

油圧システムを併用した落錘型試験機による 広いひずみ速度域における耐衝撃性樹脂の機 械的特性

藤澤, 宏臣 / FUJISAWA, Hiromi

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

57

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2016-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00012996>

油圧システムを併用した落錘型試験機による広いひずみ速度域における耐衝撃性樹脂の機械的特性

THE MECHANICAL PROPERTIES OF IMPACT-RESISTANT RESIN IN A WIDE STRAIN RATE RANGE USING THE DROP WEIGHT TYPE TESTING MACHINE IN COMBINATION WITH THE HYDRAULIC SYSTEM

藤澤 宏臣

Hiromi FUJISAWA

指導教員 崎野清憲

法政大学大学院理工学研究科機械工学専攻修士課程

ABS resin is a material having an improved impact properties of the base material by polymerizing butadiene rubber styrene-based resin. That is used by an information appliance, the household articles such as the refrigerator, a trunk case, car interior decoration and so on. However, impact resistance for damage is said to actually caused by the collision and its fall of foreign matter from the outside despite being data is less good, the impact properties is not well known. In this study, A quasi-static examination and a dynamic examination are performed in the temperature range of 24°C ~ 80°C for strain rate ($\dot{\epsilon} = 10^{-3} \sim 10^2/s$) about for general load speed level and arranged the mechanical characteristic using the thermal activation process. The Instron type tensile testing machine is used in the strain rate range from 10^{-3} to $10^0/sec$. The hydraulic cylinder with a combination by the hydraulic system in the drop weight type testing machine was used strain rate $10^1/sec$. The drop weight type testing machine was used at strain rate of $10^2/sec$. Test temperature is room temperature (24°C), 50°C, 60°C, 70°C, 80°C. In addition, high-temperature tank was used strain rate 10^{-3} to $10^0/sec$, which is attached to a tensile testing machine, and an oven mounted to the drop weight type testing machine was used at strain rate of $10^2/s$.

Key Words : Strain rate sensitivity, ABS resin, Strain rate, Thermal activation process

1. 緒論

ABS 樹脂は、スチレン系樹脂にブタジエンゴムを重合させることにより母材の衝撃特性を改善した樹脂材料である。その用途は情報機器や冷蔵庫などの家庭用品やトランクケース、自動車内装等広範囲にわたっている。しかし、耐衝撃性が優れているといわれているにもかかわらず実際に外部からの異物の衝突や自身の落下による損傷についてデータは少なく、その衝撃特性はよく知られていない。本研究では、一般的な荷重速度域として考えられるひずみ速度^[1]

$\dot{\epsilon} = 10^{-3} \sim 10^2/s$ を対象に 24°C ~ 80°C の範囲で、準静的試験並びに動的試験を行い、その機械的特性を熱活性化過程^[2]を用いて整理した。

2. 実験

(1) 試験片

本研究で使用した ABS 樹脂は三京化成(株)製のサンプルシート AB-9(厚さ 1mm)を Fig. 1 に示すごとく、長さ 90mm、幅 30mm、標点間距離 8mm に機械的に加工して用いた。

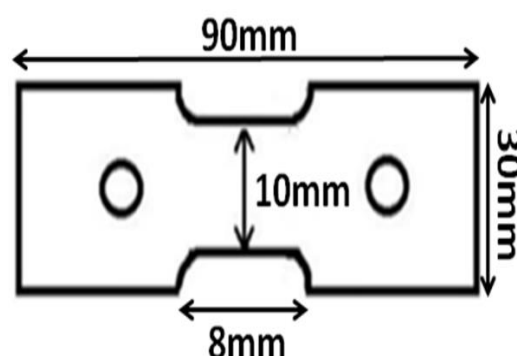


Fig. 1 Schematic diagram of test piece of ABS resin

(2) 実験装置及び方法

1) 実験条件

ひずみ速度($\dot{\epsilon} = 10^{-3}/s \sim 10^0/s$)の領域ではインストロン型引張試験機を使用した。ひずみ速度($\dot{\epsilon} = 10^1/s$)では、落錘型試験機に併設された油圧システムを使用し、ひずみ速度($\dot{\epsilon} = 10^2/s$)では落錘試験を行った。試験温度は常温(24°C)、50°C、60°C、70°C、80°C

とした．また，ひずみ速度($\dot{\epsilon} = 10^{-3}/s \sim 10^0/s$)では引張試験機の恒温槽，ひずみ速度($\dot{\epsilon} = 10^2/s \sim 10^4/s$)では落錘型試験機取り付けられた加熱炉を用いて加熱した．

(3) 落錘試験装置及び油圧システム

Fig. 2 に落錘試験装置及び油圧システムの概略図を示す．本装置は、基本的に 2 本の入・出力棒(20mm)と重錘(10kg)から構成されている．試験片は、入力棒と出力棒の間にある試験片設置用治具で固定されており、重錘を所定の高さより落下させ、入力棒下端の重錘用受け皿に衝突させ、試験片を引っ張る仕組みとなっている．

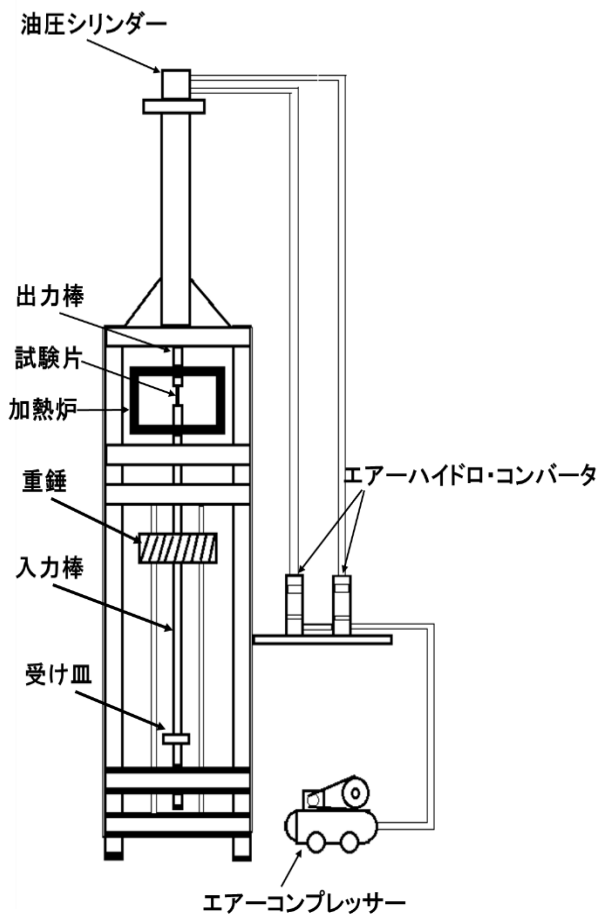


Fig.2 Drop weight type testing machine in combination with the hydraulic system

(4) 油圧システム

Fig. 3 に油圧システムの概要を示す．落錘型試験機上部に油圧シリンダー(TAIYO, 100S-1, 内径 80mm, ストローク 20mm)を設置し、出力棒と連結されることにより出力棒を上下に動かすことで試験片を引っ張る仕組みになっている．油圧シリンダーは圧縮空気をエア

コンプレッサに溜め、溜めた圧縮空気をエアーフィルタ、切換弁を通しエアーハイドロコンバータ(日本タック, TB80)に送り、空気圧と油圧の制御を行いフローコントロール・バルブで油圧シリンダーへのオイルの押し出し量を変えることで速度制御をした．

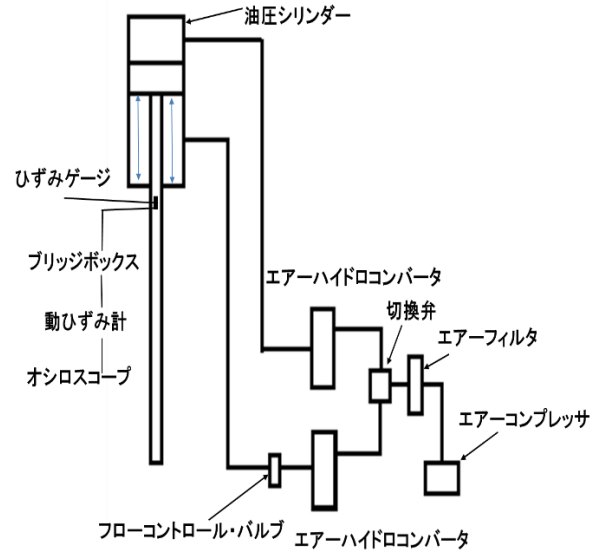


Fig.3 Schematic diagram of hydraulic system

(5) データ整理

試験片の変形応力は、出力棒に接着された 2 枚の半導体ひずみゲージによって検知され、ブリッジ回路、動ひずみ計を経て、オシロスコープに記録される．得られた波形から公称ひずみ ϵ_s 、公称応力 σ_s を求めるには次式を用いた．

$$\epsilon_s = \frac{V_0}{l_0} \quad (1)$$

$$\epsilon_s = \int_0^t \dot{\epsilon}_s(t) dt \quad (2)$$

$$\sigma_s = \frac{A_0}{A_s} E \cdot \epsilon_s \quad (3)$$

ここで、 $\dot{\epsilon}_s$ はひずみ速度、 V_0 は引張速度、 l_0 は試験片の標点間距離、 t は変形時間、 A_0 は棒断面積、 A_s は試験片断面積、 E は出力棒の縦弾性係数($E=200\text{GPa}$)である．

3. 実験結果及び考察

$T=297\text{K}$ においてひずみ速度域 $\dot{\epsilon} = 10^{-3} \sim 10^2/s$ で行った試験の応力-ひずみ線図を Fig. 4 に示す．

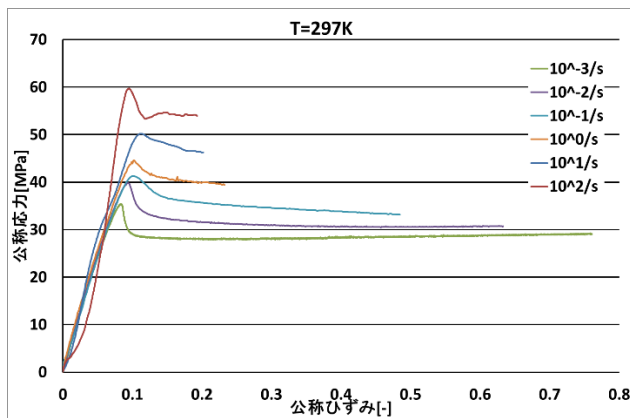


Fig.4 Stress-Strain diagram in strain rate range from 10^{-3} to $10^2/s$ at $T=297K$

ひずみ速度が大きくなるにつれて応力-ひずみ線図の位置及び降伏点における応力が高くなっている. しかし, 逆に伸びは減少している. 変形応力並びに破断までの伸びのひずみ速度依存性は明らかに示されている. このような現象は樹脂材料の粘弾性的な特性に由来しており, 本実験の ABS 樹脂についても同様の解釈が出来ると考えられる.

Fig. 5, にひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 10^{-2}/s$, Fig. 6, にひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 10^0/s$, Fig7 にひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 10^2/s$ で行われた各試験温度 $T=297, 323, 333, 343, 353K$ における応力-ひずみ線図を示す. 温度の上昇に伴い破断までの伸びは増加しているが変形応力は減少している.

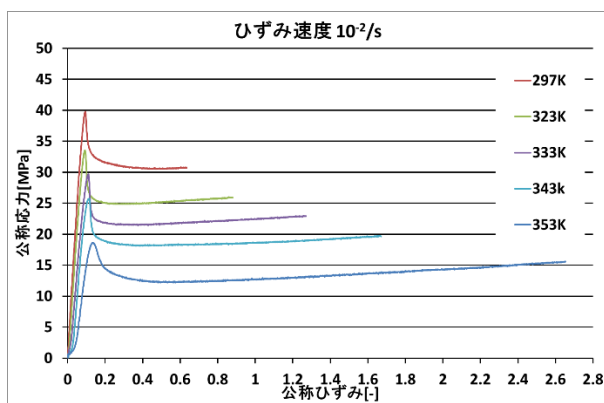


Fig.5 Stress-Strain diagram at $T=297, 323, 333, 343$ and $353K$ at $\dot{\epsilon} = 10^{-2}/s$

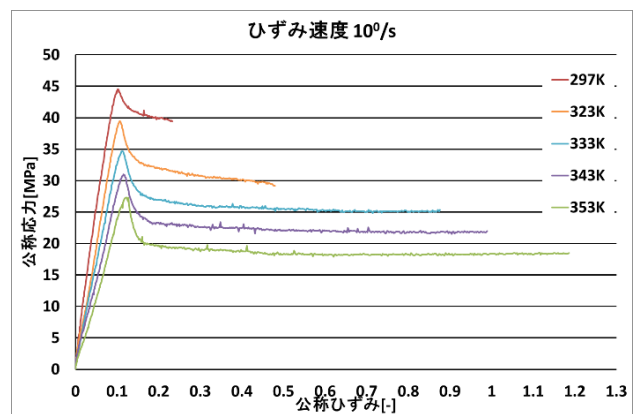


Fig.6 Stress-Strain diagram at $T=297, 323, 333, 343$ and $353K$ at $\dot{\epsilon} = 10^0/s$

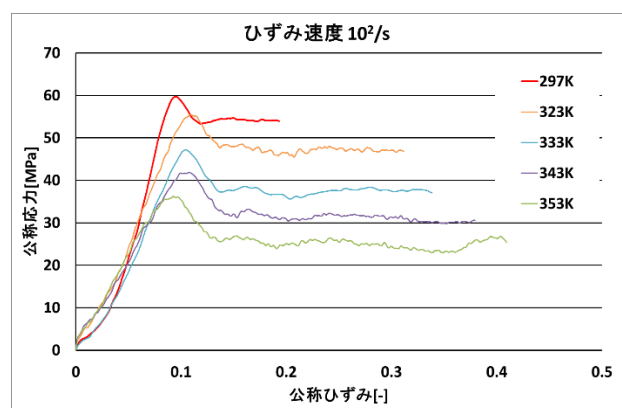


Fig.7 Stress-Strain diagram at $T=297, 323, 333, 343$ and $353K$ at $\dot{\epsilon} = 10^2/s$

Fig. 8 は本研究で行ったひずみ速度域における降伏点において変形応力のひずみ速度依存性を示した図である. 速度が上がるにつれて応力が上がっていることから変形応力のひずみ速度依存性が見て取れる.

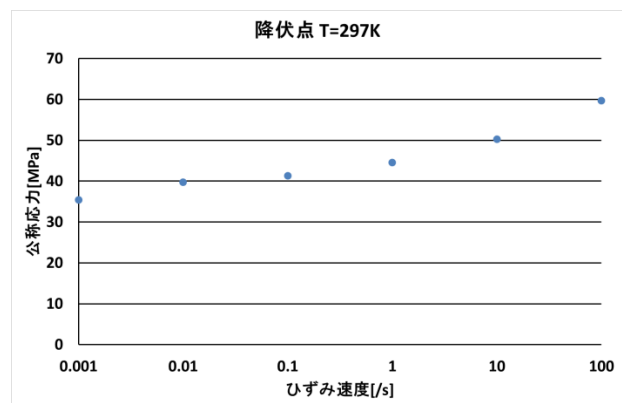


Fig.8 Relation between yielding stress and strain rates from 10^{-3} to $10^2/s$ at $T=297K$

ABS の延性域における変形応力が温度ならびにひずみ速度に依存しているのであれば, 変形応力のひずみ速度依存性は熱活性化過程すなわち単純な Arrhenius の式

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}_0 \exp\left(-\frac{E_0 - \sigma V}{kT}\right) \quad (4)$$

で表すことが出来ると考えられる. ここで, $\dot{\epsilon}$ はひずみ速度, $\dot{\epsilon}_0$ はひずみ速度の次元を持つ定数, E_0 は活性化エネルギー, V は活性化体積, k はボルツマン定数, T は絶対温度である. 活性化体積 V は式(5)と Fig. 9 より

$$V = kT \frac{\partial \log \dot{\epsilon}}{\partial \sigma} = kT \frac{\Delta \log \dot{\epsilon}}{\Delta \sigma} \quad (5)$$

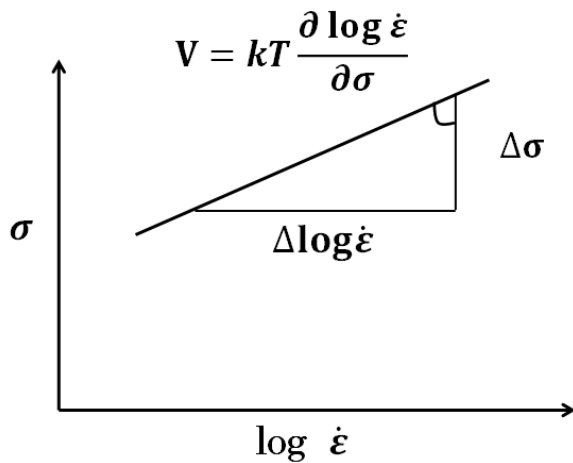


Fig.9 Activation volume obtained from the relation between σ and $\log \dot{\epsilon}$

と表され, 活性化エネルギー E_0 は式(4)と Fig. 10 の関係から式(6)のごとく求めることが出来る.

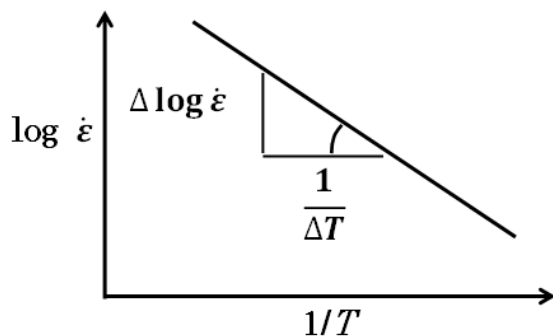


Fig.10 Relation between $\log \dot{\epsilon}$ and $1/T$

$$E_0 = k\Delta T \Delta \log \dot{\epsilon} + \sigma V \quad (6)$$

ここで, $\dot{\epsilon}_0$ は実測値との間に良い一致が得られるように $\dot{\epsilon}_0 = 3.92 \times 10^{44}/\text{sec}$ と仮定した.

活性化体積 V と活性化エネルギー E_0 は式(5), (6) と実験値からそれぞれ $V=2349 \text{ \AA}^3$, $E_0=5.601 \times 10^{-19} \text{ J}$ とした. 式(4)を用いて求めた各温度における応力とひずみ速度の計算値を降伏点における実測値と共に Fig. 11 に示す. 両者にはほぼ良好な一致が見られる. 実測値から求めた活性化エネルギー E_0 の値は, 通常, 高分子材料において分子鎖セグメントが van der Waals forces に抗して動くときに見られる $E_0^{[3]}$ に近い値である. このことは, ABS に見られる広いひずみ速度域における変形応力のひずみ速度依存性はクレーズ中の分子束が熱運動の助けを借りて, マトリクス中の絡み合った分子鎖を引き出す際の熱活性化過程によって支配されていると考えることができる.

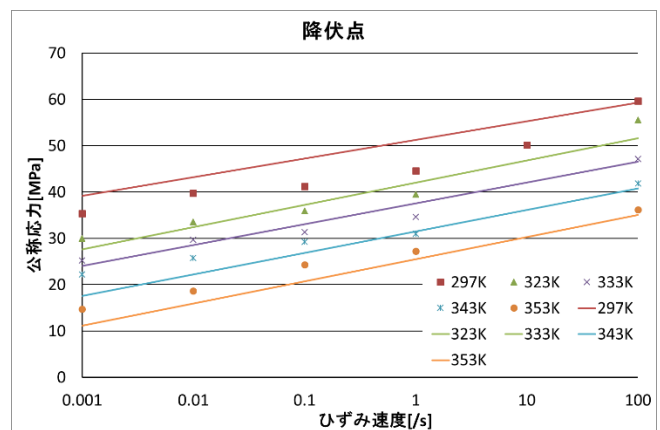


Fig.11 Comparison of the experimental results with calculated results for yielding stress

4. 謝辞

本研究に際して様々なご指導を頂きました崎野清憲教授に深く感謝致します. また多くのご指摘と共に実験を行なってくださった, 崎野研究室の後輩, 機械工学専攻の同期の皆様にも深く感謝致します.

参考文献

- [1] 崎野清憲: SS400 の高ひずみ速度域における変形応力のひずみ速度依存性, M&M 材料力学カンファレンス講演論文集 日本機械学会 (2006) 425-426.
- [2] C.R.バレット, W.D.ニックス, A.S.テテルマン, 井形直弘 (1979) 「材料科学: 材料の微視的構造」 (堂山昌夫ほか訳) 培風館.
- [3] Truss, R.W. and Chadwick, G.A., "Tensile deformation behavior of ABS polymers", J.Mater. Sci., 11, 1976, 111.