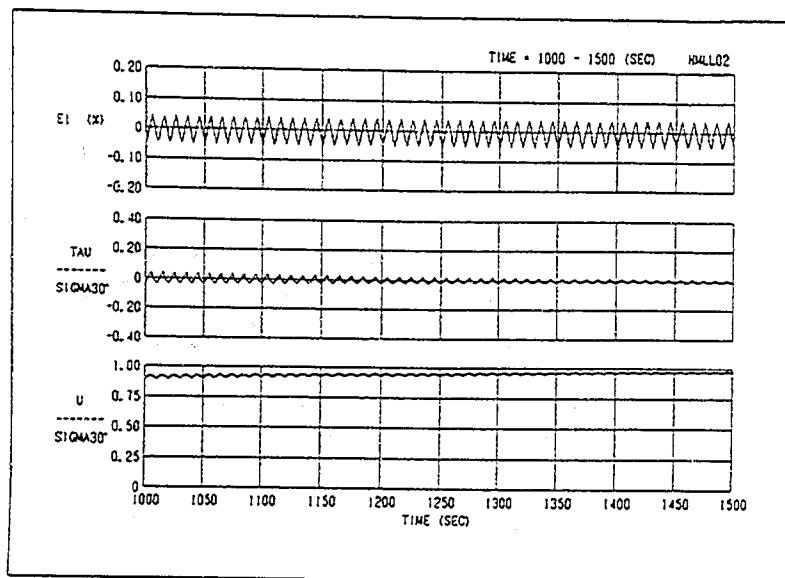


HMLL01

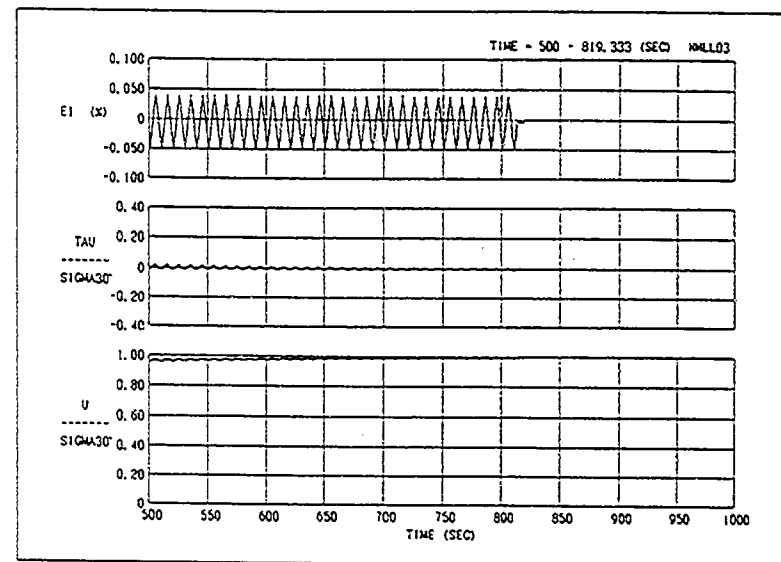
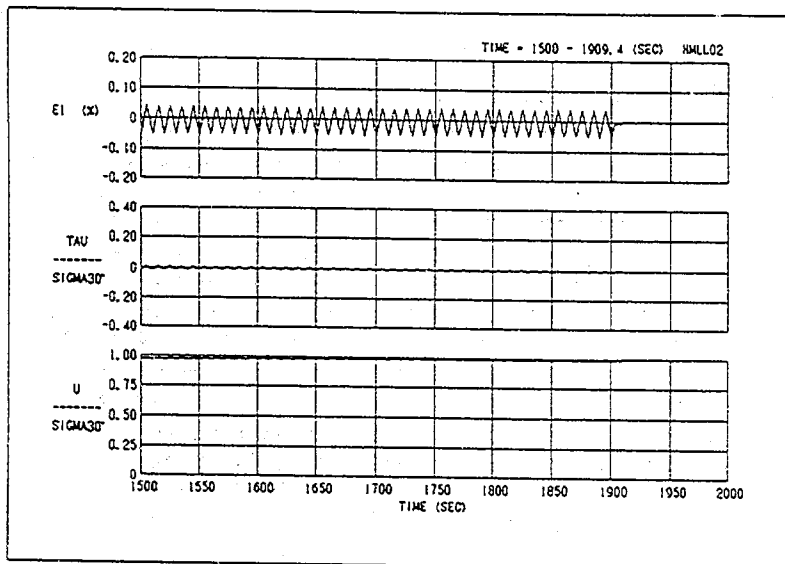


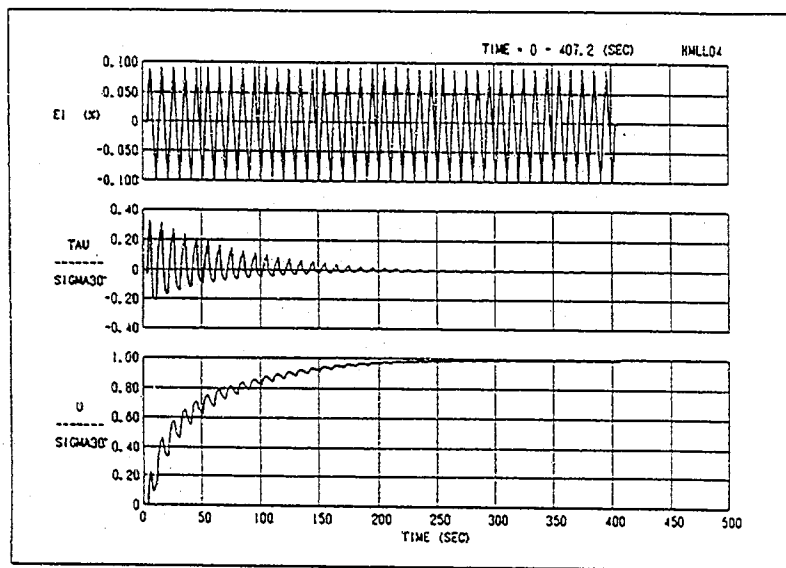
HMLL02



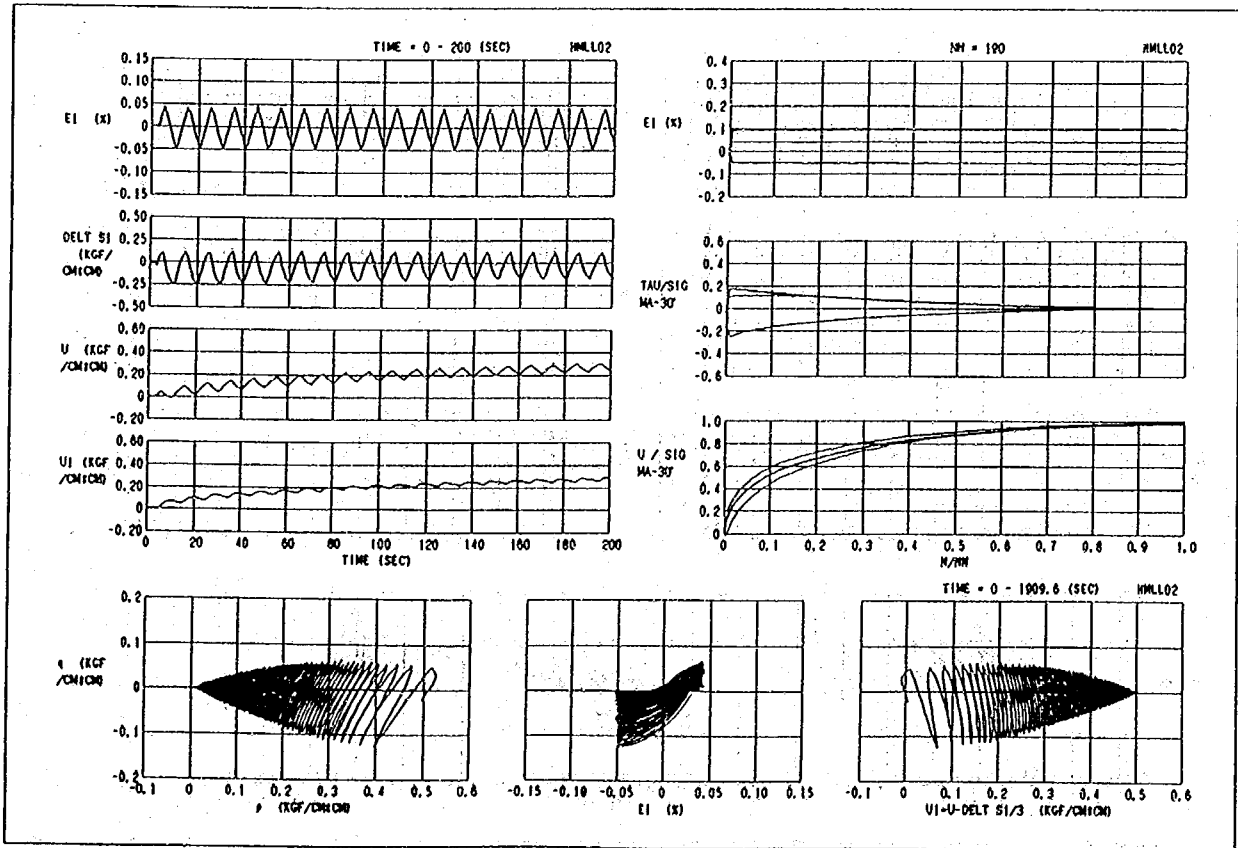
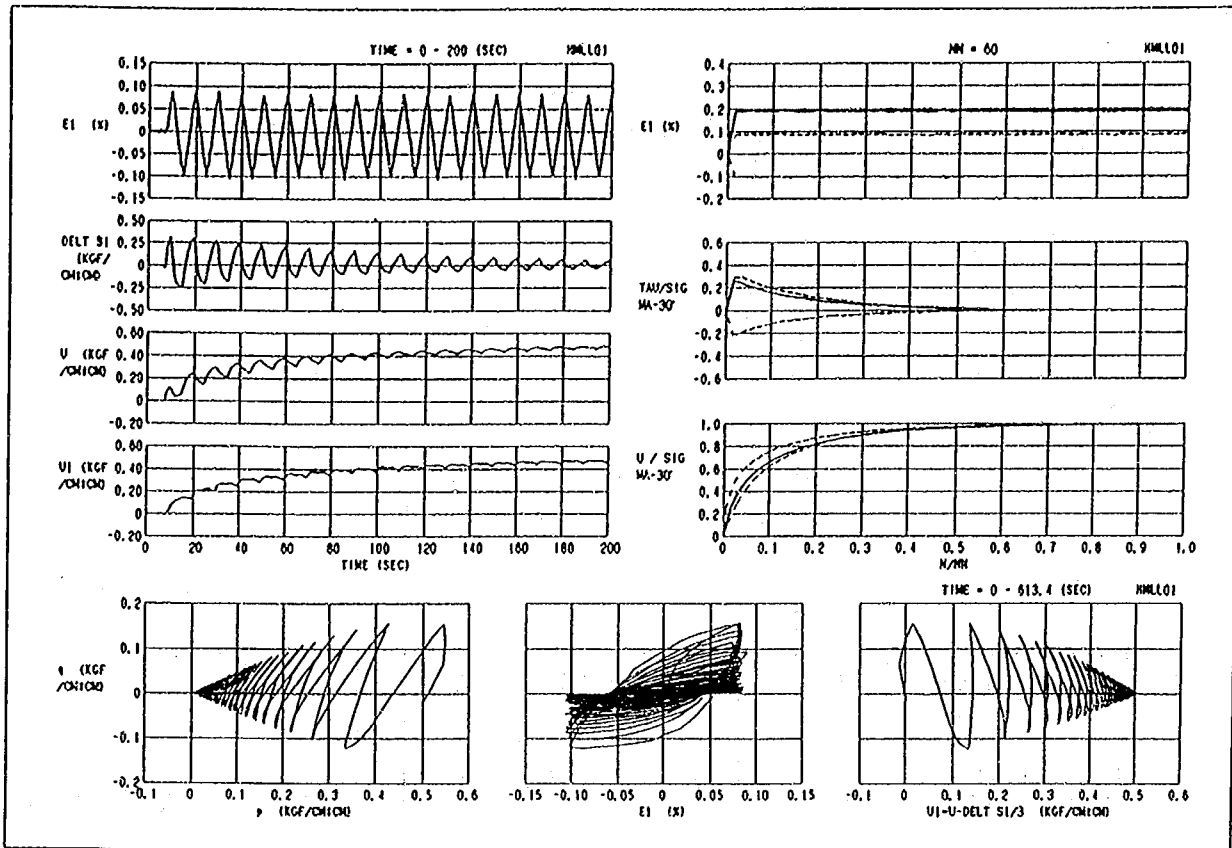


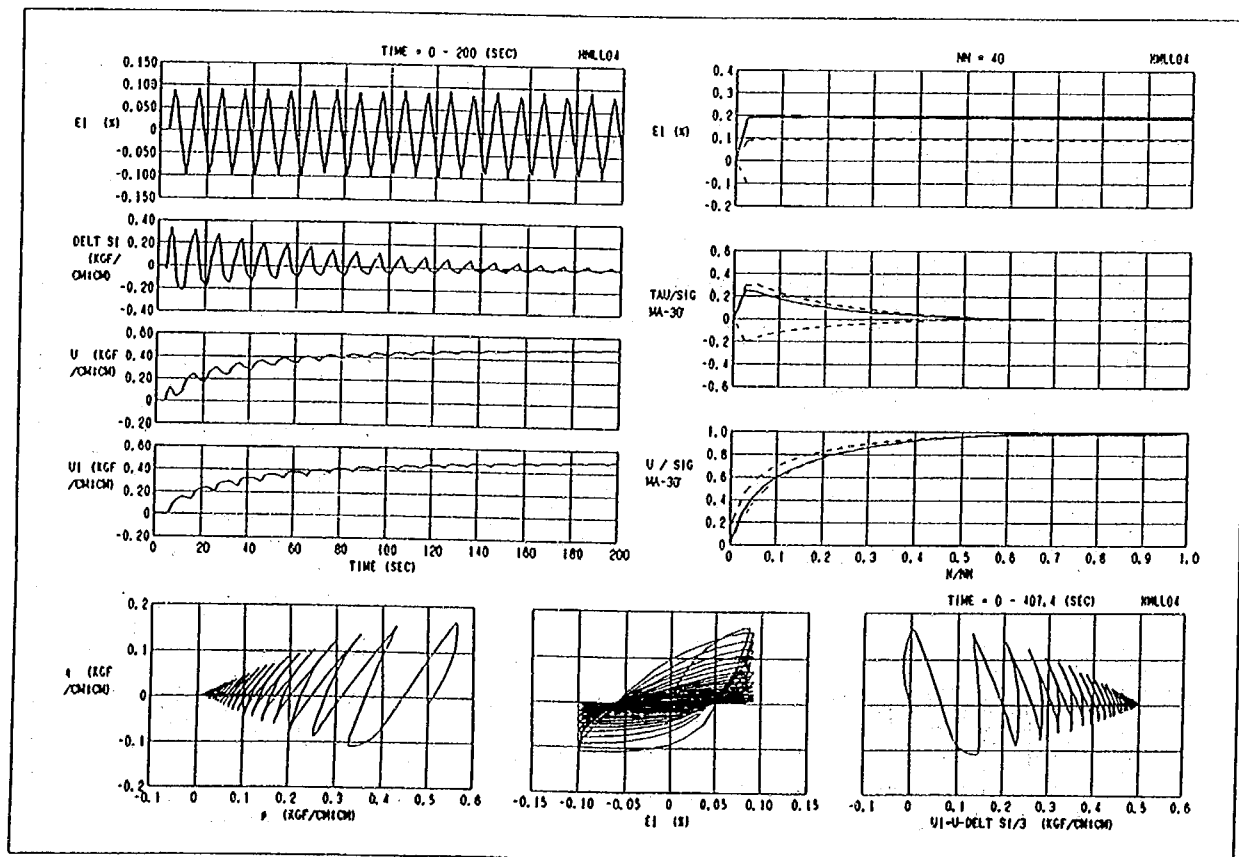
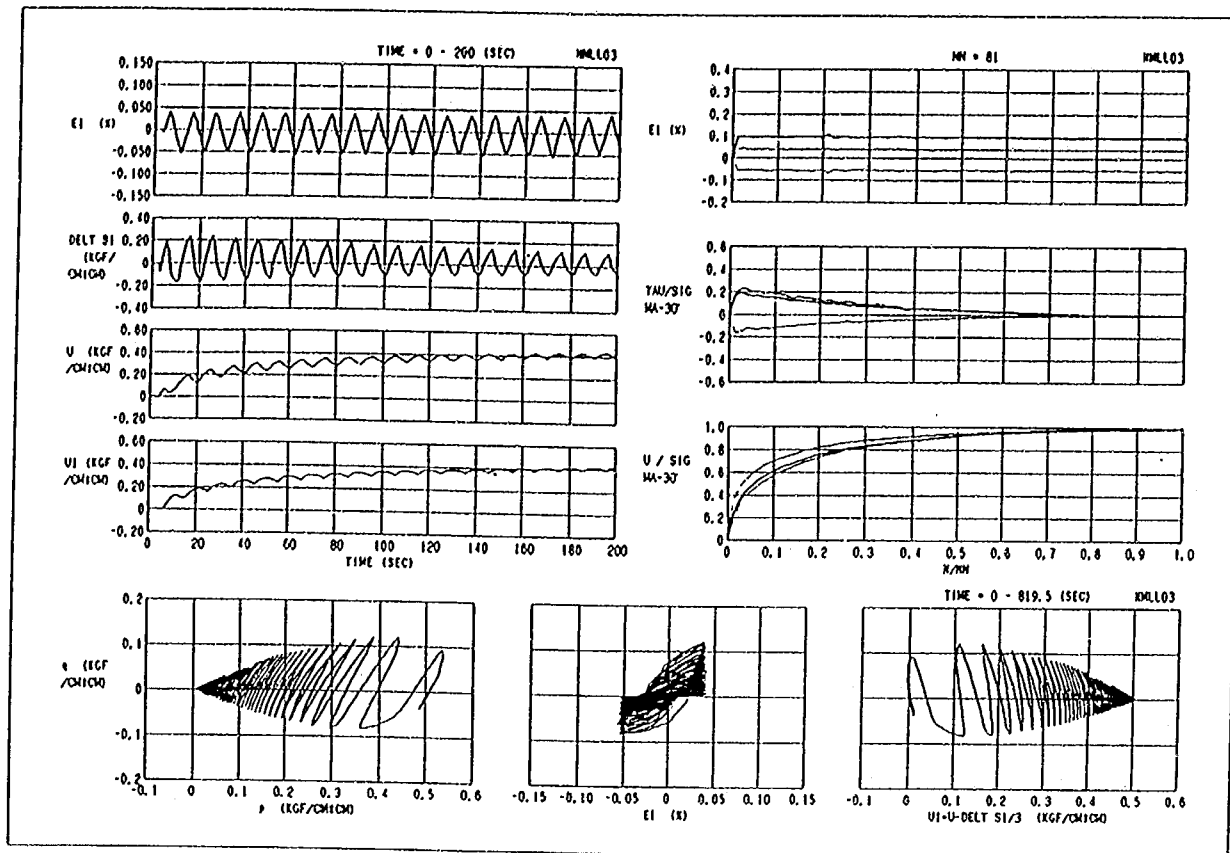
HMLL03

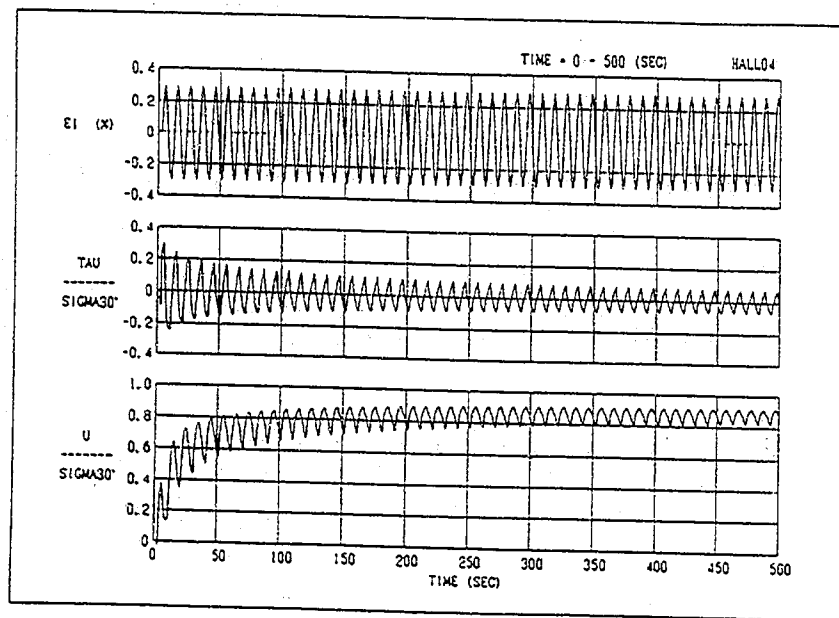




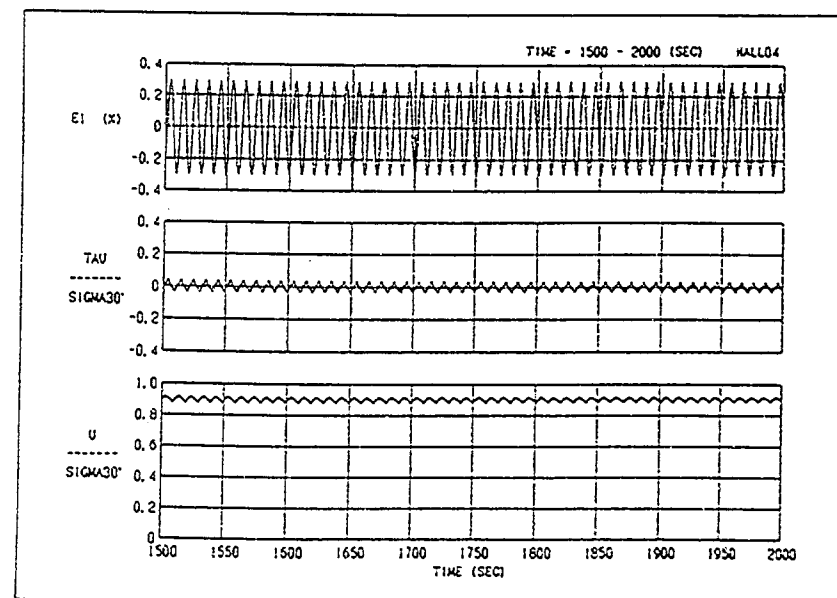
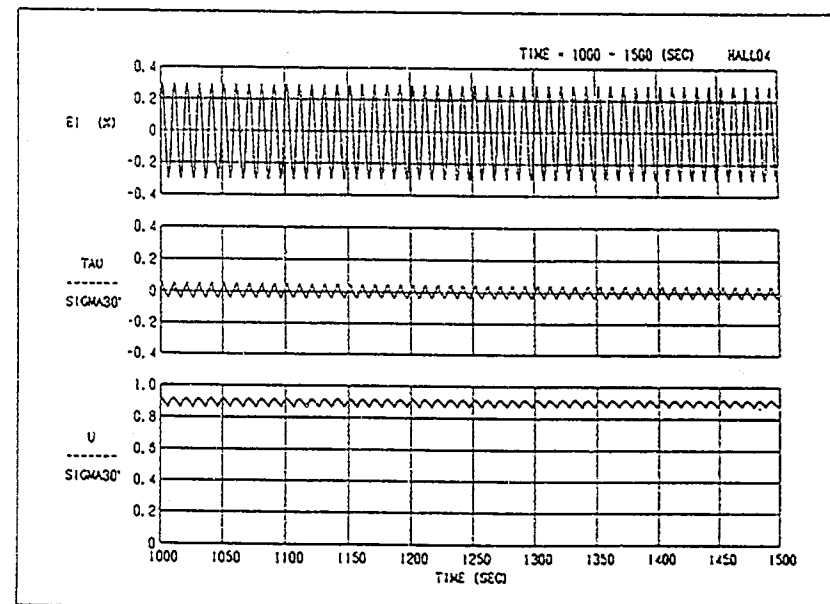
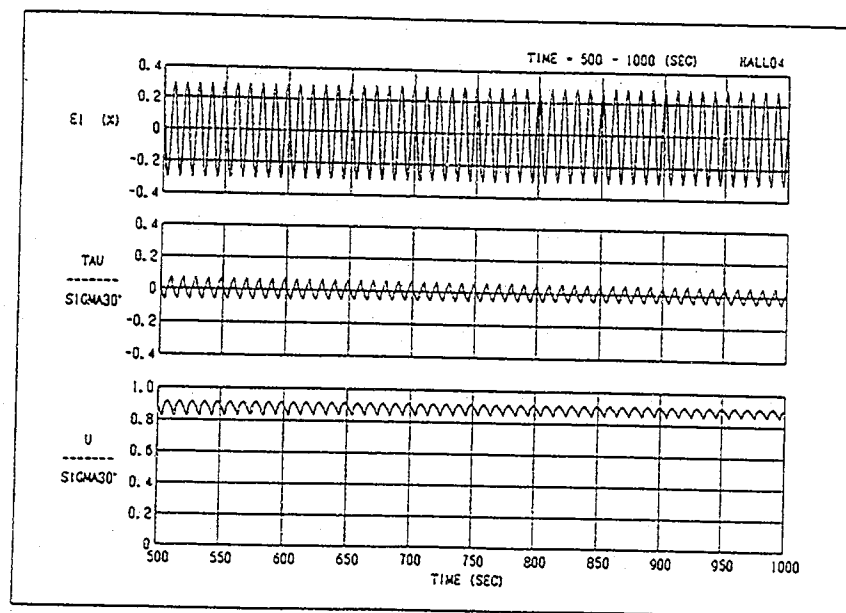
HMLL04

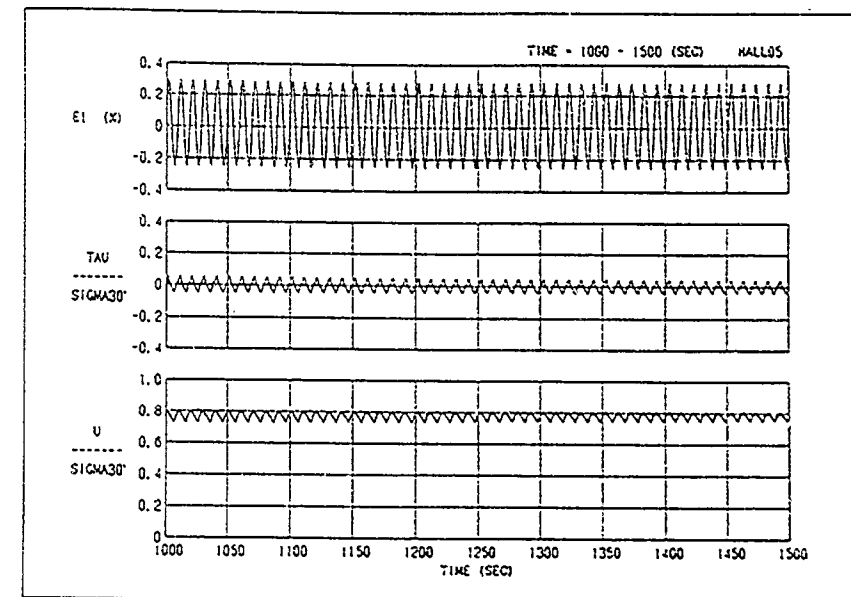
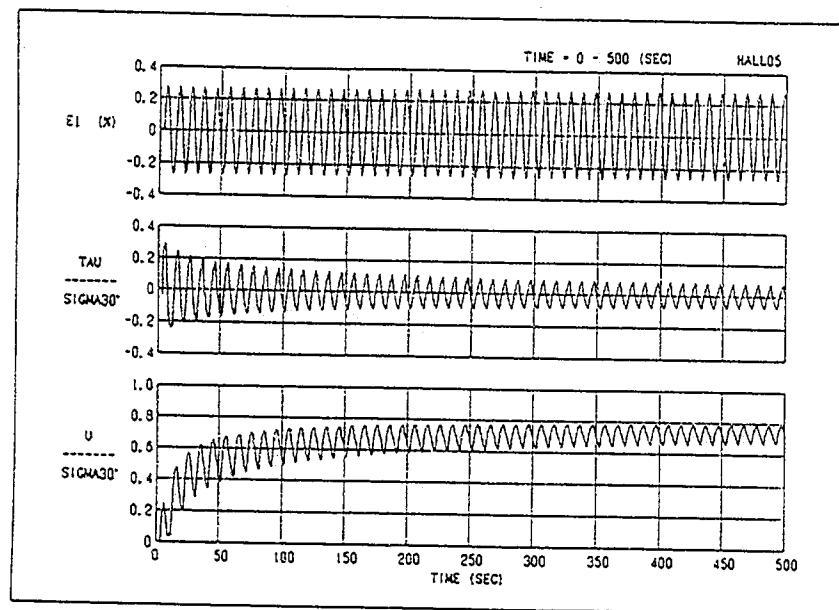
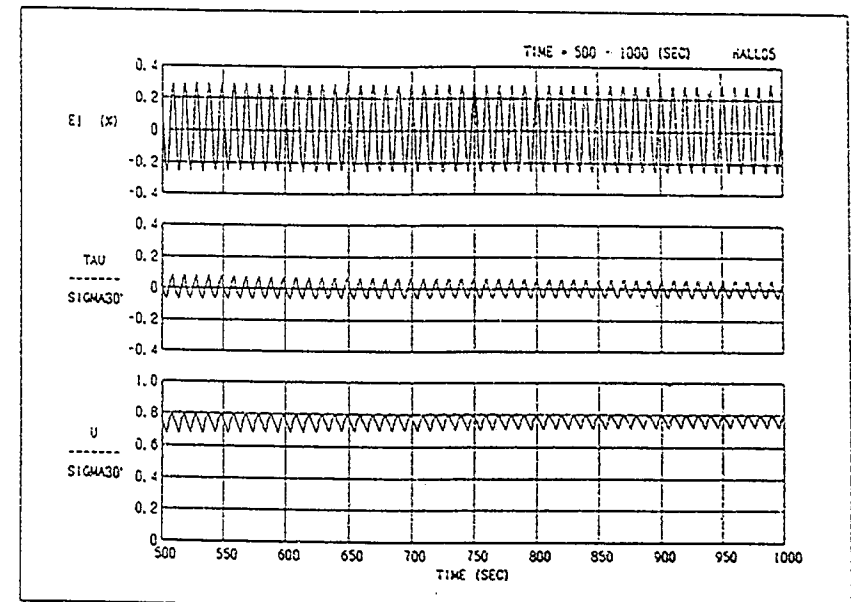
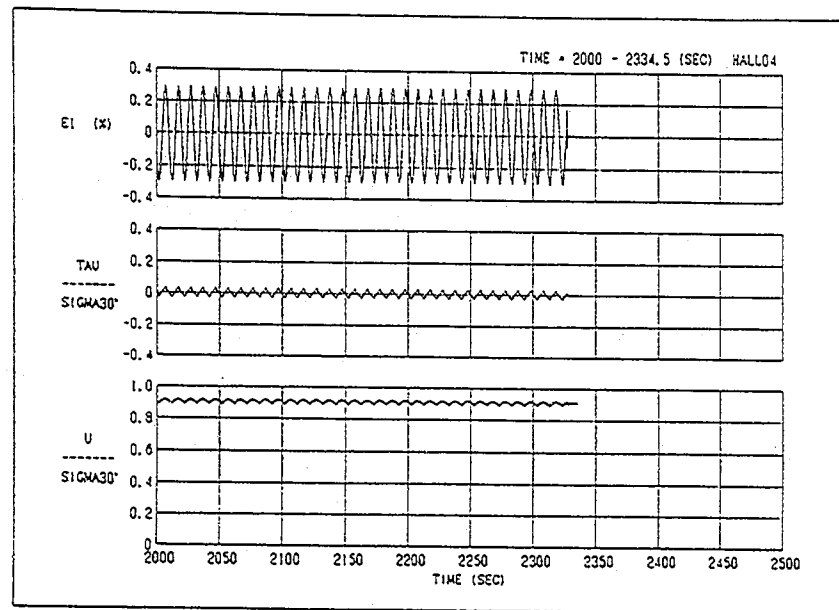




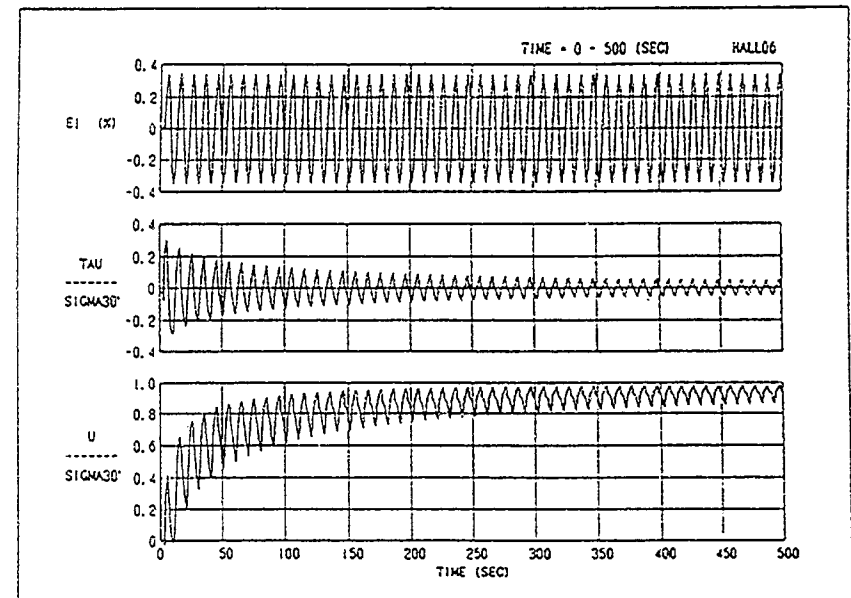
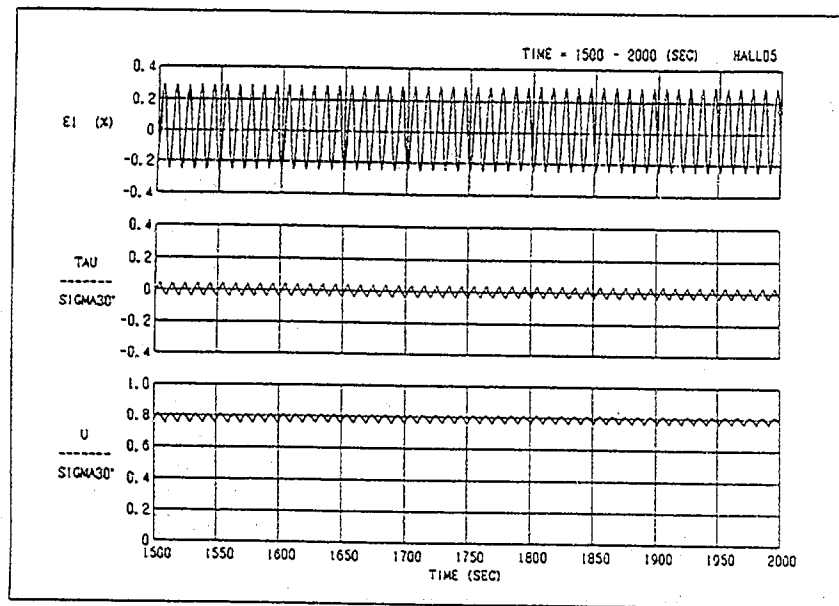


HALLO4

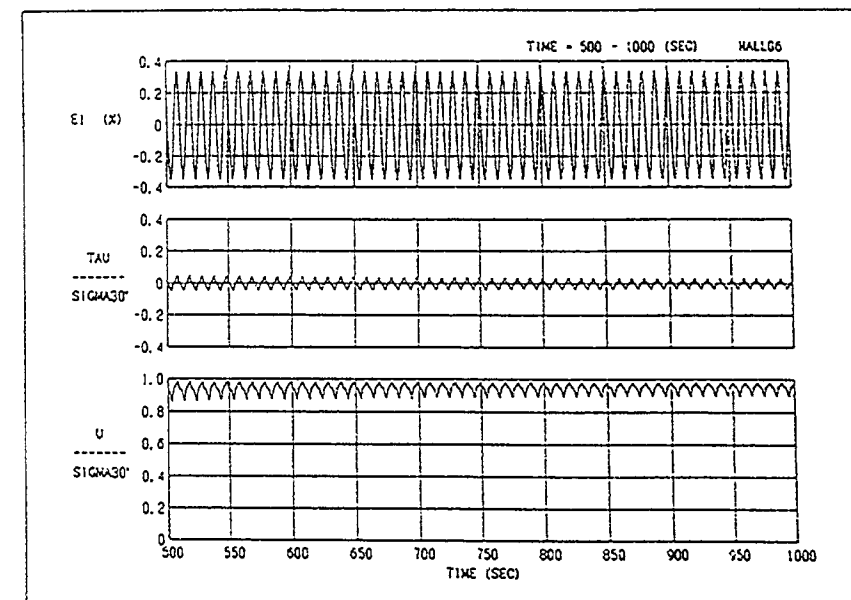
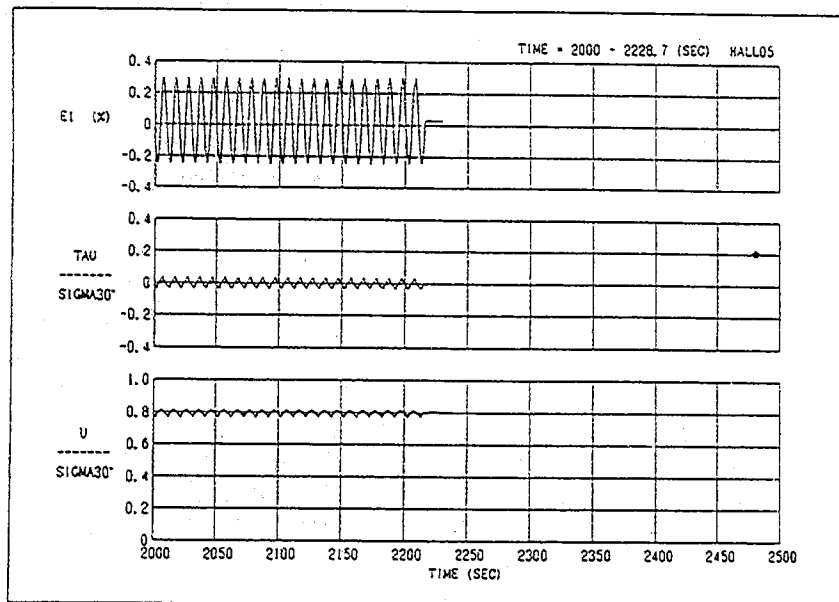


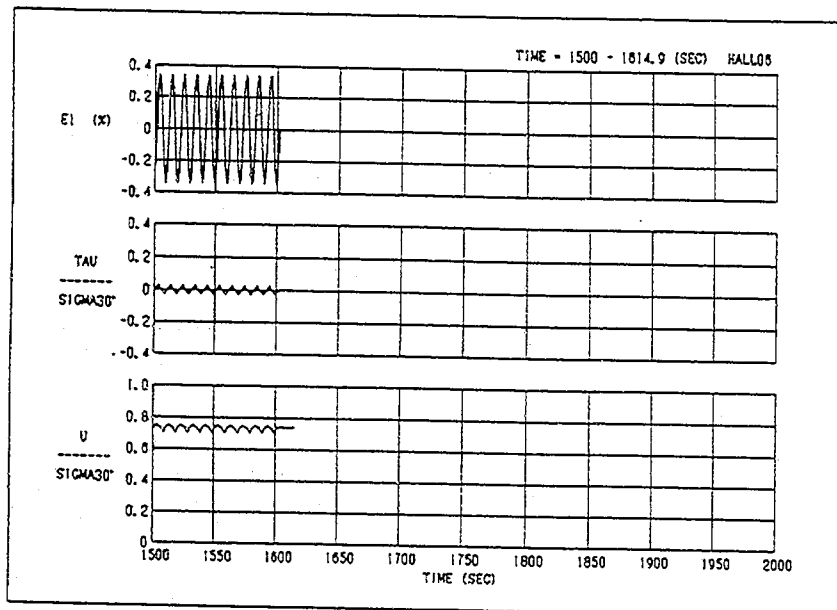
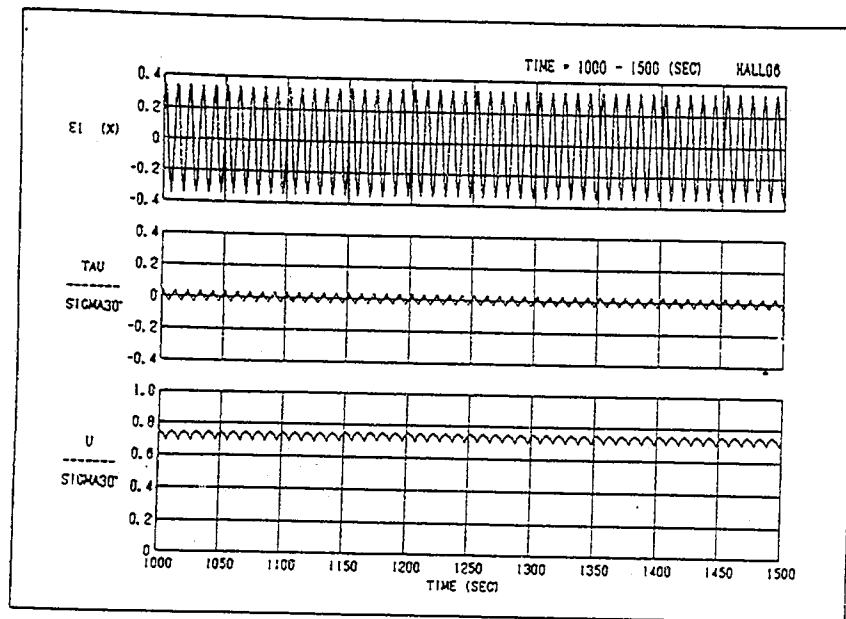


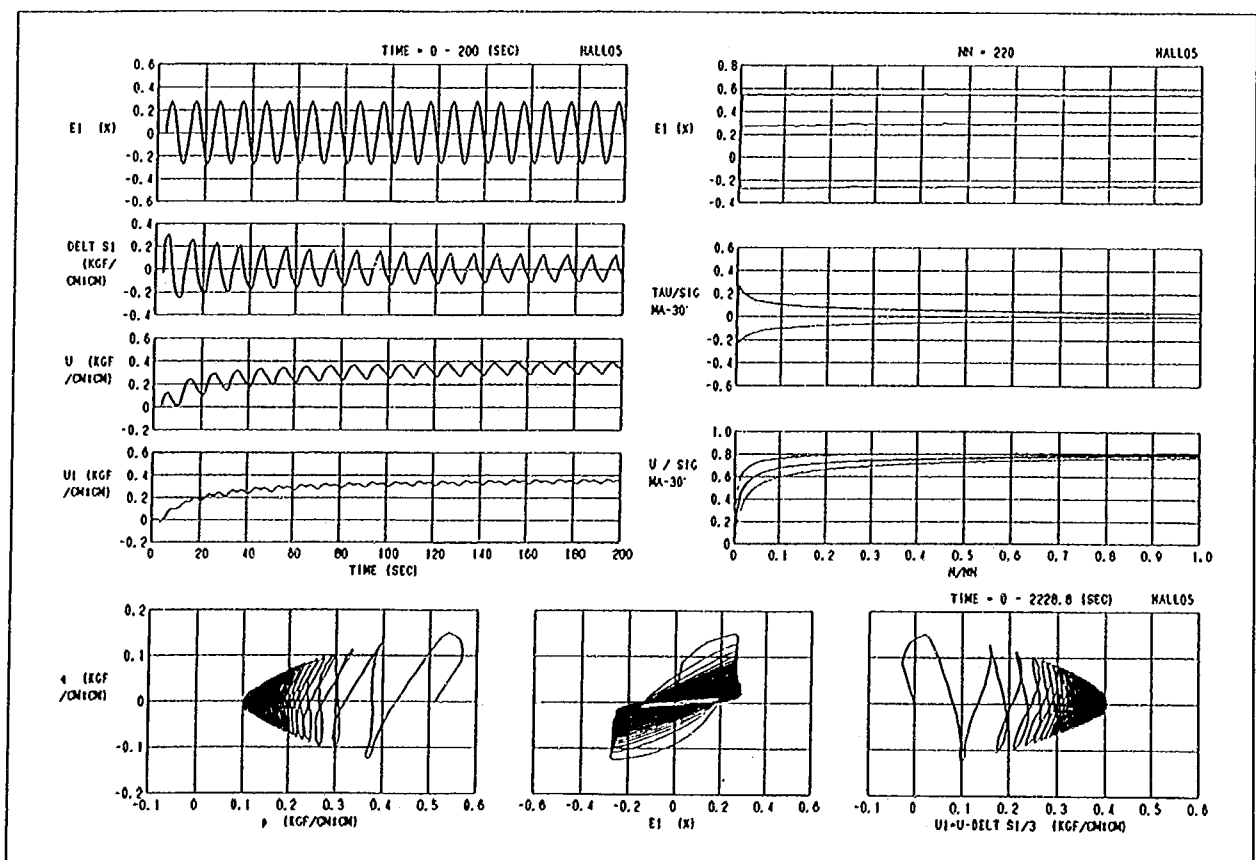
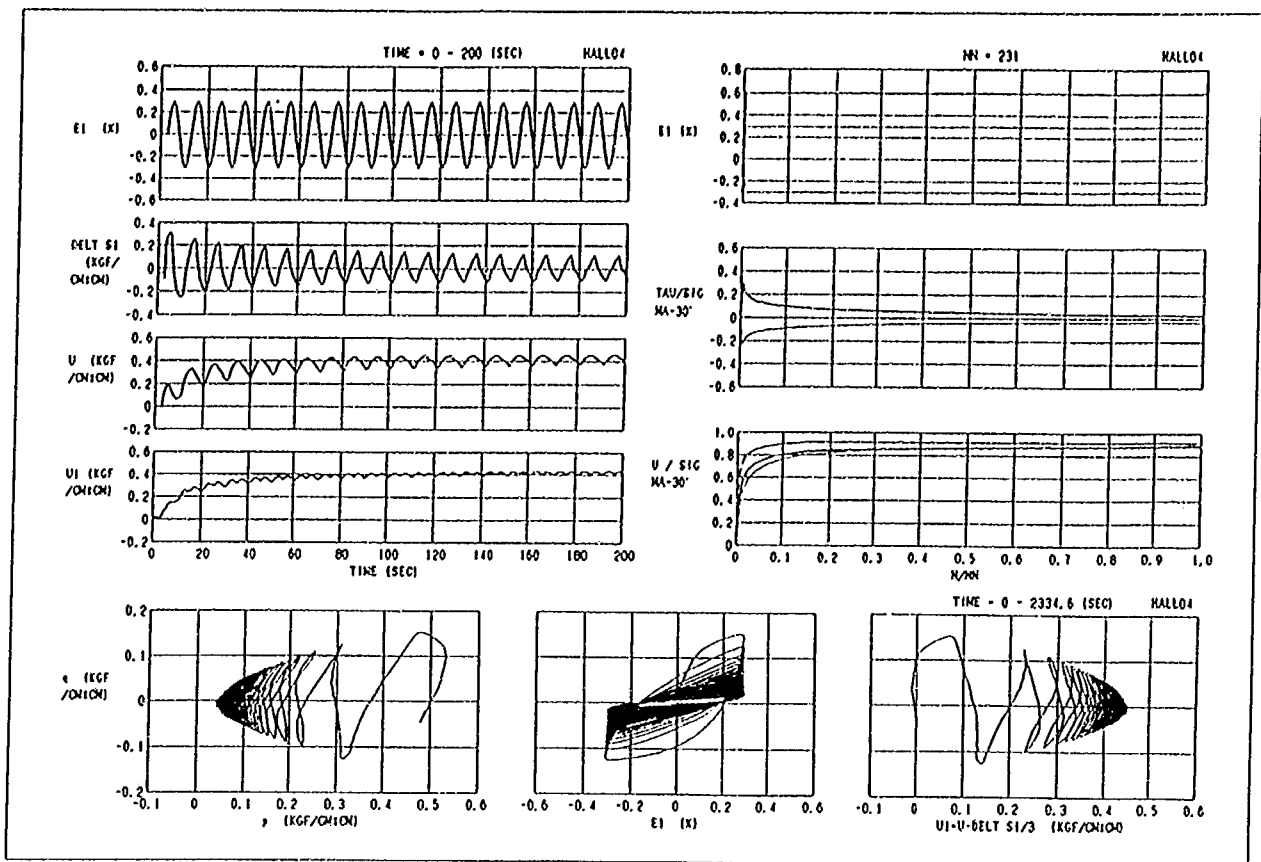
HALL05

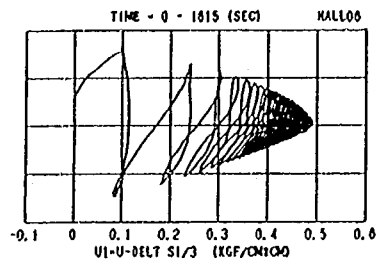
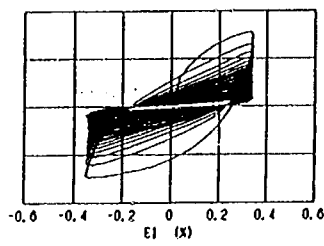
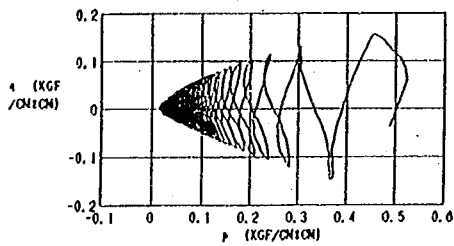
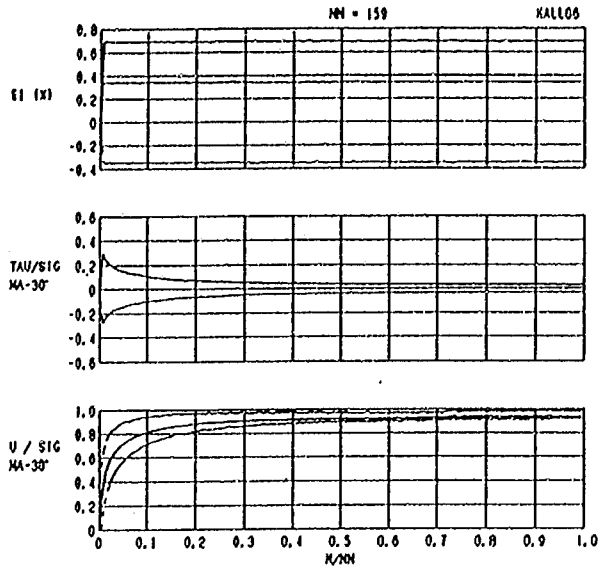
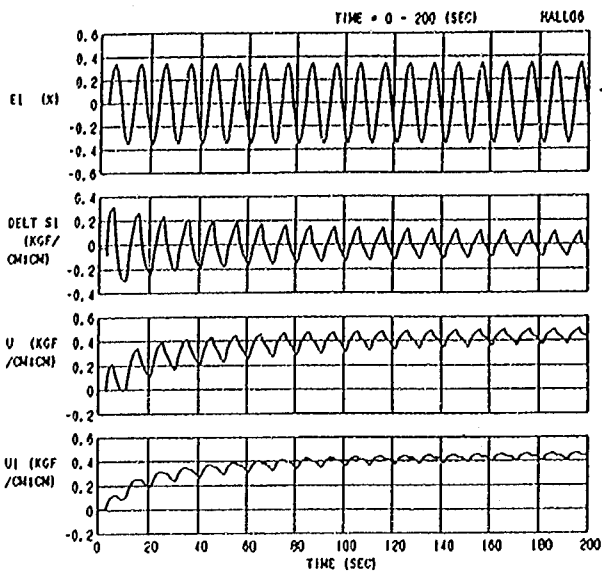


HALLO6









液状化にともなう間隙水圧の発生特性の検討

—ひずみ制御による繰返し三軸圧縮試験結果に基づく検討—

ISSN 0386-5878

土研資料第2990号

平成3年3月 (1990)

佐々木 康 常 田 賢 一
松 本 秀 應 佐 谷 祥 一

液状化の機構がせん断変形時のダイラタンシー特性に基因する現象であること、土の応力とひずみ関係の非線形性を考慮すると、応力制御による試験よりも、ひずみ制御による試験の方がより直接的に液状化特性を整理できると考えられ、ひずみ制御による繰返し三軸圧縮試験により、間隙水圧の発生特性について検討した。

キーワード：液状化，間隙水圧，ひずみ，繰返し三軸圧縮試験，相対密度，拘束圧，細粒分

郵便はがき

305□□

切手
は
を
貼
り
て
下
さ
い

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

地震防災部振動研究室

御中

No. 133

No. 133

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2990号 部

液状化にともなう間隙水圧の発生特性の検討

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所資料第2990号

液状化にともなう間隙水圧の発生特性の検討