

JAERI-M
90-232

耐爆実験用カプセルの静圧歪測定試験

1991年1月

丹沢 貞光・佐藤 康士・藤城 俊夫
吉江 伸二*・岩崎 守弘*

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

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

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1991

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 日立高速印刷株式会社

耐爆実験用カプセルの静圧歪測定試験

日本原子力研究所東海研究所燃料安全工学部

丹沢 貞光・佐藤 康士・藤城 俊夫

吉江 伸二*・岩崎 守弘*

(1990年12月11日受理)

NSRRでは、反応度事故時の燃料挙動を究明するために、試験燃料をカプセルに封入して照射する実験を実施している。実験に使用するカプセルは、実験時に発生する動的な圧力を相当静圧換算係数を用いて静的な圧力に変換し、弾性または弾塑性設計を行い製作している。現在用いている相当静圧換算係数は簡易圧力波伝播計算に基づいて導出された値であるため、非常に保守的な値となっている。カプセルの現実的な設計を行うためには、実験により動的及び静的な歪に基づいた相当静圧換算係数を導出し用いる必要がある。このため、耐爆実験用カプセルの静圧歪測定試験実験を実施し、別途実施した耐爆実験の結果と併せて相当静圧換算係数を試算した。

Static Strain Measurement Tests
for the Capsule Used in the Shock Structural Tests

Sadamitsu TANZAWA, Koji SATO, Toshio FUJISHIRO
Shinji YOSHIE* and Morihiko IWASAKI*

Department of Fuel Safety Research
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 11, 1990)

In the NSRR, irradiation tests are being performed by enclosing test fuel rods in the test capsule, in order to investigate the fuel behavior at a reactivity initiated accident. The capsules used in the tests were made on the elastic design or elasto-plastic design by converting the dynamic pressure to the static pressure with the relative static pressure conversion factor. The conversion factor up to this time was the value based on the simple calculation for pressure propagation, and it became a very conservative value. In order to make a realistic design of the capsule, it is necessary to use the conversion factor based on the relation between dynamic and static strain obtained in the tests. Then, the static strain measurement tests for the capsule used in the shock structural tests were performed, and the trial calculation for the realistic conversion factor was performed using the test results combined with the results of shock structural tests.

Keywords : Shock, Static Strain, Capsule, Test, NSRR, Realistic
Conversion Factor

* KAWASAKI Heavy Industries, Ltd.

目 次

1. はじめに	1
2. 試験方法	4
2.1 カプセル試験体	4
2.2 計測方法	4
2.3 試験手順	4
2.4 データ処理	4
3. 試験結果及び考察	8
3.1 荷重履歴	8
3.2 残留歪分布	8
3.3 歪履歴	8
3.4 応力-歪線図	9
3.5 動的圧力によるカプセルの変形	9
3.6 相当静圧換算係数	10
参考文献	30

Contents

1. Introduction	1
2. Test method	4
2.1 Test capsule	4
2.2 Measuring methods	4
2.3 Test procedure	4
2.4 Data disposition	4
3. Test results and discussions	8
3.1 Load history	8
3.2 Distribution of residual strain	8
3.3 Strain history	8
3.4 Stress - strain curve	9
3.5 Deformation of capsule by dynamic load	9
3.6 Relative static pressure conversion factor	10
Reference	30

1. はじめに

NSRRでは、反応度事故時の燃料挙動を究明するために、燃料照射実験を実施している。実験では、試験燃料をカプセルに封入して実施するが、このカプセルは、試験燃料が破損した際に試験燃料から放出されるFPを密封できるだけでなく、破損に伴って発生する力に耐えられるよう十分堅固でなければならない。一方、試験燃料はカプセル外からくる中性子によって発熱するため、試験燃料に十分な発熱を起こさせるためにはカプセル壁をできる限り薄くする必要がある。

カプセルの設計では、静的設計荷重に動的設計荷重を加えたものを設計荷重としている。ここで、静的設計荷重とは静的な最高使用圧力に設計余裕を見込んだ圧力であり、動的設計荷重とは試験燃料の破損に伴って発生する衝撃圧力及び破損燃料粒子と冷却水との接触による急激な蒸気発生のため飛び上がった水塊と容器蓋との相互作用による水撃力である。動的設計荷重は、米国のSPERT実験及びこれまでに実施されたNSRR実験の結果から、設計用最大圧力線図（Fig. 1.1）及び設計用最大転換率線図（Fig. 1.2）を作成し、これらの図に基づいて算定している。即ち、衝撃圧力に対しては、設計しようとするカプセルの最大実験条件である発熱量を定め、この発熱量に対する衝撃圧力のピーク値を設計用最大圧力線図から求めている。また、水撃力に対しては衝撃圧力を求める際に定めた発熱量に対して機械エネルギー転換率を設計用最大転換率線図より求め、この値に基づき飛び上がる水塊の運動エネルギーを算定し水撃力を評価している。

カプセルの設計に当たっては、これまで上記の設計荷重に対して弾性設計あるいは静的な弾塑性設計を行ってきた。ただし、これらの設計では、動的設計荷重をそのまま設計に用いることは不可能であるため、いったん静的な圧力に変換した後、設計圧力として用いている。この動的な圧力から静的な圧力への変換には相当静圧換算係数を用いて行っているが、これまでの相当静圧換算係数は、カプセル壁での簡単な圧力の反射計算を行い、入射圧力波のピーク値と反射圧力波のピーク値の比をそのまま採用しているため、相当静圧換算係数はカプセルの変形量を基準に考えた場合非常に大きな値となっており、非常に保守的な設計となっている。

このため、現実的なカプセルの設計を行うためには、動的荷重によって生じる変形量と同じ変形をもたらすような静的荷重を相当静的荷重とする必要があり、このような相当静的荷重を求めるための適切な換算係数の導出が要求されている。動的な圧力によるカプセルの変形挙動については、別途低爆速火薬による耐爆実験⁽¹⁾を実施しており、今回実施した静的な圧力による変形量測定試験の結果とあわせて、同一変形量をもたらす動的及び静的な圧力の比較を行い相当静圧換算係数の導出を試みた。

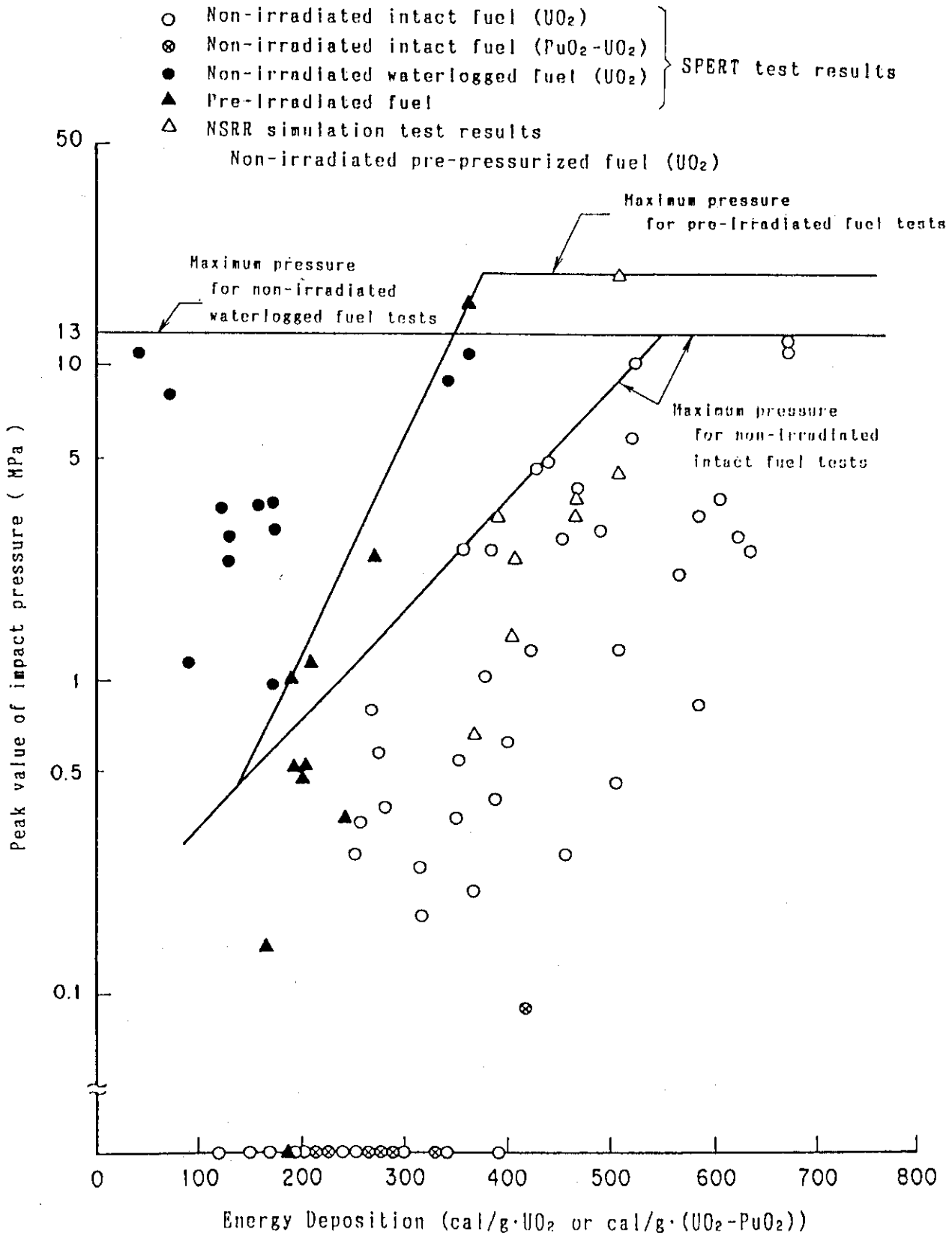


Fig. 1.1 Diagram of maximum pressure for designing capsule

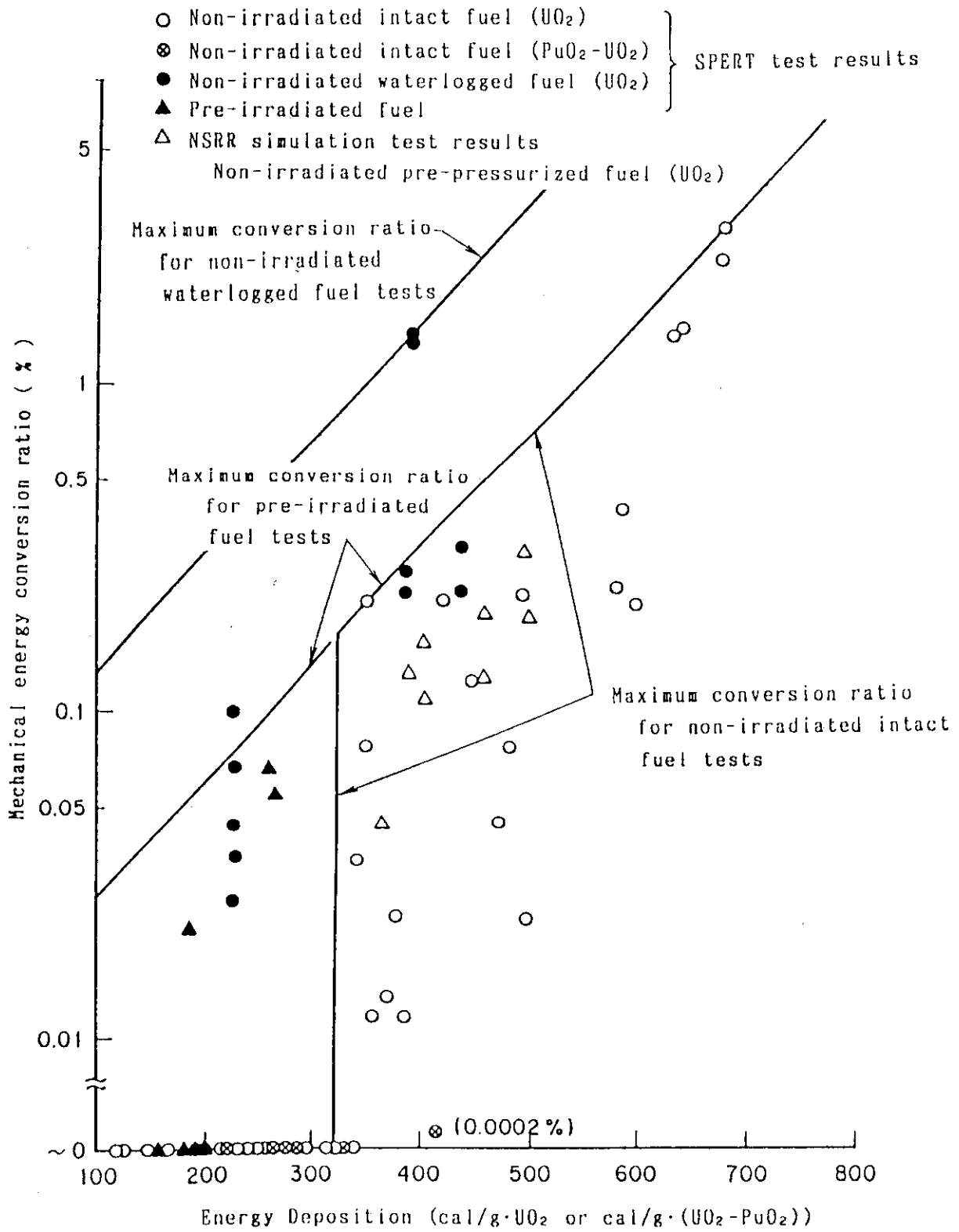


Fig. 1.2 Diagram of maximum conversion ratio for designing capsule

2. 試験方法

2.1 カプセル試験体

カプセル試験体は、耐爆実験で使用したものと同一材料及び同一形状とした。変形対象となる試験体薄肉胴部の材料は、熱間加工により製作したステンレス鋼管（JIS G 3459 SUS 304 TP）で、1100°C で5分間溶体化処理したものである。材料のミルシートをTable 2.1に、また、カプセル試験体の構造をFig. 2.1に示す。

2.2 計測方法

計測対象は、カプセル内圧（1ポイント）及びカプセル壁の薄肉部の歪（15ポイント）とした。歪ゲージは、軸長5mmの箔型歪ゲージで、最大約10%のレンジを有し、耐爆実験で使用したものと同様である。歪ゲージの貼付位置をFig. 2.1に併せて示す。また、圧力計及び歪ゲージの仕様をTable 2.2に示す。カプセル試験体の変形対象部には寸法測定のため20mmピッチでけがき線をいれ、一側面には負荷中の変形挙動の状況をビデオカメラで撮影するために応力塗料を塗布した。

2.3 試験手順

加圧には100MPaレンジの油圧ポンプを使い、手動にて加圧した。実験は、歪ゲージの計測レンジ内で加圧し、一旦除荷してノギスにより残留変形量の測定を行った。その後、歪ゲージによる計測は行わずに最大周歪が約24%になるまで再度加圧した。実験終了後には再度ノギスにより残留変形量の測定を行った。

2.4 データ処理

実験中の圧力と歪の信号はデータレコーダに収録し、実験終了後A/D変換器を通しパソコンにより処理した。

Table 2.1 Mill specification of test capsule material

CERTIFIED MATERIAL TEST REPORT

NIPPO SANGYO CO., LTD.

SANYO SPECIAL STEEL CO., LTD.

3077 Nishibata-ku, Suita-shi, Osaka, Japan

Chemical	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Grain Size Test	Fracture Test
	x100	x100	x100	x1000	x100	x100	x100	x100	x100		
Specification	MAX. 8	MAX. 1.00	MAX. 200	MAX. 40	MAX. 30	MAX. 1100	MAX. 2000				
Product Analysis											
Ladle Analysis	6	37	115	35	2	948	1829				
Composition (%)		Type of Specimen	Sampling	Primary Quenching	Secondary Quenching	Tempering	Hardness	Tensile Strength (0.2%)	Tensile Strength (0.1%)	Reduction of Area %	Charpy Impact Test
Mechanical								MIN. 21	MIN. 53	MIN. 35	Impact Value
Test Result		FROM JIS PRODUCT NO. 12 GL=50						23	65	55	
Non-Metallic Inclusions		JIS G0555									
Description of Test		Hydraulic Test	Flaring Test	Flattening Test	Eddy Current Test	Bond Test	Streak-Flaw Test	Hardness Test	Decarburized Depth	Micro-Structure	Corrosion Test
Visual Inspection	6000	JIS 3459	JIS 3459	JIS 3459			First Step	Result			
Dimensional Inspection	6000	GOOD	GOOD	GOOD			Second Step				
Ultrasonic Inspection							Third Step				
Remarks	SOLUTION TREATMENT: 1100°C X 25 MIN. W.C.										
Sheet No.	T-U49309	Date	JUNE 17. 1989	Note Grade	JIS G 3459-1984	Size	89.10 X 11.10	Heat No.	604573	Condition	HOT FINISHED & S.T.
Visual Inspection	6000	Dimensional Inspection	6000	Ultrasonic Inspection							
Length	6340	Width	6510	Weight	176940						
Pieces	12	Net Weight	1630								

T. Takagawa
Chief of Certification Section Sanyo Special Steel Co., Ltd.

We hereby certify that the material described herein has been made in accordance with the rules of the contract.

Surveyor

Table 2.2 Specifications of measuring items

Pressure History	Pressure Transducer Model ; PGM-500 KD (KYOWA Electronic Instruments) Range ; 50 MPa (Allowable Over Load ; 150%) Natural Frequency ; 250 KHz
Strain History	Ultra High Elongation Foil Strain Gage Type ; KFE-2-C1 (KYOWA Electric Instruments) Range ; 8% strain Gage Length ; 2 mm Cement ; CC-15AS Moisture-proofing ; AK-22

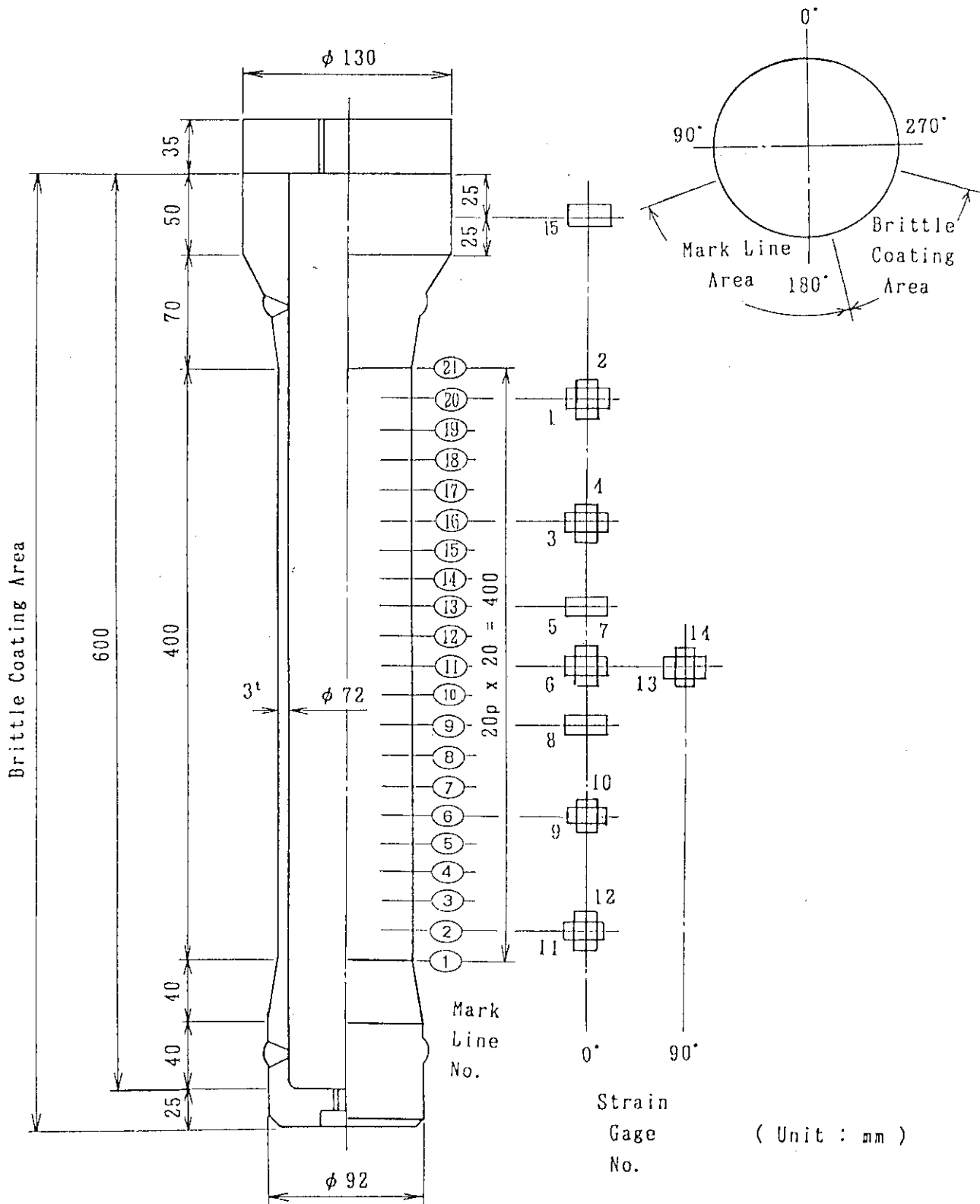


Fig. 2.1 Specimen of test capsule and position of mark lines and strain gages

3. 試験結果及び考察

3.1 荷重履歴

1回目の負荷時の荷重履歴をFig.3.1に示す。本図に示すように、カプセル内圧が最大約36MPaになるまで加圧し、カプセル内圧の静定を待って除荷を開始した。その後油圧ポンプの逆止弁を全開し、完全に除荷した。弾性領域での負荷速度及び歪速度はそれぞれ0.07MPa/s及び $0.3 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ であり、試験は十分静的に行われた。2回目の負荷では、1回目の負荷と同程度の負荷速度でカプセル内圧が約39MPaに達するまで加圧し除荷した。

3.2 残留歪分布

1回目の除荷後及び2回目の除荷後の残留歪分布をTable 3.1及びTable 3.2にそれぞれ示す。除荷時のノギスによる寸法測定では、歪ゲージの貼付及び応力塗料の塗布のため1方向しか測れなかったため、歪の算出に当たっては試験前の直角2方向の測定値と除荷時の測定値を用いて行った。それぞれの変形プロフィールをFig.3.2及びFig.3.3に示す。図に見られるように、カプセル試験体の薄肉胴部は肉厚変化部を除き一様に膨れた。

Photo 3.1及び3.2は試験前及び試験後のカプセル外観を比較して示したものである。両者の比較から、異常な変形が試験中にカプセル試験体に生じなかったことがわかる。また、応力塗料の変化状況をPhoto 3.3及び3.4に示す。写真に見られるように、通常は数%の歪量で応力塗料にき裂が入るのに対して、今回の実験ではカプセルの最大周歪が20%以上に達していたにもかかわらず、応力塗料は全体的に若干色が薄くなっただけで、変形によるき裂の発生はなかった。これは応力塗料の塗布方法に問題があったものと考えられる。

3.3 歪履歴

各点での歪履歴をFig.3.4～3.17に示す。周方向歪ではGage No.1, 3, 8及び11において、途中、除荷されたような歪履歴が取得された。Gage No.1および11の位置では近傍のカプセル壁厚が厚くなっているために剛性が上がり、カプセル内圧の上昇に伴ってスプリング・バック（端部効果）が発生し、変形が抑制されたことが考えられる。しかしながら、同様な現象が肉厚変化部から離れたGage No.3及び8の位置でも発生していること、また、除荷後の寸法測定の結果ではFig.3.2に見られるようにGage No.1及び11の位置でも相当量の塑性変形が測定されたことから、原因はむしろ歪ゲージの剥離によるものと考えられる。また、これらの位置での歪履歴には、歪がカプセル内圧の上昇に伴って最初は増加するが、一度極大値に達した後に歪ゲージの弾性変形に相当する量減少して、その後一定となっている状況が現れている。ただし、試験後のカプセル試験体の外観の観察では、歪ゲージは完全には剥げ落ちてはならず、

剥離は部分的であったものと思われる。

その他の歪ゲージ貼付位置での計測結果は、通常の内圧を受ける円筒の圧力-歪関係の履歴を示した。歪ゲージによる測定での最大変形は、Gage No.6 の位置で現れ残留歪量は6.75%であった。この値は中間除荷時にノギスにより測定した歪と比較して小さな値となっている。ここで、Gage No.6 による測定結果は、3.4 項で示す理由からほぼ妥当な値であると考えられる。ノギスによる測定結果が大きく現れた理由については、1 つには測定誤差があげられるが、現在詳細な原因について検討中である。

軸方向の変形については、上下の拘束がなく、かつ、今回のカプセル試験体のような円筒容器では軸方向応力は周方向応力の2分の1となるため、Fig.3.5等に見られるように、ほぼ弾性範囲内の挙動を示した。

3.4 応力-歪線図

圧力の測定結果及びGage No.6 による歪の測定結果から求めた圧力と歪の関係をFig.3.18に示す。また、同図より代表的な点を選び、薄肉円筒の式を用いて周方向応力に換算したものを、別途実施した同一材料による高速引張試験⁽²⁾の結果と併せてFig.3.19に示す。同図に見られるように、周方向の応力と歪の関係は、準静的に行われた単軸の引張試験（歪速度 10^{-3} s^{-1} ）の結果と良い一致を示している。このことから、今回の試験では十分静的に内圧が負荷されたといえる。また、軸方向応力は周方向応力の2分の1であり、かつ、軸方向歪は弾性範囲内であったため、軸方向の変形挙動は周方向の変形挙動にほとんど影響を与えないことから、周方向の変形挙動は単軸の引張試験結果と良い一致を示したと考えられる。さらに、試験結果から、今回のカプセル試験体の構造及び圧力の範囲では、カプセル薄肉胴部の軸方向中央付近では上下の厚肉部の影響を受けない単純薄肉円筒として評価できることが確認された。

3.5 動的圧力によるカプセルの変形

NSRRでは、動的な圧力によるカプセルの変形挙動を調べるために、低爆速火薬による耐爆実験を実施している。このうち今回の静的な圧力による変形量測定試験に使用したカプセル試験体と同一材料及び同一形状のカプセル試験体による実験に関して、歪ゲージ等の計測位置をFig.3.20に、また、代表的な位置での動歪の測定結果をFig.3.21及び3.22に示す。これらの実験では、爆源近傍での圧力はカプセル胴部に圧力計を取り付けることが不可能なため直接には測定していないが、耐爆実験で実施した火薬特性試験により火薬量に対する圧力波のピーク値の再現性は確認しており、上記の各実験における爆源近傍での圧力のピーク値は1回目は約40MPa、2回目は約60MPaである。1回目の実験では、変形は主にカプセル試験体の下部の肉圧変化部（S17、静圧歪測定試験のGage No.11に対応）に生じ、その最大値は約1.0%であった。2回目の実験では、変形は下部肉圧変化部に加えて胴部の中央（S10、同Gage No.6）でも生じ、その最大値はそれぞれ約2.1%及び1.3%であった。上部の肉圧変化部（S7、同Gage No.1）での変形は2回の実験とも他の部所に比べて小さかった。

3.6 相当静圧換算係数

今回の試験結果と耐爆実験結果から、カプセルの歪量を基に相当静圧換算係数の試算を行った。静的な圧力の場合にはカプセル試験体の内部の接液部に作用する圧力は全ての部所で一定であるため、変形挙動は一様である。これに対して動的な圧力の場合には、圧力波の伝播過程でカプセル試験体の内面での反射の際に入射波と反射波との重ね合わせが起こるため、カプセル試験体の内部の接液部に作用する圧力の大きさは部所によって異なり、変形挙動も複雑となる。すなわち、爆源近傍での圧力がカプセル壁に塑性変形を発生させるために必要な圧力と比較して小さい場合には、爆源近傍ではカプセル壁に塑性変形は発生しないが、カプセル底近傍では入射波と反射波との重ね合わせにより圧力がほぼ2倍となるため塑性変形が発生する。爆源近傍での圧力がカプセル壁に塑性変形を発生させるために必要な圧力より大きくなると、爆源近傍のカプセル壁に塑性変形が発生する。この時圧力波はその持つエネルギーの一部を歪エネルギーとして失うため、カプセル底に伝播する圧力はカプセル壁に塑性変形が発生しない場合と比較して減圧されたものになり、カプセル底近傍での塑性変形量の増加の比率は小さくなる。その結果、最大変形が発生する部所は、圧力源圧力の増加につれてカプセル底部近傍から爆源近傍のカプセル壁に変化する。

したがって、相当静圧換算係数を試算するにあたっては、一部所及び一歪量をもとに静的及び動的な圧力の比較を行ったのでは、動的歪の最大値を見逃してしまう可能性があり、相当静圧換算係数を小さく評価してしまう危険性がある。このため、3.5節で示した3点及び2つの爆源近傍圧力について相当静圧換算係数を算出し、結果を比較した。なお、動的圧力値としては歪測定部所での圧力測定が不可能なため、代表値として爆源近傍での測定値を用いた。

1回目（爆源近傍圧力：40MPa）

耐爆実験での歪ゲージ位置	動歪量 (%)	静圧歪試験での歪ゲージNo.	同一歪を発生させる静的な圧力(MPa)	相当静圧換算係数
S 7	0.26	1	22	0.55
S 10	0.35	6	23	0.58
S 17	1.03	11	25.5	0.64

2回目（爆源近傍圧力：60MPa）

耐爆実験での歪ゲージ位置	動歪量 (%)	静圧歪試験での歪ゲージNo.	同一歪を発生させる静的な圧力(MPa)	相当静圧換算係数
S 7	0.38	1	24	0.40
S 10	1.32	6	27	0.45
S 17	2.08	11	28	0.47

これらの値は、現在燃料破損実験用カプセルの設計に用いている簡易圧力波伝播計算による相当静圧換算係数（弾性設計：2.0，静的弾塑性設計：1.2）と比較して，最大の場合でも2分の1程度であり，現在用いている値が安全余裕をとりすぎているといえる。

今回得られた相当静圧換算係数は，さらに詳細な検討を加えた上で，新しいカプセルの設計に取り入れていく予定である。

Table 3.1 Results of Dimensional Measurement (1st Test - 35.6 MPa)

Mark Line No.	Before Test			After Test			Distribution of Circumferential Strain				
	270° Axial Length (mm)		Diameter D ₀ (mm)	270° Axial Length (mm)		Diameter D (mm)	ΔD = D - D ₀ (mm)		ε = ΔD / D ₀ x 100 (%)		
	Distance	Interval	0°	90°	Distance	Interval	330°	0°	90°		
21	400	20	78.15	77.92	400	20	81.1	2.95	3.18	3.77	4.08
20	380	20	78.18	77.93	380	20	83.9	5.72	5.97	7.32	7.66
19	360	20	78.16	77.90	360	20	84.8	6.64	6.90	8.50	8.86
18	340	20	78.14	77.90	340	20	84.8	6.66	6.90	8.52	8.86
17	320	20	78.14	77.92	320	20	84.8	6.66	6.88	8.52	8.83
16	300	20	78.11	77.95	300	20	84.9	6.79	6.95	8.69	8.92
15	280	20	78.08	77.97	280	20	84.8	6.72	6.83	8.61	8.76
14	260	20	78.08	77.98	260	20	84.9	6.82	6.92	8.73	8.87
13	240	20	78.08	78.00	240	20	84.8	6.72	6.80	8.61	8.72
12	220	20	78.04	78.03	220	20	84.8	6.76	6.77	8.66	8.68
11	200	20	78.02	78.05	200	20	84.9	6.88	6.85	8.82	8.78
10	180	20	78.01	78.07	180	20	85.1	7.09	7.03	9.09	9.00
9	160	20	77.98	78.10	160	20	85.1	7.12	7.00	9.13	8.96
8	140	20	77.97	78.12	140	20	85.1	7.13	6.98	9.14	8.93
7	120	20	77.98	78.11	120	20	84.9	6.92	6.79	8.87	8.69
6	100	20	77.96	78.12	100	20	84.9	6.94	6.78	8.90	8.68
5	80	20	77.93	78.14	80	20	84.8	6.87	6.66	8.82	8.52
4	60	20	77.96	78.14	60	20	84.8	6.84	6.66	8.77	8.52
3	40	20	77.94	78.13	40	20	84.7	6.76	6.57	8.67	8.41
2	20	20	77.98	78.12	20	20	84.0	6.02	5.88	7.72	7.53
1	0	20	77.99	78.12	0	20	81.2	3.21	3.08	4.12	3.94

Table 3.2 Results of Dimensional Measurement (2nd Test - 38.9 MPa)

Mark Line No.	Before Test		After Test		Distribution of Circumferential Strain					
	270° Axial Length (mm)		270° Axial Length (mm)		Diameter D ₀ (mm)		Diameter D (mm)		$\epsilon = \Delta D / D_0 \times 100 (\%)$	
	Distance	Interval	Distance	Interval	0°	90°	0°	90°		
21	400	20	400	20	84.2	84.2	6.05	6.28	7.74	8.06
20	380	20	380	20	88.6	88.6	10.42	10.67	13.33	13.69
19	360	20	360	20	90.8	90.8	12.64	12.90	16.17	16.56
18	340	20	340	20	92.3	92.3	14.16	14.40	18.12	18.49
17	320	20	320	20	93.3	93.3	15.16	15.38	19.40	19.74
16	300	20	300	20	94.1	94.1	15.99	16.15	20.47	20.72
15	280	20	280	20	94.6	94.6	15.52	16.63	21.16	21.33
14	260	20	260	20	95.0	95.0	16.92	17.02	21.67	21.83
13	240	20	240	20	95.4	95.4	17.32	17.40	22.18	22.31
12	220	20	220	20	95.5	95.5	17.46	17.47	22.37	22.39
11	200	20	200	20	95.8	95.8	17.78	17.75	22.79	22.74
10	180	20	180	20	95.8	95.8	17.79	17.73	22.80	22.71
9	160	20	160	20	96.0	96.0	18.02	17.90	23.11	22.92
8	140	20	140	20	95.9	95.9	17.93	17.78	23.00	22.76
7	120	20	120	20	95.4	95.4	17.42	17.29	22.34	22.14
6	100	20	100	20	95.0	95.0	17.04	16.88	21.86	21.61
5	80	20	80	20	94.3	94.3	16.37	16.16	21.01	20.68
4	60	20	60	20	93.5	93.5	15.54	15.36	19.93	19.66
3	40	20	40	20	92.0	92.0	14.06	13.87	18.04	17.75
2	20	20	20	20	89.7	89.7	11.72	11.58	15.03	14.82
1	0	20	0	20	85.6	85.6	7.61	7.48	9.76	9.58

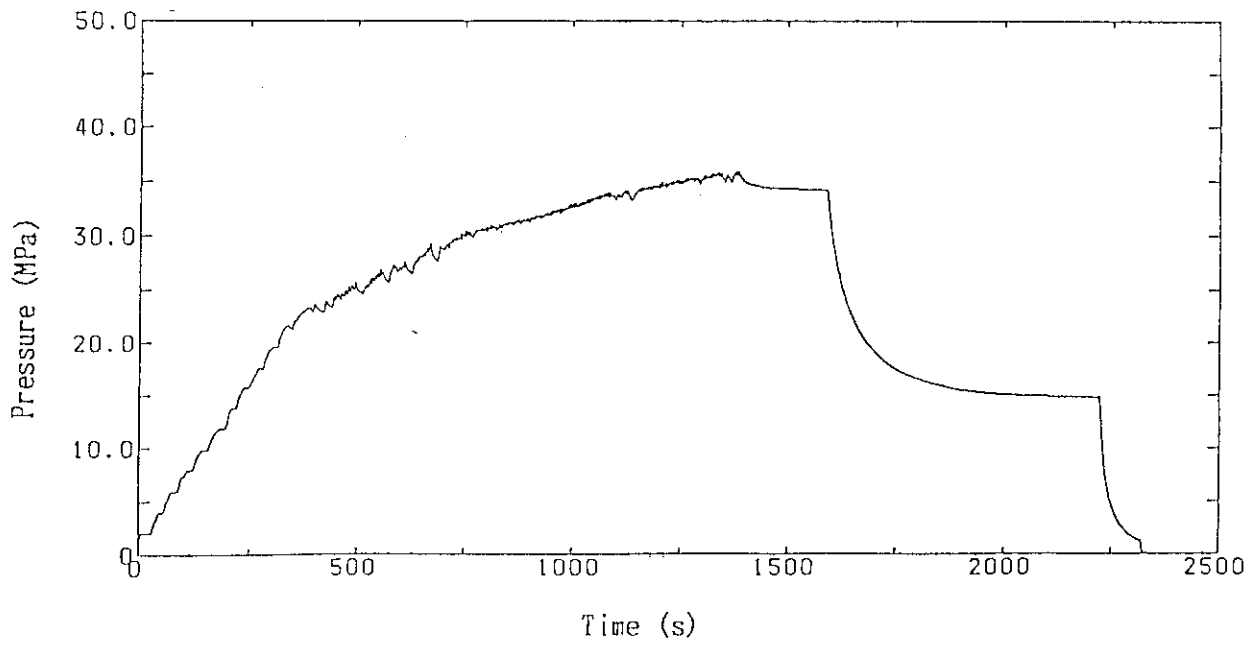


Fig. 3.1 Pressure - Time Curve

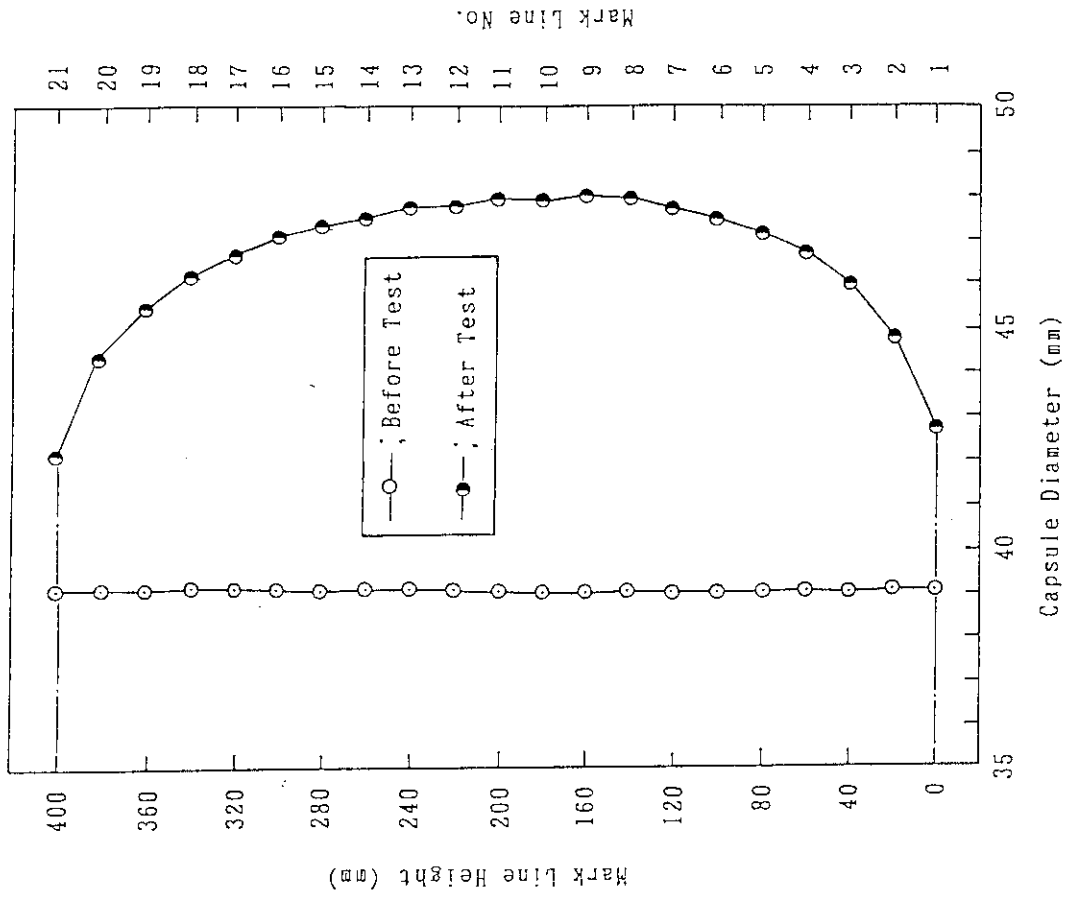


Fig. 3.2 Deformation Profile of Capsule after 1st Test

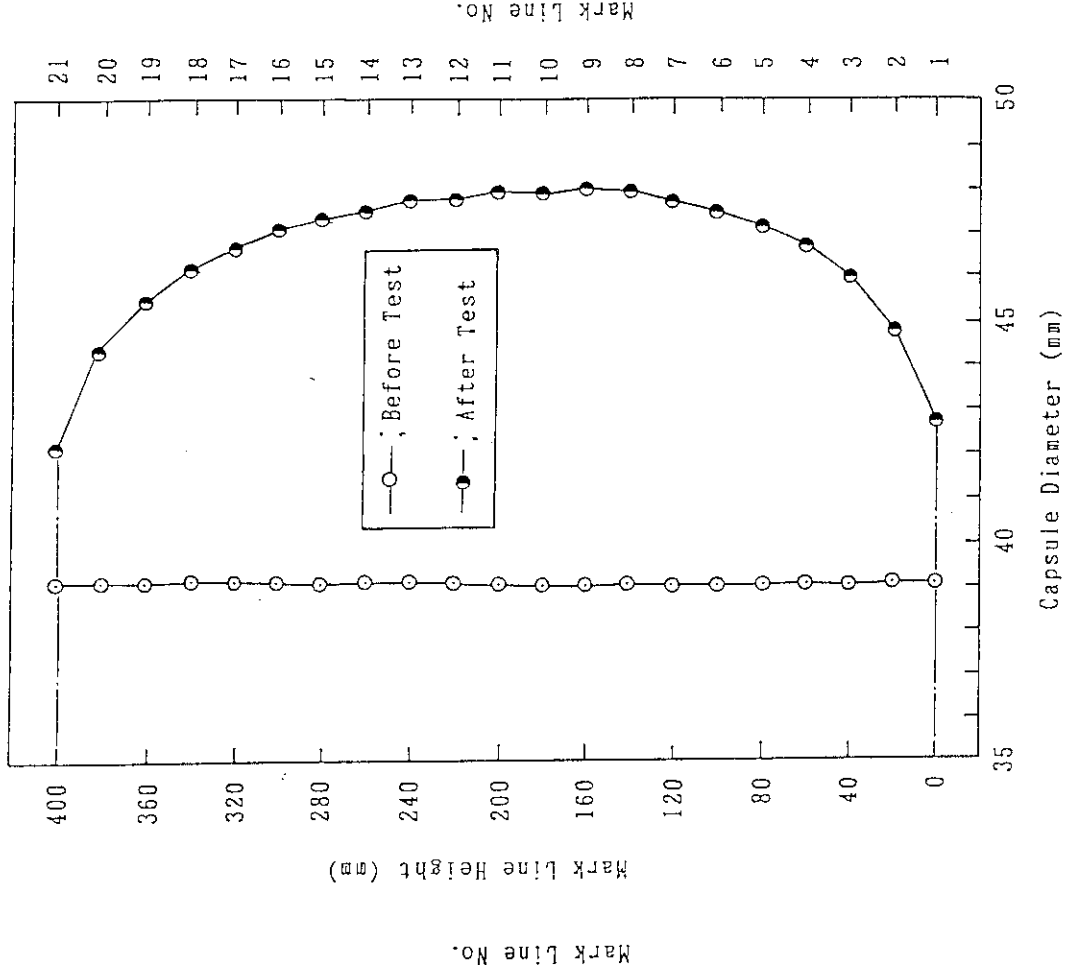


Fig. 3.3 Deformation Profile of Capsule after 2nd Test

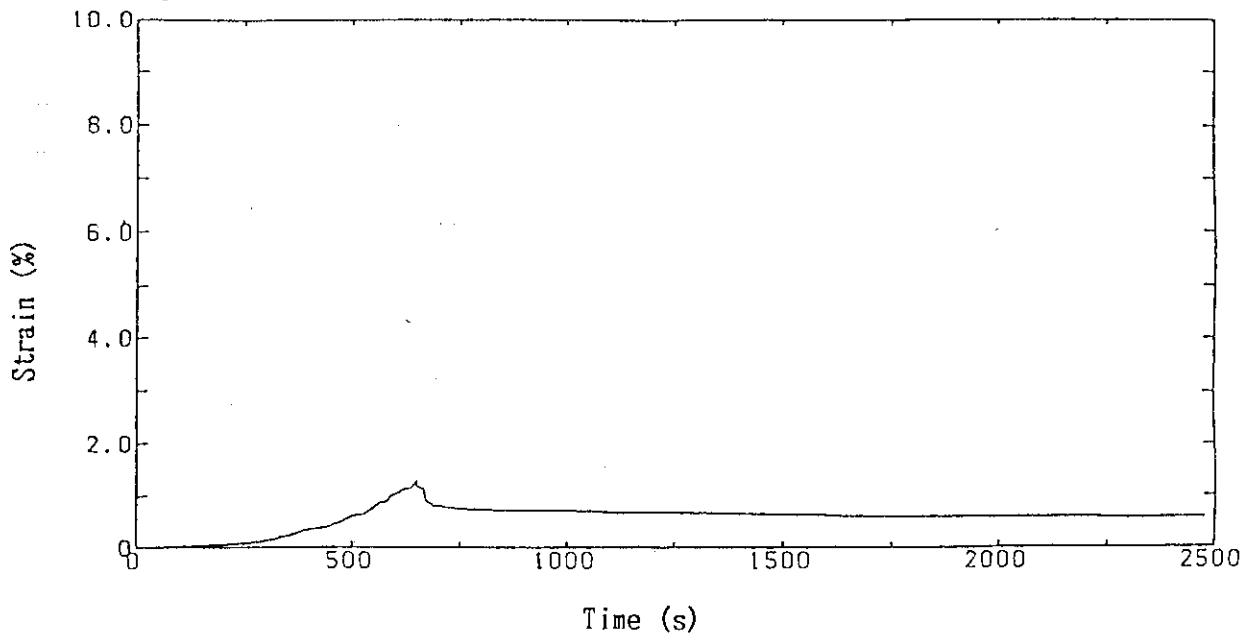


Fig. 3.4 Strain History (Gage No. 1)

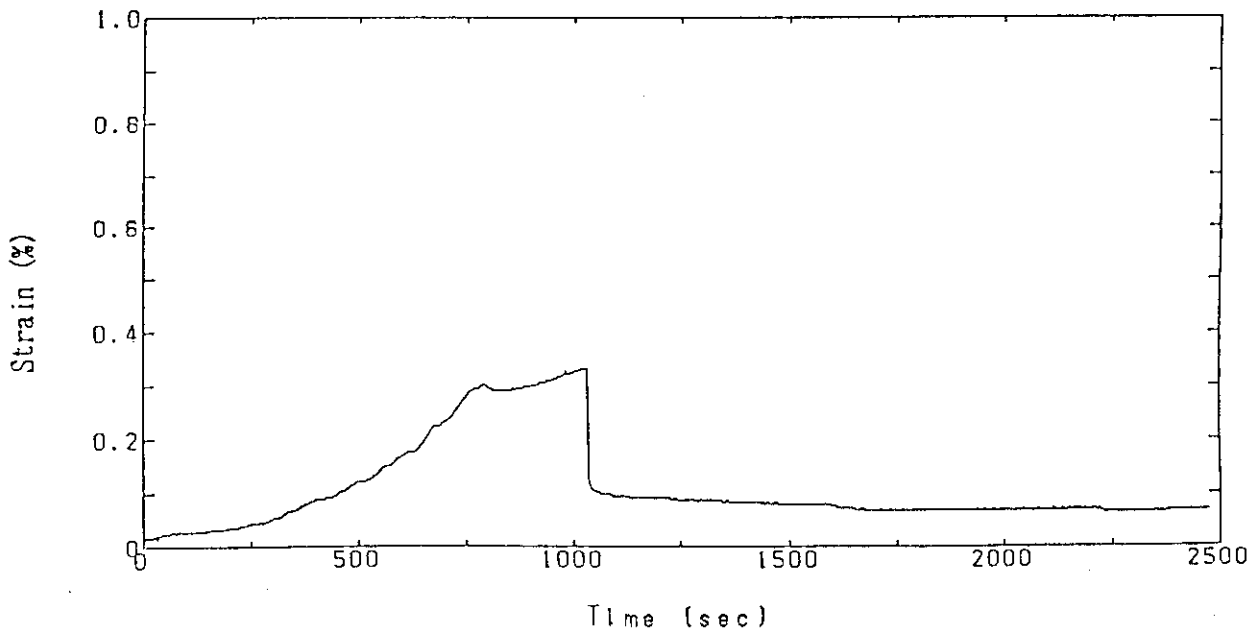


Fig. 3.5 Strain History (Gage No. 2)

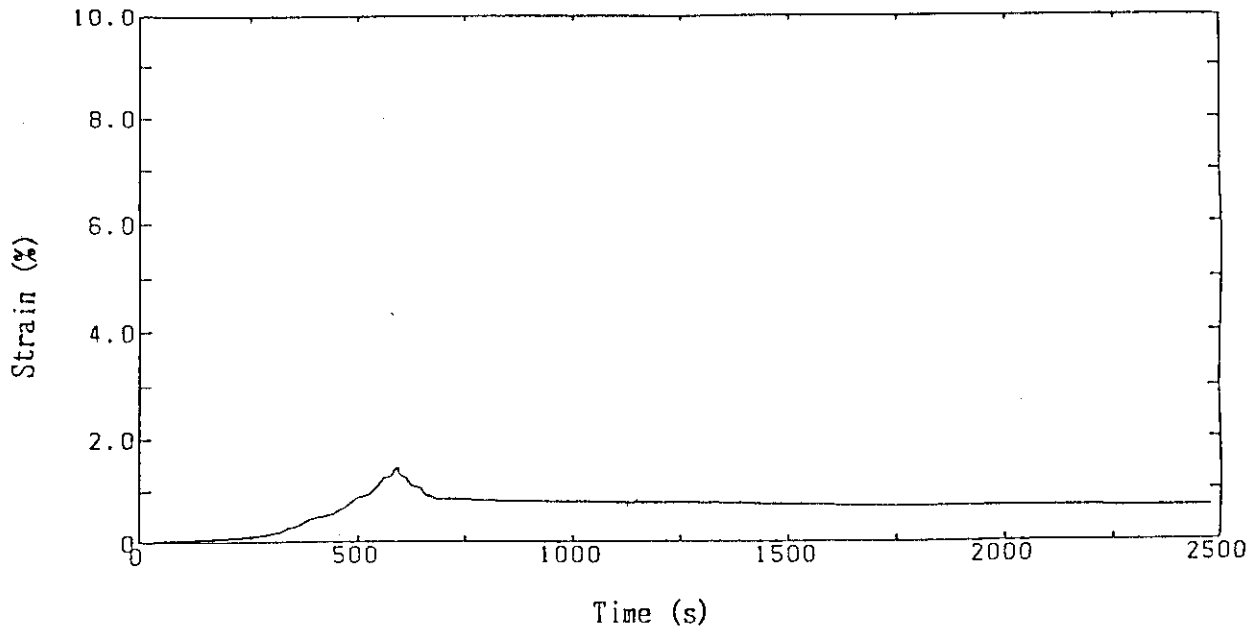


Fig. 3.6 Strain History (Gage No. 3)

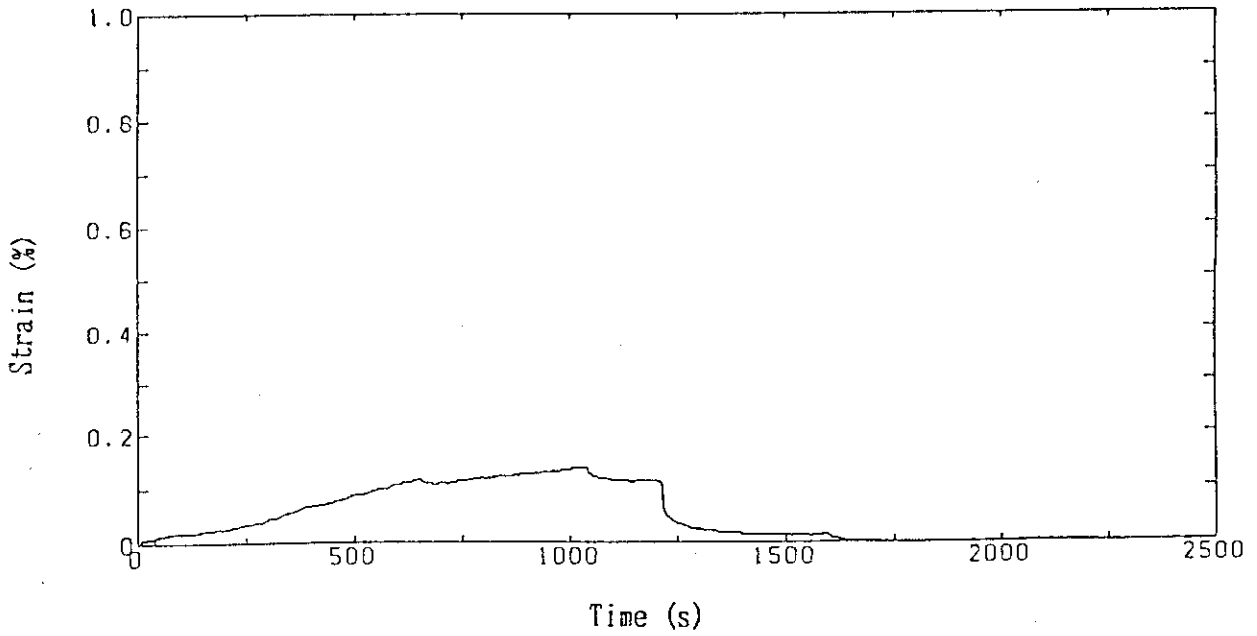


Fig. 3.7 Strain History (Gage No. 4)

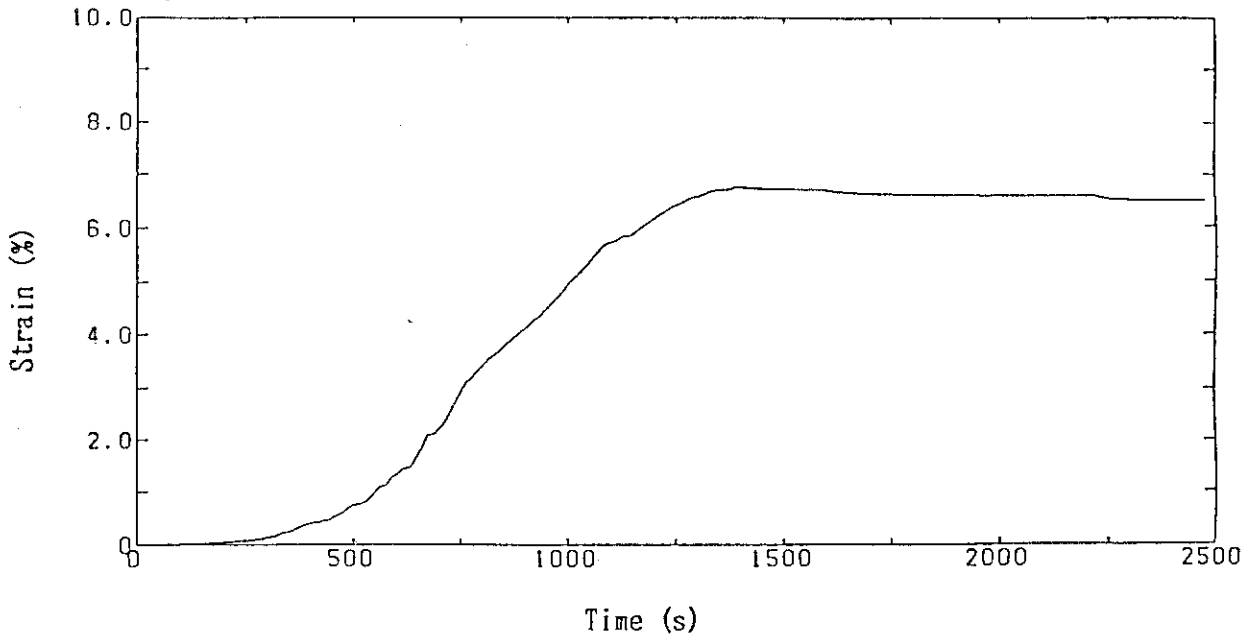


Fig. 3.8 Strain History (Gage No. 5)

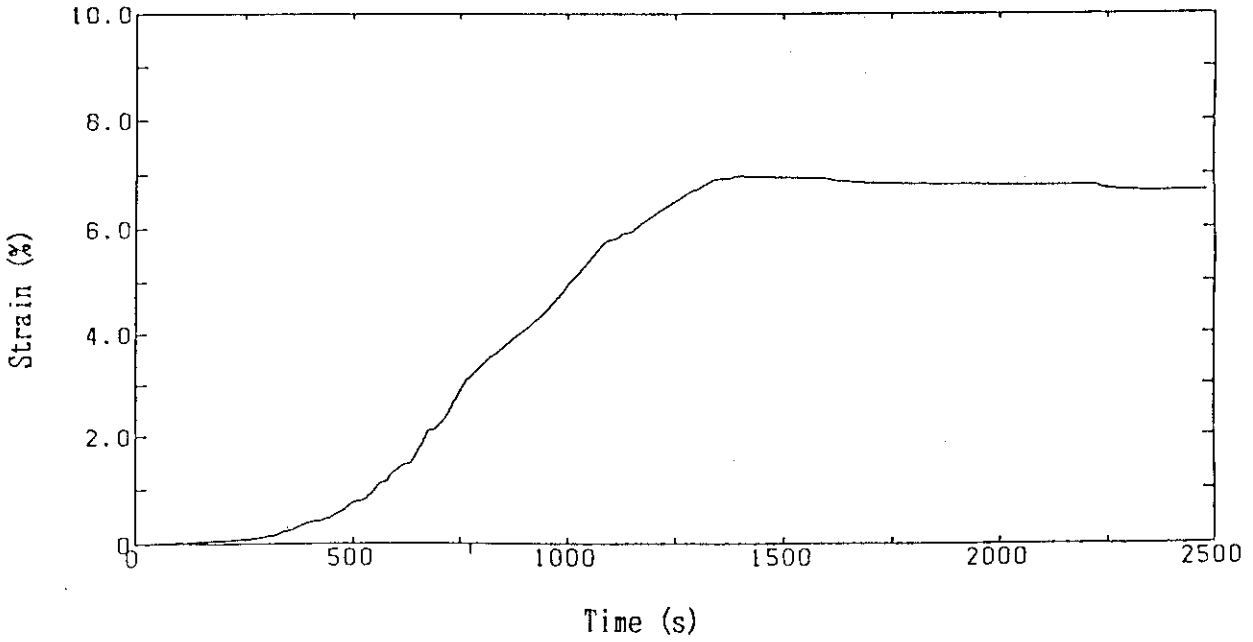


Fig. 3.9 Strain History (Gage No. 6)

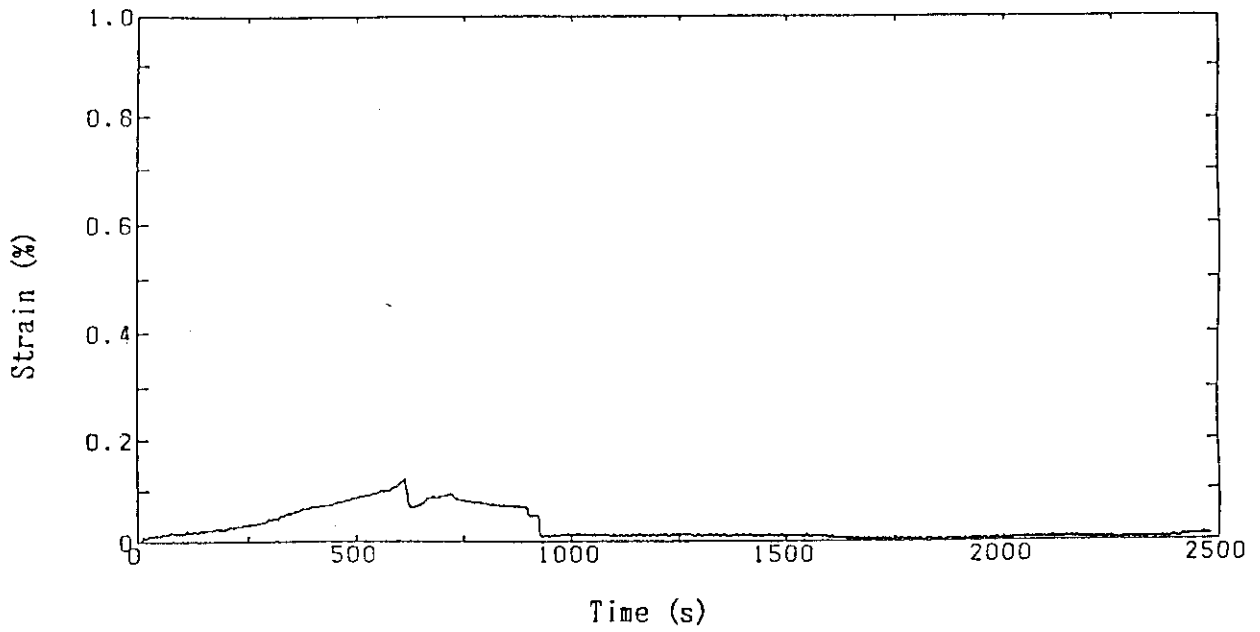


Fig. 3.10 Strain History (Gage No. 7)

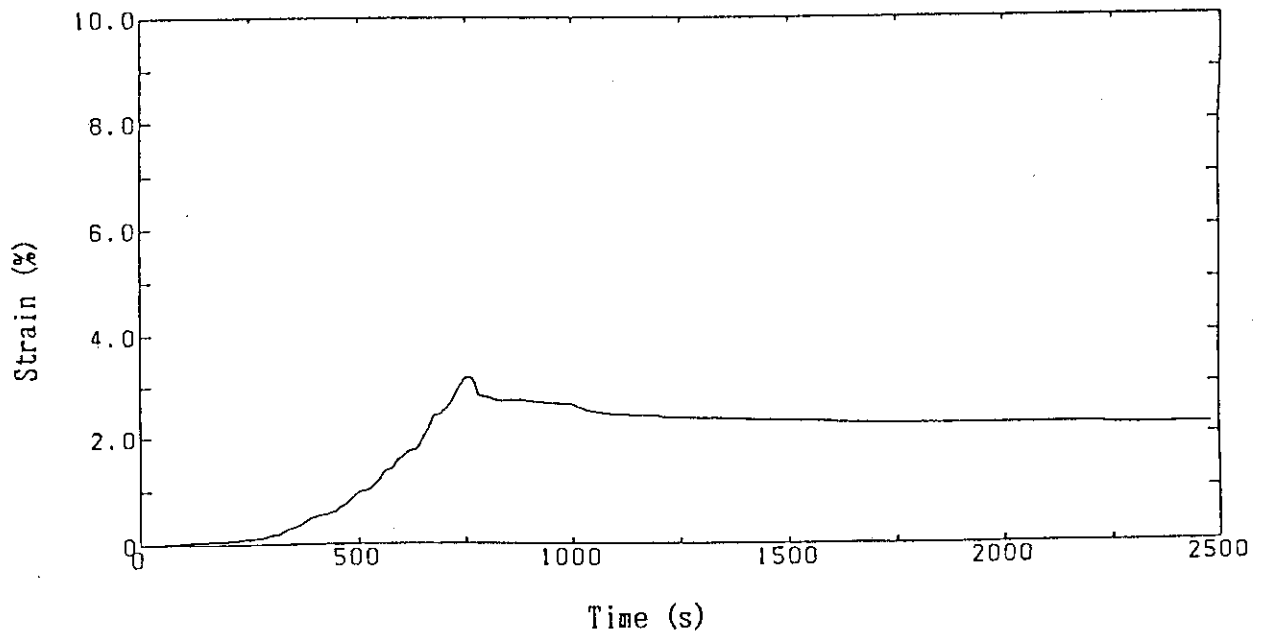


Fig. 3.11 Strain History (Gage No. 8)

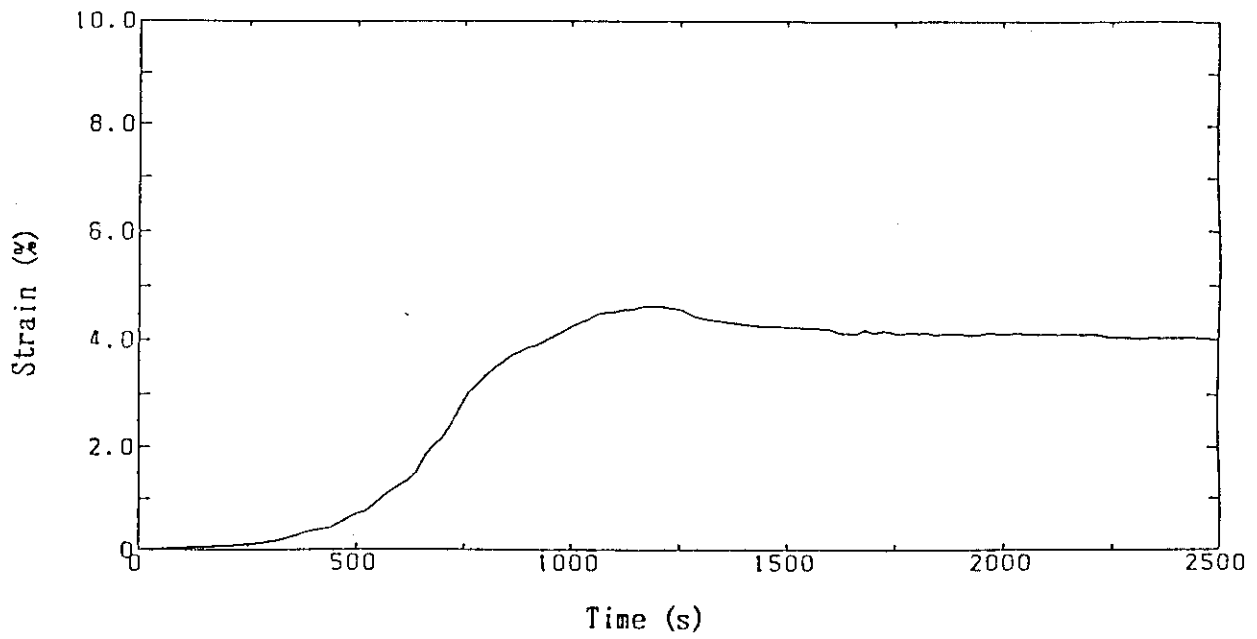


Fig. 3.12 Strain History (Gage No. 9)

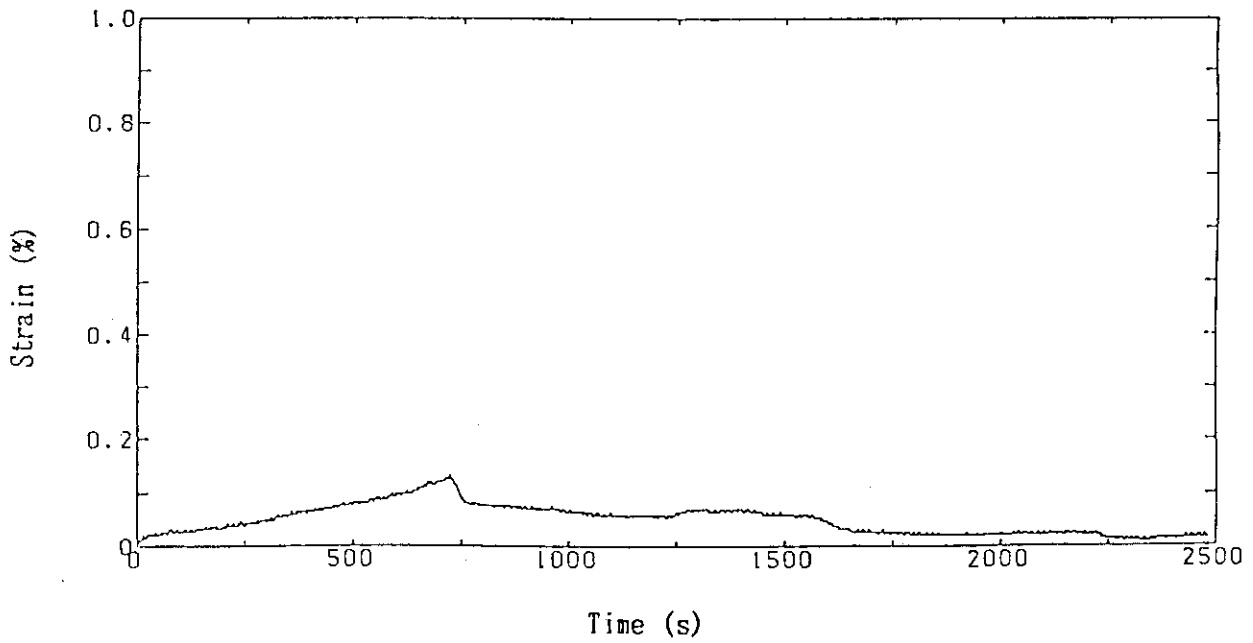


Fig. 3.13 Strain History (Gage No. 10)

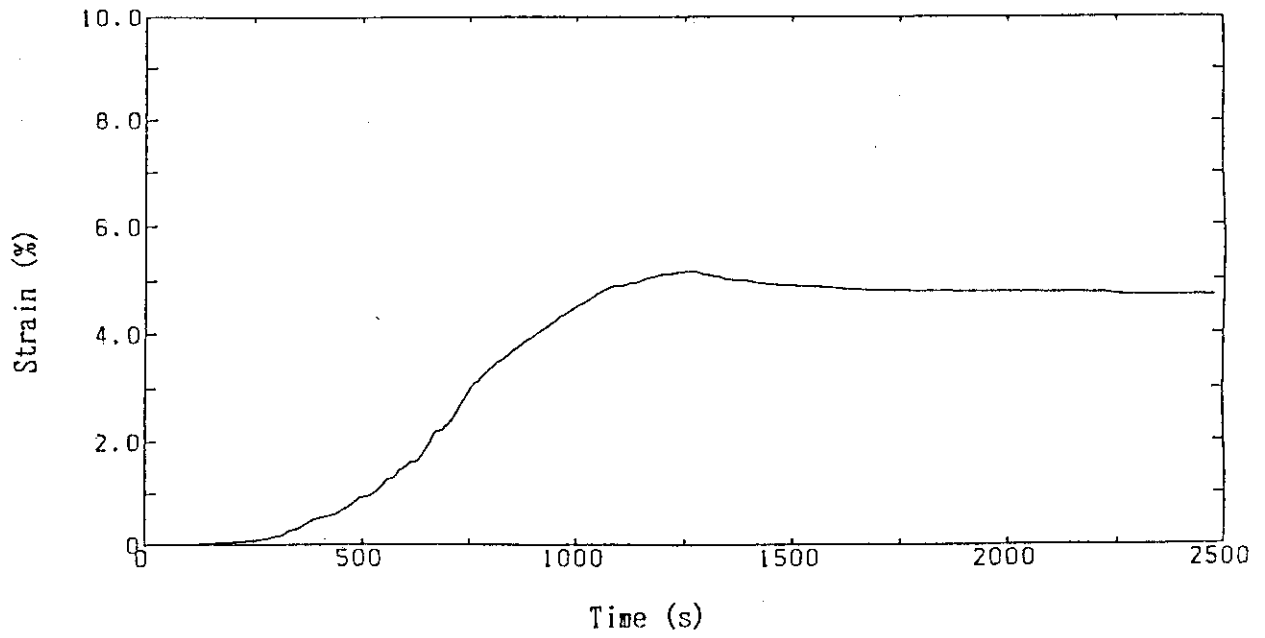


Fig. 3.14 Strain History (Gage No. 11)

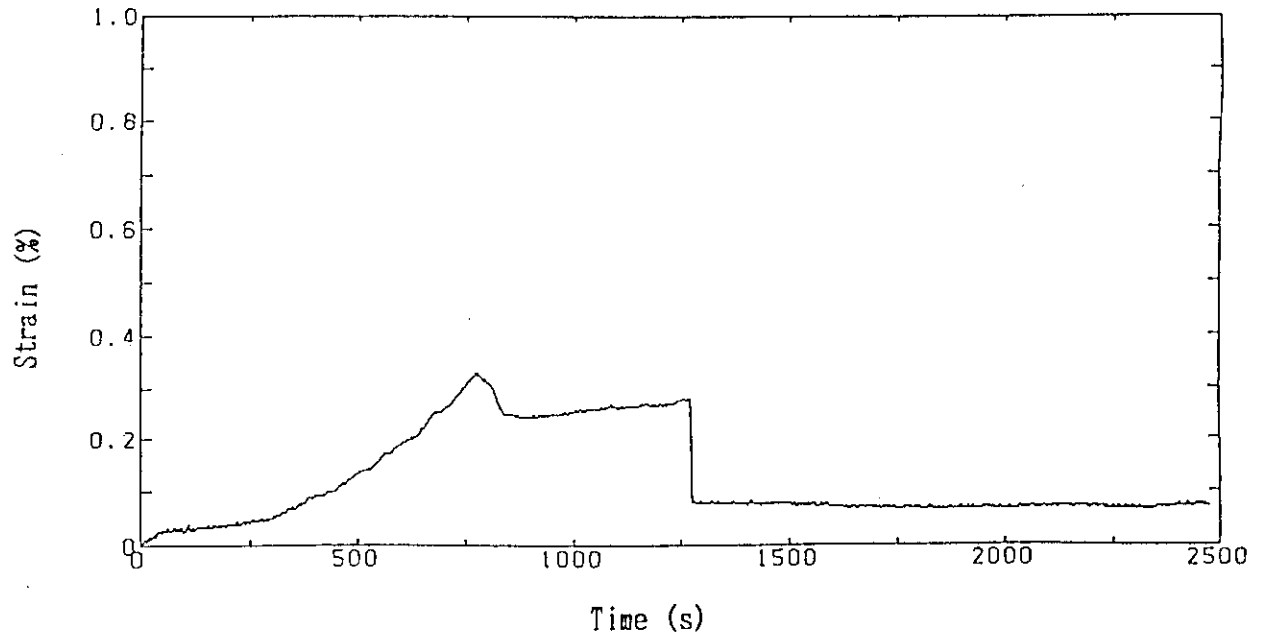


Fig. 3.15 Strain History (Gage No. 12)

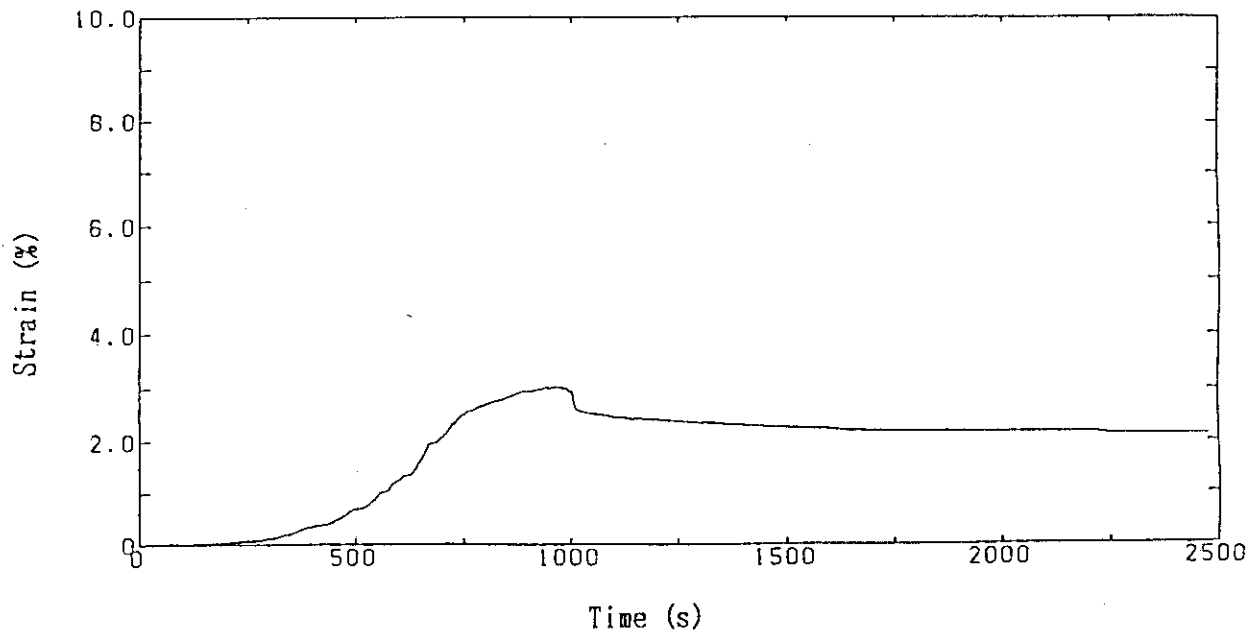


Fig. 3.16 Strain History (Gage No. 13)

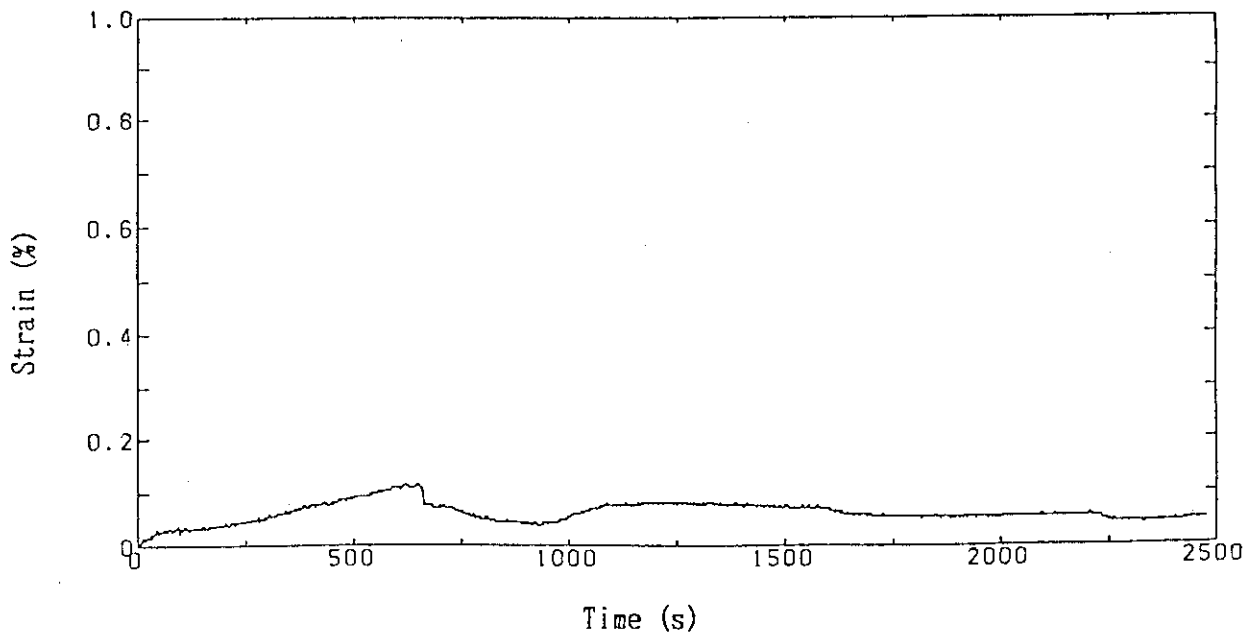


Fig. 3.17 Strain History (Gage No. 14)

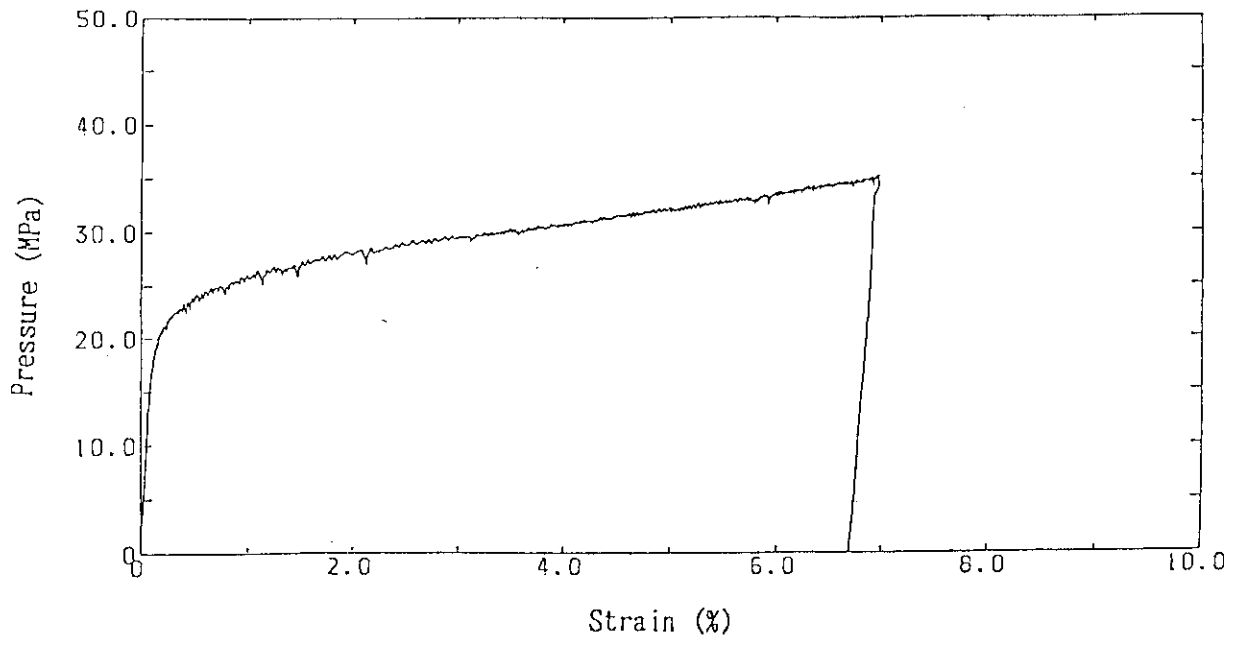


Fig. 3.18 Pressure - Strain Curve (Gage No. 6)

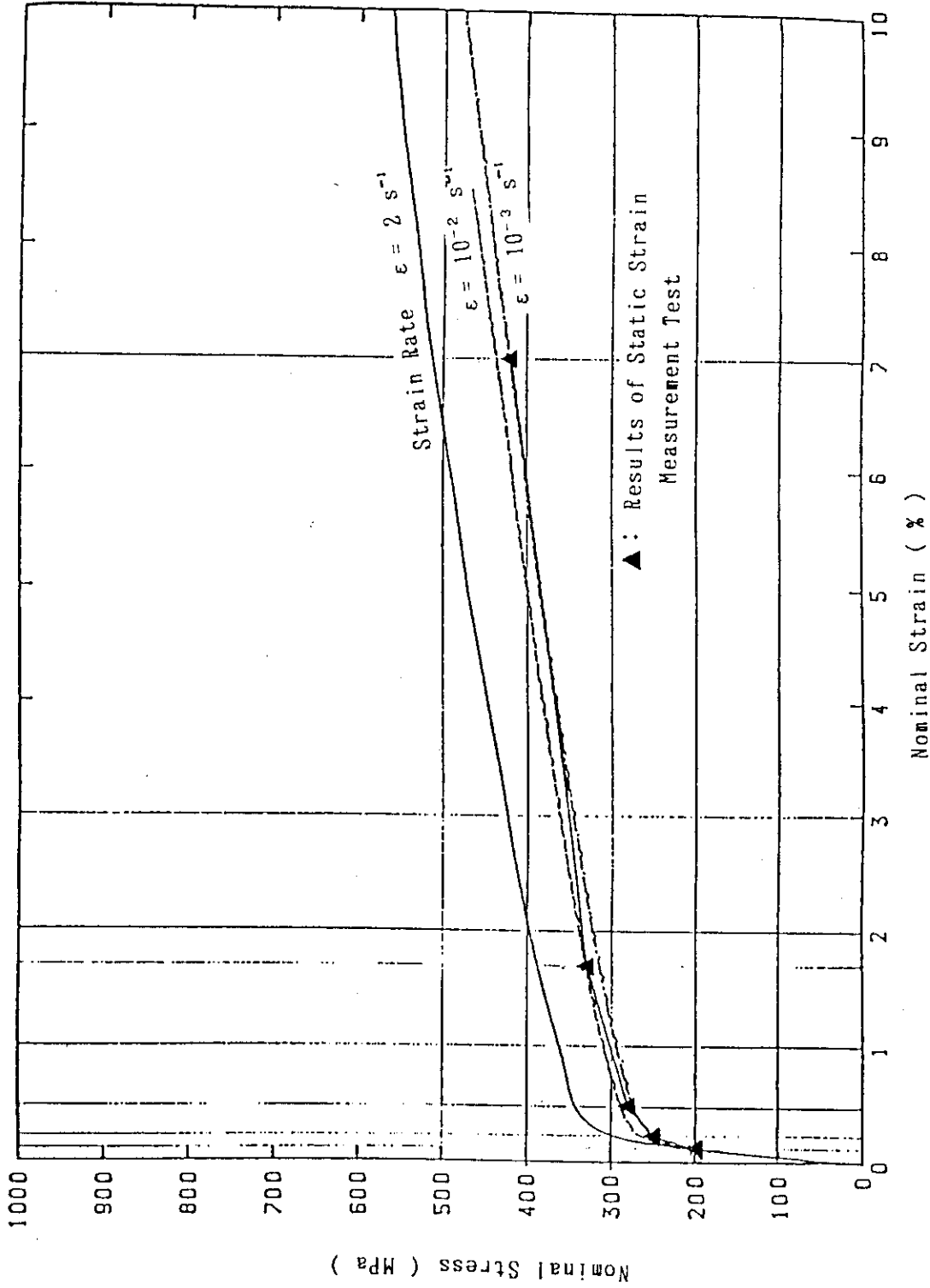


Fig. 3.19 Comparison of the Test Results between Static Strain Measurement Test and High-speed Tensile Tests

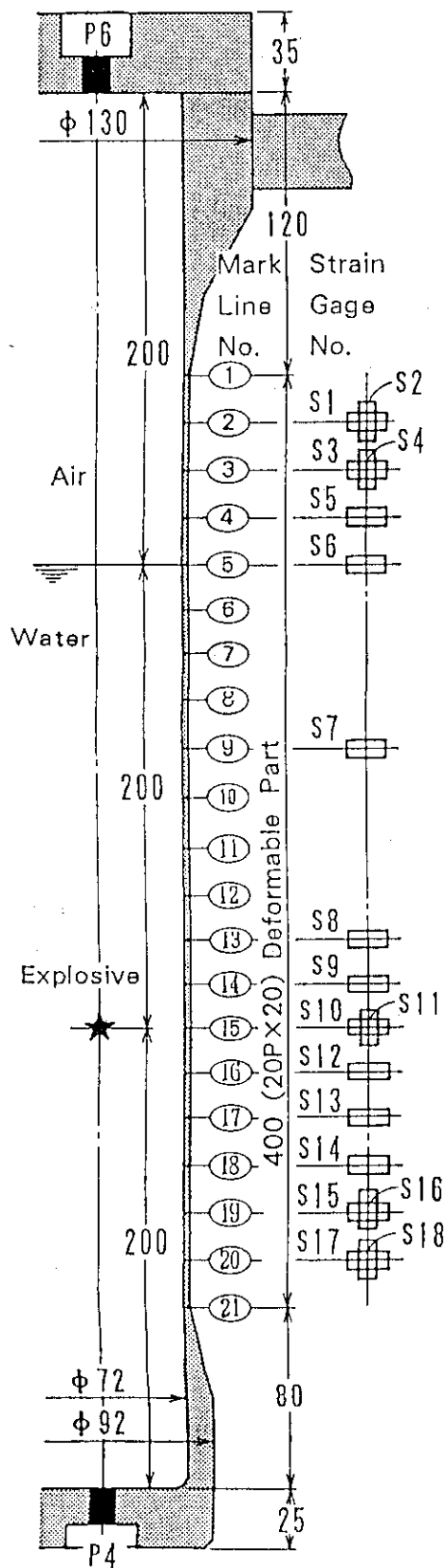


Fig. 3.20 Location of Pressure Transducers and Strain Gages in the Shock Structural Tests

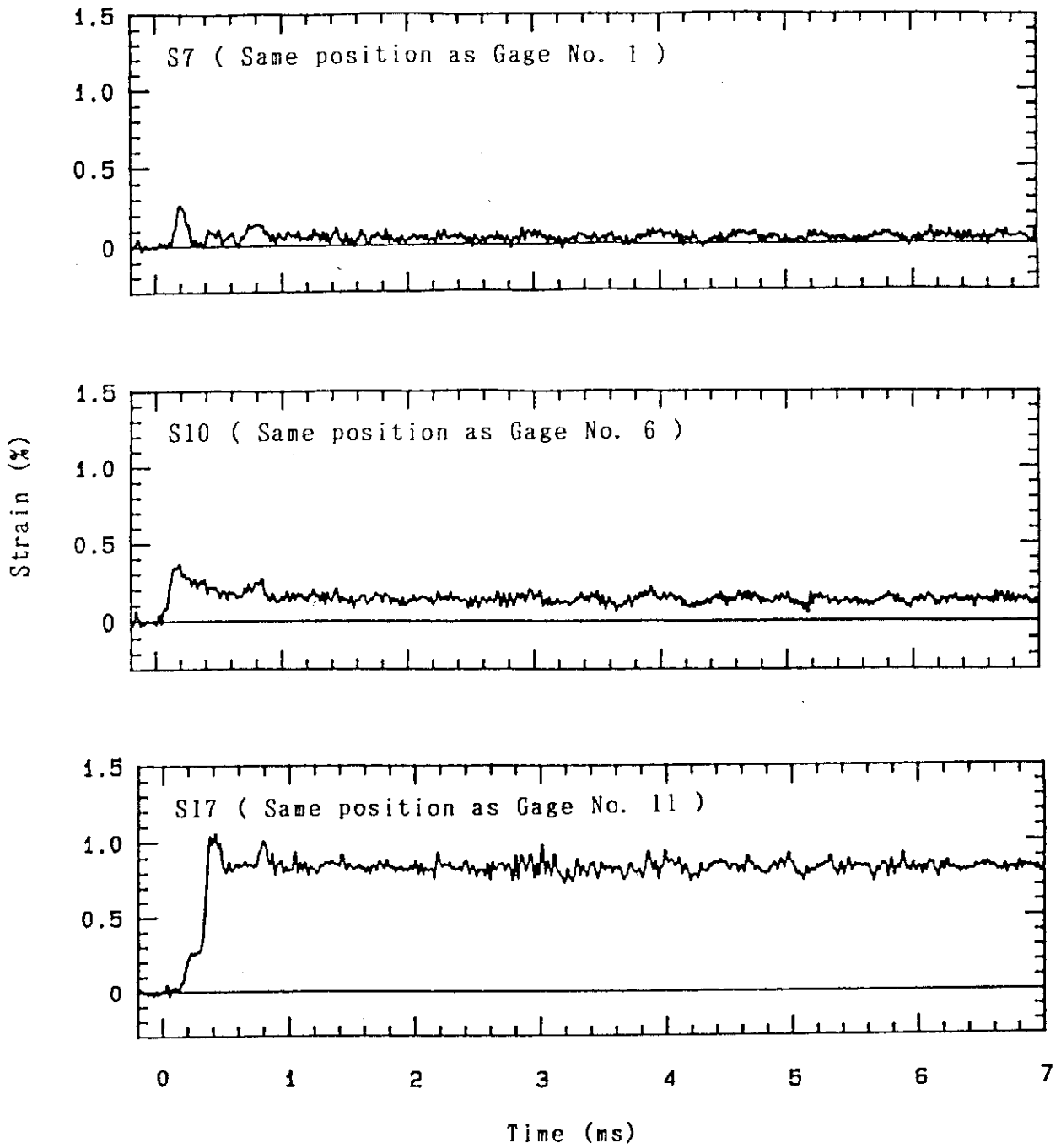


Fig. 3.21 Strain History against Dynamic Pressure
(Source Pressure : 40 MPa)

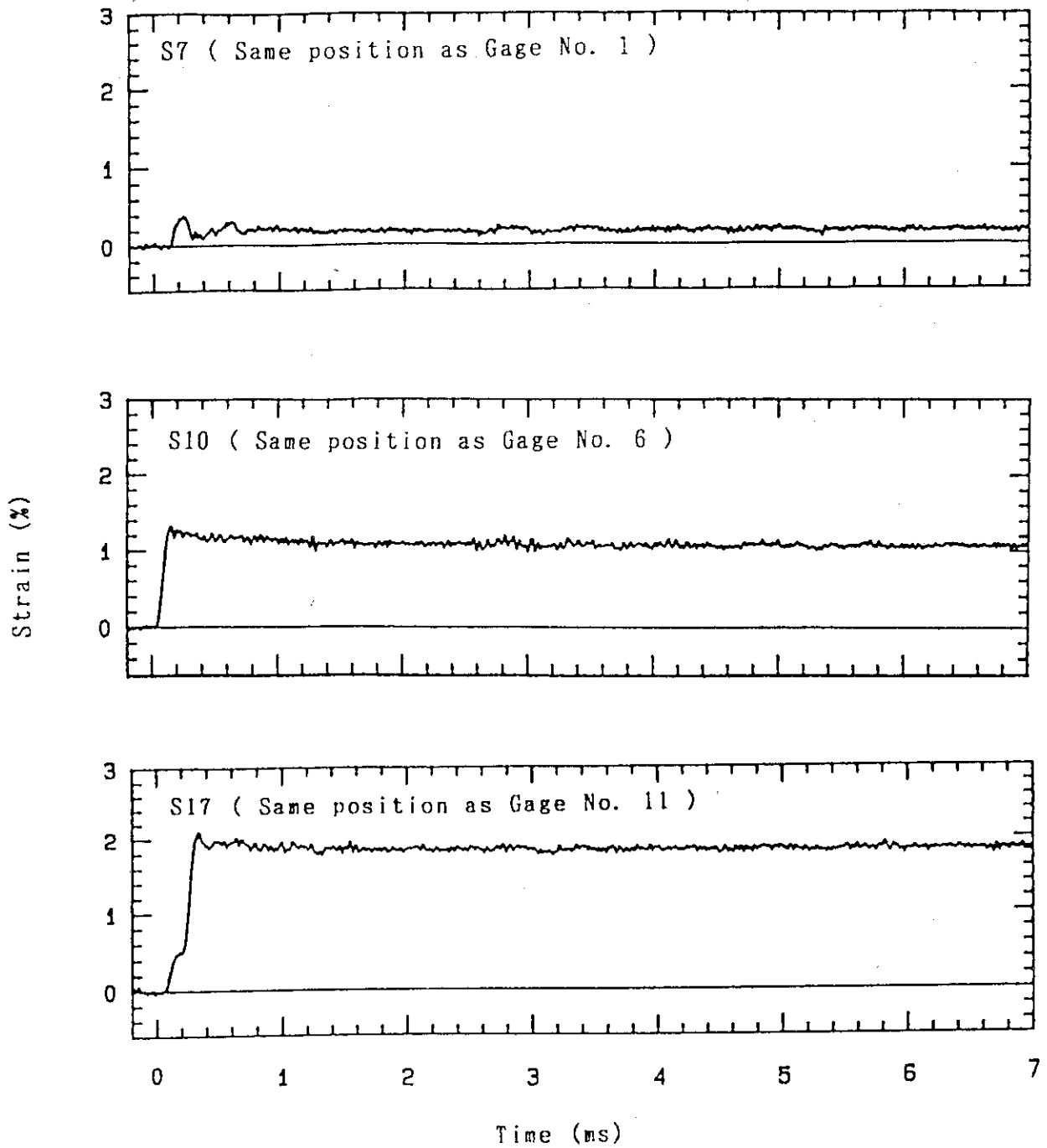


Fig. 3.22 Strain History against Dynamic Pressure
(Source Pressure : 60 MPa)

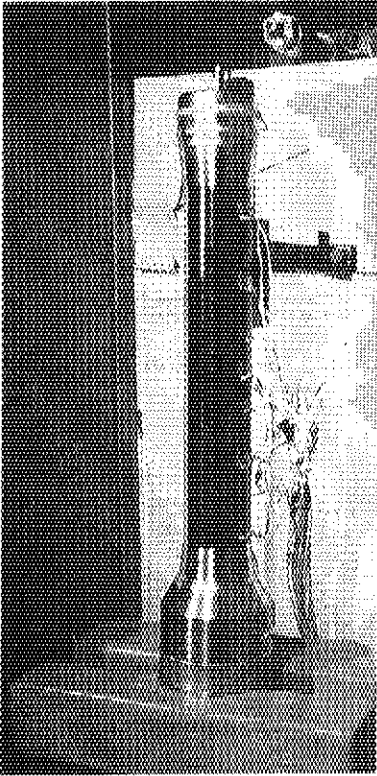


Photo. 3.1 Appearance of Test Capsule
befor Test

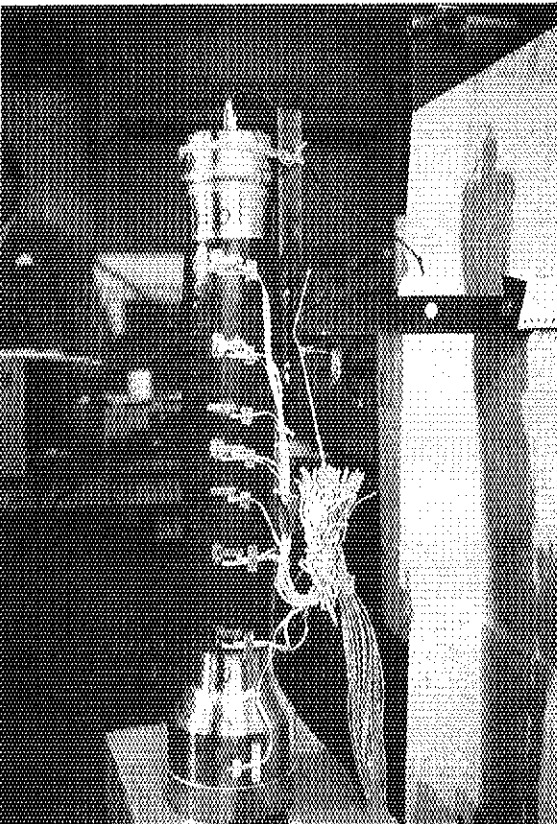


Photo. 3.2 Appearance of Test
Capsule after Test

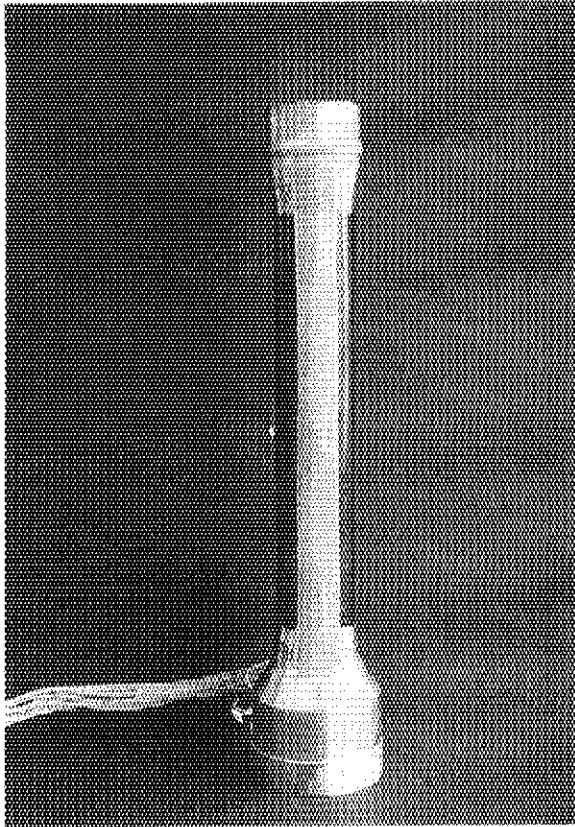


Photo. 3.3 Appearance of Brittle Coating before Test

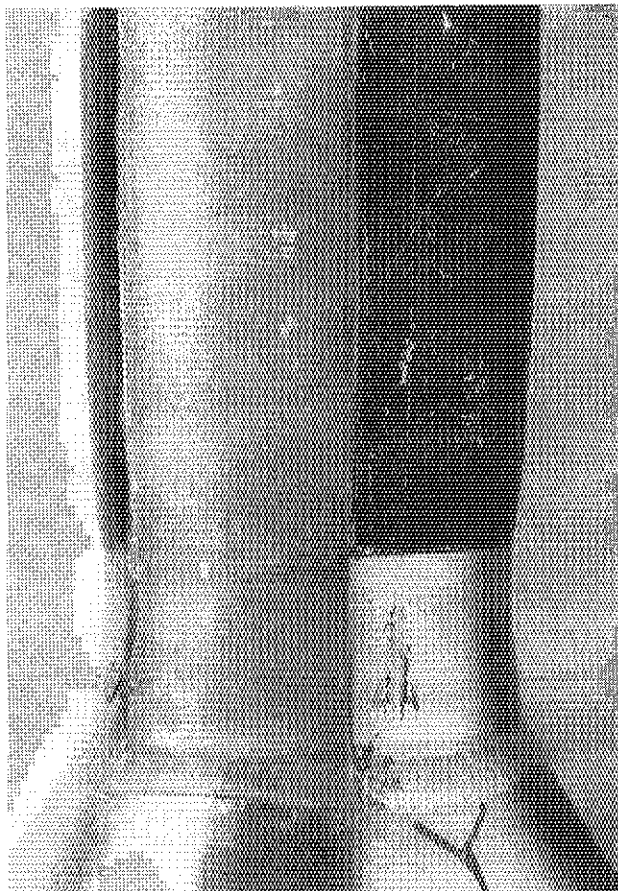


Photo. 3.4 Change of Brittle Coating after Test

参 考 文 献

- (1) 丹沢他, “低爆速火薬による円筒容器の耐衝撃応答”, JAERI-M 90-159
- (2) 丹沢他, “耐爆実験用カプセル部材の高速引張試験”, JAERI-M 90-186