

金属材料のひずみ速度制御/応力速度制御による引張試験

Tensile test for metal materials with strain control and stress control

■はじめに

Introduction

金属材料引張試験の国際標準規格である ISO 6892、日本工業規格である JIS Z2241 が改定され、材料の降伏点までの負荷方法として従来行われてきた応力速度制御方式に加えて、ひずみ速度制御方式（伸び計で歪みを計測）が試験項目のひとつとして追加されました。これによって今後は、「応力速度制御」および「ひずみ速度制御」の双方による金属材料の引張り試験を行う機会が増加すると考えられます。

ここでは島津精密万能試験機オートグラフ AG-50kNX、ストレインゲージ式ワンタッチタイプ伸び計 SSG50-10H (Fig.1, Fig.2) を使用し、冷間圧延鋼、オーステナイト系ステンレス、アルミ合金および黄銅を対象に、ISO 6892 に記載されているひずみ速度制御方式と応力速度制御方式による各種金属材料の引張り試験を行った事例を紹介します。

T. Murakami



Fig.1 精密万能試験機 AG-X
Overview of testing systems.



Fig.2 試験風景
Specimen and jigs for tensile test

■ 試料と試験方法

Test specimens and testing conditions

試験片情報を Table 1、試験条件を Table 2 に示します。

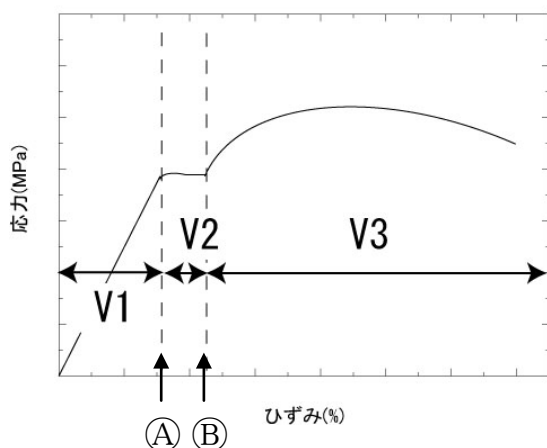
Table 1 試験片情報
Test specimens.

試料名	A	B	C	D
材質	冷間圧延鋼	ステンレス (オーステナイト系)	アルミ合金	黄銅
試料寸法	<p>幅 25 mm, 厚さ 1 mm, 標点距離 50 mm, 平行部長さ 60 mm (JIS Z 2241 5号試験片)</p>			

Table 2 試験条件
Test conditions.

1) ロードセル容量	50 kN
2) 治具	50 kN 用定位置くさび式つかみ具 (平板用交差やすり目)
3) 試験速度	Table 3 を参照
4) 試験温度	室温
5) ソフト	TRAPEZIUMX (シングル)

Fig.3 に速度制御のイメージ図, Table 3 および Table 4 にひずみ速度制御, 応力速度制御で適用した試験速度をそれぞれ示します。



- Ⓐ: 上降伏点 (またはこれに相当する点)
 Ⓑ: ひずみ計測上限点 (耐力点以降の点)

Fig.3 速度制御イメージ
The image of test speed.Table 3 試験速度(ひずみ速度制御)
Test speed(Strain control)

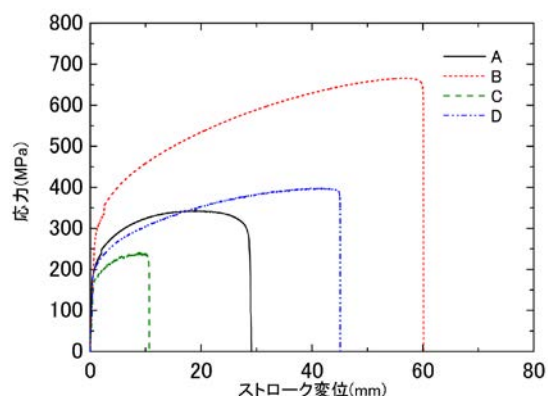
V1: ひずみ速度	0.00025 /s (1.5 %/min)
V2: ひずみ速度	0.00025 /s (1.5 %/min)
V3: 推定ひずみ速度	0.0067 /s (40 %/min)

Table 4 試験速度(応力速度制御)
Test speed(Stress control)

V1: 応力増加速度	10 MPa/s
V2: ひずみ速度	0.00083 /s (5 %/min)
V3: 推定ひずみ速度	0.0067 /s (40 %/min)

■ 試験結果 Test Results

Fig.4 にひずみ速度制御による各試料の応力-ストローク変位線図, Table 5 にその特性値を示します。Fig.4 において, 応力-ストローク変位の立ち上がりの後に応力が不連続になっている点は速度を切り替えたことに対応しています。

Fig.4 各種金属材料の応力-ストローク変位線図(ひずみ速度制御)
Test result(Stress-stroke, strain control)Table 5 試験結果(3回測定の平均値)
Test results(Average n = 3)

試料名	弾性率 (GPa)	0.2%耐力 (MPa)	引張強度 (MPa)	突合せ伸び (%)
A(冷間圧延鋼板)	194	185.5	341.5	43.3
B(ステンレス)	200	278.5	660.8	55.0
C(アルミ)	71	170.1	236.3	13.0
D(黄銅)	109	193.1	398.1	49.1

注1) ひずみ速度とは伸び計を用いて単位時間あたりの試験片の標点間距離の変位をもとに求めたひずみ増加分です。

注2) 推定ひずみ速度とは試験機クロスヘッドの単位時間当たりの変位と試験片平行部長さをもとに求めた, 単位時間当たりの試験片平行部長さのひずみ増加分です。

Fig.5 (a) ~ (d) に各種金属材料のひずみ速度制御による引張り試験によって得られたひずみ速度および推定ひずみ速度を示します。ここでは、赤色の実線はひずみ速度、青色の実線は推定ひずみ速度、黒色の破線は応力を示しています。また、緑色の点線はひずみ増加速度制御の許容値 $\pm 20\%$ (ISO6892による値)を表しています。実負荷速度はひずみ速度制御領域にお

ける許容値に対して、十分な範囲内にあり、良好なひずみ速度制御がなされていることがわかります。ここでは試料 A, B については標点距離の 2% まで伸び計を用いて変位を測定しています。試料 C および D については、1% に相当するひずみが増加するとセレーションが発生することから、伸び計で計測するひずみは 0.8% までとしました。

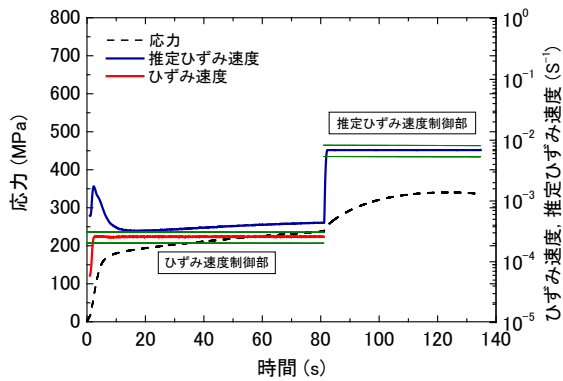


Fig.5 (a) 速度結果(試料 A: 冷間圧延鋼板)
Test results(Sample A)

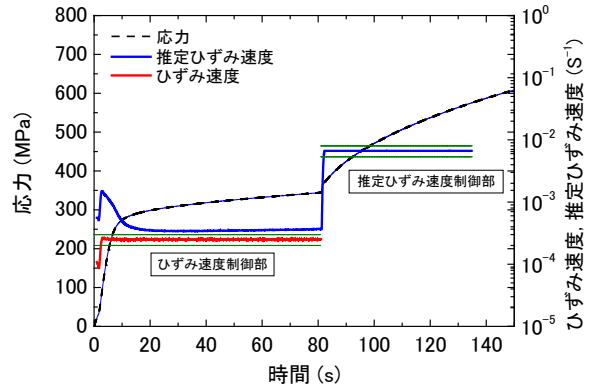


Fig.5 (b) 速度結果(試料 B: ステンレス)
Test results(Sample B)

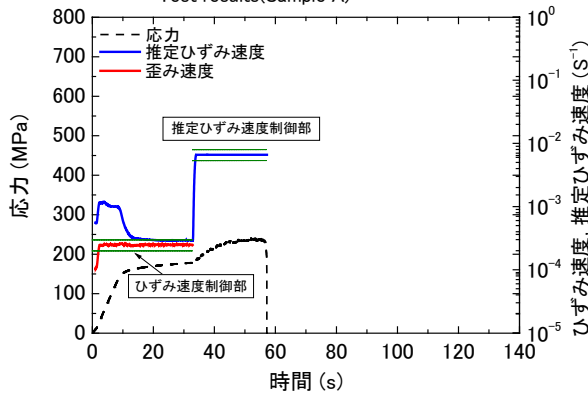


Fig.5 (c) 速度結果(試料 C: アルミ)
Test results(Sample C)

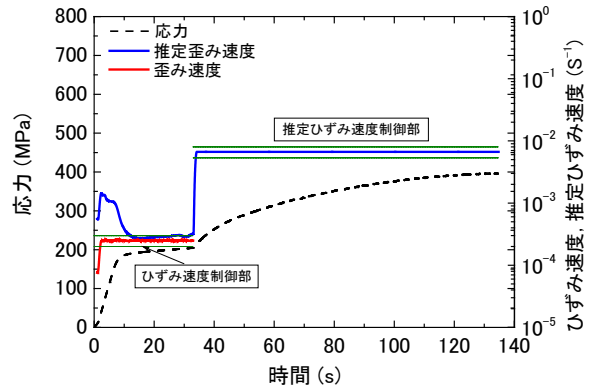


Fig.5 (d) 速度結果(試料 D: 黄銅)
Test results(Sample D)

Fig.6 に応力速度制御による各種金属材料の引張り試験によって得られた応力-ストローク変位線図, Table.6 にその特性値を示します。

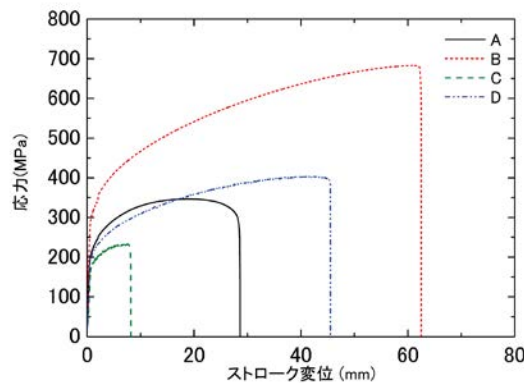


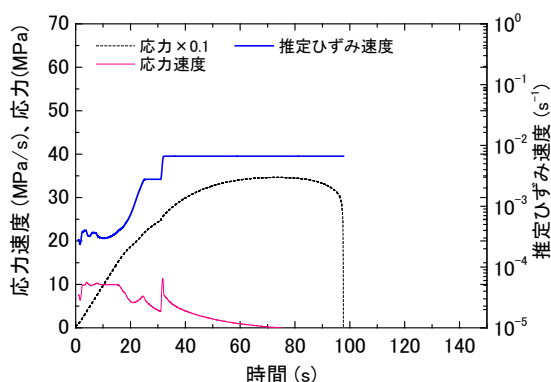
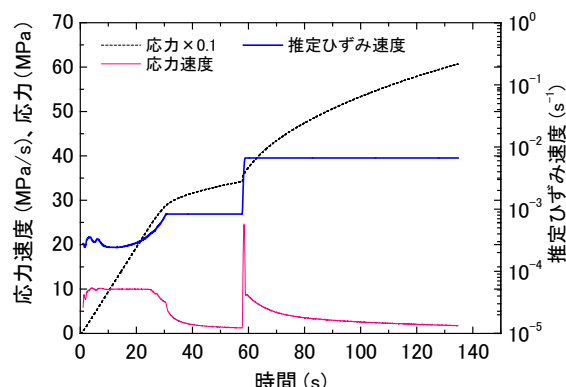
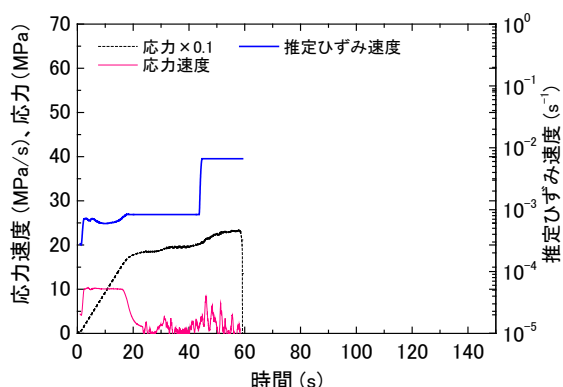
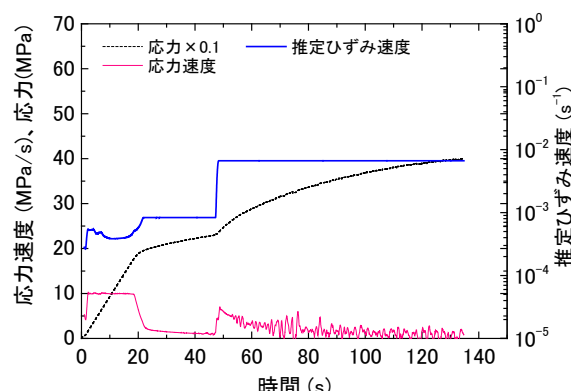
Fig.6 各種金属材料の応力-ストローク変位線図(応力速度制御)
Test result(Stress-stroke, stress control)

Table 6 試験結果(3回測定の平均値)
Test results(Average n = 3)

試料名	弾性率 (GPa)	耐力 (0.2%) (MPa)	引張強度 (MPa)	突合せ伸び (%)
A (冷間圧延鋼板)	194	193.3	349.3	42.0
B (ステンレス)	205	290.7	687.0	54.8
C (アルミ)	69	177.0	233.5	12.6
D (黄銅)	112	196.7	405.5	48.8

Fig.7 (a) ~ (d) に各種金属材料の応力速度制御による引張り試験によって得られた応力速度および推定ひずみ速度を示します。ここでは、ピンク色

の実線は応力速度、青色の実線は推定ひずみ速度、黒色の破線は応力を示しています。

Fig.7 (a) 速度結果(試料 A: 冷間圧延鋼板)
Test results (SampleA)Fig.7 (b) 速度結果(試料 B: ステンレス)
Test results (SampleB)Fig.7 (c) 速度結果(試料 C: アルミ)
Test results (SampleC)Fig.7 (d) 速度結果(試料 D: 黄銅)
Test results (SampleD)

応力速度、推定ひずみ速度ともに、設定速度に即した安定したデータが採取できていることがわかります。

以上の結果より、島津精密万能試験機オートグラフ AG-50kNX を用いた各種金属材料の引張り試験において、ISO 6892 で規定されているひずみ速度制御の許容値 (±20%) を十分に満足する試験を行うことができ、ひずみ速度制御と同様、応力速度制御についても安定した試験を行うことができま

した。一般の万能試験機においてクロスヘッド速度制御以外のひずみ速度制御・応力速度制御にもとづく試験を行う場合は、材料によって制御ゲインを調整する作業が必要で手間がかかります。しかしながら、本装置においてはゲインが自動的に調整されるため (オートチューニング機能)、手軽にひずみ速度制御および応力速度制御による各種金属材料の引張試験を行うことが可能です。