

# 1430 ハット型断面筒状体の軸衝撃圧縮変形における慣性力を利用した変形起点の生成 Formation of Buckling Lobe by Inertia Effect in Axial Impact of Tubular Structure with Hat Cross-section

正 ○山下実(岐阜大工) 正 西村尚哉(岐阜大工) 正 服部敏雄(岐阜大工) 学 奥山智仁(岐阜大院)  
Minoru YAMASHITA, Naoya NISHIMURA, Toshio HATTORI and Tomohito OKUYAMA, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu

The hat cross-sectional tube was impacted to the rigid plate under the dynamic condition, which exhibited a progressive buckling pattern with multi lobe. The effect of the inertial force arising during impact on the onset of the first buckling lobe was investigated. The inertia force was induced by the solid mass attached to the tube wall. Impact experiment with the aid of drop-hammer was carried out. Experimental observation with a high-speed video camera demonstrated that the position of the first buckling lobe was successfully controlled by the inertial force.

**Key Words :** Tubular Structure, Impact Experiment, Buckling lobe, Hat cross-section, Axial Crush

## 1. 緒言

筒状体の衝撃変形については、自動車などの衝突安全性と関連付けて、ハット型断面強度部材などを対象として研究が行われている<sup>1)~3)</sup>。衝突時の強度部材の変形態様が衝撃エネルギー吸収能に影響する。普通、繰返し塑性座屈変形を示すため、部材にデントなどを付けて局部的につぶれ強さを小さくするなどして、変形形状を制御している。しかし、この方法ではデント部の加工工程が必要で、部材の局部的な剛性低下も免れない。そこで、著者の一人は衝撃時の加速(または減速)度によって生じる慣性力を利用して所望箇所で変形を生成する方法を考案し、その有効性を実験および数値計算で限定的だが検証した<sup>4)</sup>。

本報では、ハット型断面の筒状体を用いて衝撃実験を行い、この方法の同形状筒状体に対する適用性を示すことを目的とした。筒状体の材料は純アルミニウムまたはアルミニウム合金である。衝突速度は7.7 m/sで落錘衝撃試験機を使用した。

## 2. 慣性力を利用した変形起点の生成方法

筒状体が固定壁に衝突した場合、側壁にまず弾性のうねりを生じた後、塑性座屈変形に移行し、大ひずみの繰返し座屈変形で、衝撃エネルギーを吸収する。変形起点の生成方法は、Fig.1に示すように変形を開始させたい位置に錘を付けておき、衝突時の慣性力を利用して側壁に曲げ力を作用させることにより、変形の開始位置を定めるものである<sup>4)</sup>。つまり、衝突端と錘取付け位置の間以外で座屈しわが生じ始めた場合、衝突端としわを生じ始めた位置間では筒状体は急停止する結果、錘に生じる慣性力が大となることを利用するのである。

側壁にかかる力を簡易的に見積もることができる。錘の減速度を  $x=0$  において  $a \text{ m/s}^2$  から  $x=l$  で  $0 \text{ m/s}^2$  に変化するものと仮定する。錘の材料密度を  $\rho$ 、長さ、幅(紙面奥行き方向)、高さをそれぞれ、 $l$ 、 $w$ 、 $h$  とすると、任意の断面  $x$  における幅  $dx$  に生じる力は以下ようになる。

$$dF = \rho w h a \frac{l-x}{l} dx \quad (1)$$

錘が取付け面で水平中央線を固定支点として回転運動をすると仮定すると、壁を押す瞬間的な力  $P$  は以下のように計算される。

$$P = \frac{1}{h} \int_0^l x dF = \frac{\rho w a l^2}{6} \quad (2)$$

一方、壁に沿う力  $Q$  は以下のように計算される。

$$Q = \rho w h l a / 2 \quad (3)$$

## 3. 実験方法および実験条件

供試材は、公称板厚 1 mm の純アルミニウム A1050-H24 またはアルミニウム合金 A5052-H34 である。その機械的特性を Table 2 に示す。衝撃試験の概要を Fig.2 に示す。衝撃試験には、落錘式衝撃試験機を用いた。落錘の質量は 60 kg で衝突速度は 7.7 m/s とした。試験片形状を Fig.3 に示す。ハット型筒状体に寸法

$25' \times 25'' \times 15^h$  mm の錘(SS400)を規定箇所に取り付けて、衝撃時の慣性力によって壁面に曲げ力を生じさせた。錘は裏板(2.3' 鋼板)を当ててボルトとナットで固定した。ハット部品と平板はブラインドリベットによってピッチ 20 mm で締結した。錘の取付け位置は衝突端から 40 または 100 mm で、落錘へはつかみ長さを 20 mm として取付けた。

## 4. 実験結果と考察

筒状体の座屈開始位置を制御しない場合、Fig.4 に示すようにその開始位置は定まっていない。これは初期形状不整の影響によるところが大きい。

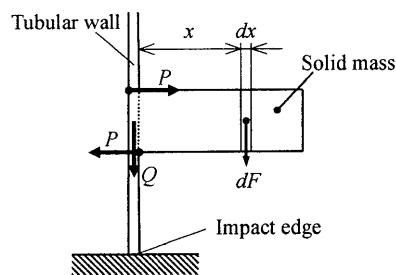


Fig.1 Solid mass attached to the tubular wall generating bending force on the wall under impact

Table 1 Mechanical properties of materials

Material	C (MPa)	n	U.T.S. (MPa)	E (%)
A1050-H24	149.7	0.023	132	1.5
A5052-H34	399.1	0.148	248	8.3

Plastic property:  $\sigma = C \epsilon^n$ , U.T.S.: Ultimate tensile strength, E: Total elongation

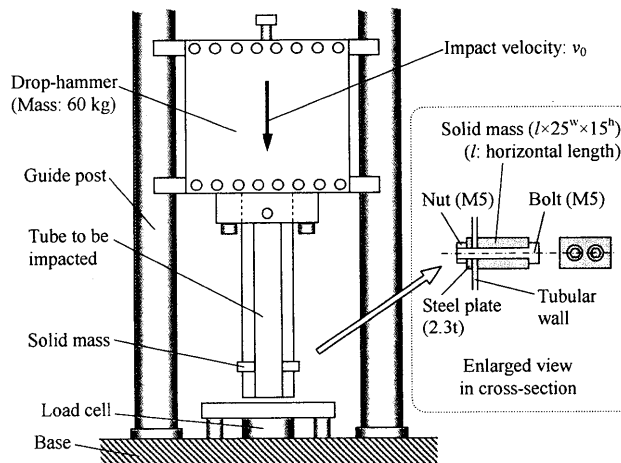


Fig.2 Illustration of testing setup and specimen

Fig.5 に代表的な実験結果を示す。A5052-H34 で製作したハット型断面筒状体については、錘を正面に取付けた場合 [(a), (b)], 変形は錘取付け位置ではなかった。一方、錘を側面に取付けると [(c), (d)], 錘取付け部から変形が生じた。筒状体はフランジ部でリベット締結した構造であるため強度の不均一がある。このことがリベット締結部に近い側面に錘を取付けなければ、所望位置で最初の座屈しわを生成できなかった原因であると考えられる。

一方、Fig.5(e)に示すように A1050-H24 で製作した筒状体についてはうまく起点の生成ができなかった。この理由は、材料の  $n$  値が小さいため一旦どこかに塑性変形が生じるとそれが局所化しやすく、結果的に初期形状不整の影響に対して敏感になったからであると考えられる。

なお、クラッシュ強度 = [繰返し座屈変形中の平均的圧縮力] / [材料部分の断面積] は約 40 MPa で、錘を付けない場合と同様な値であり、衝撃吸収能は変わらないと言える。

衝撃時の慣性力について、衝突スピードが 7.7 m/s の時、衝突後 0.2 ms で 0 m/s になると仮定すれば、式(3)で  $P = 784 \text{ N}$  と見積られ、壁部に塑性変形を生じるには十分大きい。

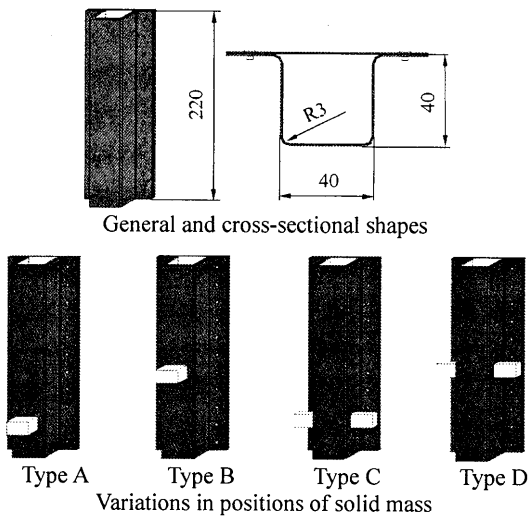


Fig.3 Hat-shaped tube specimens with solid mass

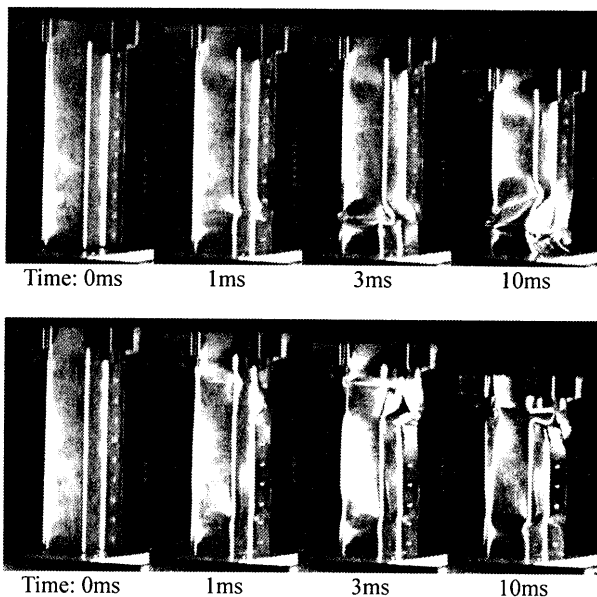
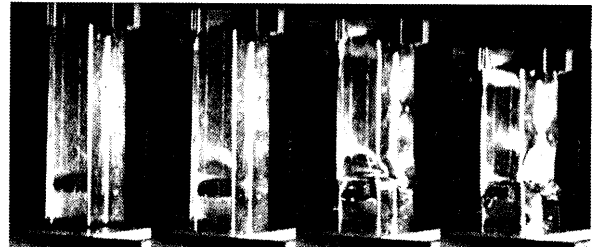


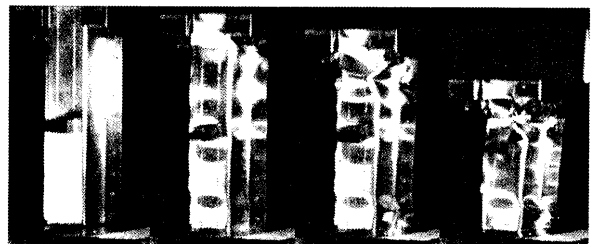
Fig.4 Progressive deformation patterns in impact test of the tube without solid mass  
Impact velocity: 7.7m/s, Material: A1052-H34

参考文献

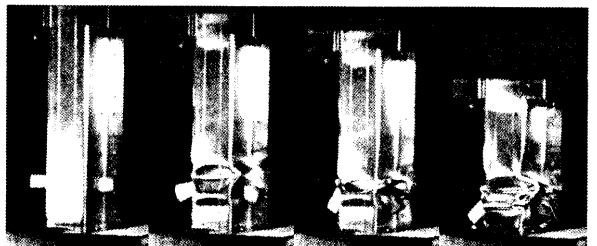
- 1) 山下実他, 機論 A, 68-666(2002), 217.
- 2) 山下実他, 機論 A, 68-668(2002), 668.
- 3) M. Yamashita, et al., Mater. Sci. Forum, 465-466(2004), 21.
- 4) 山下実他, 19 年塑加春講論(2007), 235.



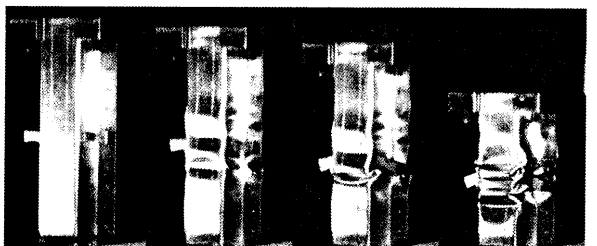
(a) Material: A5052-H34, Tube specimen: Type A



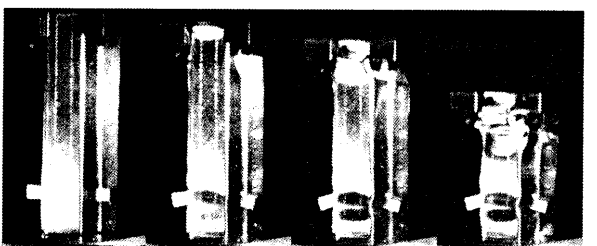
(b) Material: A5052-H34, Tube specimen: Type B



(c) Material: A5052-H34, Tube specimen: Type C



(d) Material: A5052-H34, Tube specimen: Type D



(e) Material: A1050-H24, Tube specimen: Type C

Fig.5 Progressive deformation patterns in impact test of the tube with solid mass (From left figure, the times are 0, 1, 3 and 10 ms.)  
Impact velocity: 7.7 m/s