

235 プラスチックの圧縮強さに及ぼす端面摩擦の影響

大阪工業技術試験所 ○近藤春樹 田中利光 永井 功 松川真美

1 はじめに

現在、ISO/TC61 (プラスチック) /SC2 (力学的特性) では、各種規格の大幅な改正作業が行われており、その一つに圧縮試験方法 (ISO/DP604-1990) がある。この規格の改正で問題となった点として、推奨試験片形状、弾性率の定義、圧縮ひずみの定義、試験片端面状況が圧縮特性に及ぼす影響などがあった。精密な測定を行うためには、試験片端面状況が圧縮特性に及ぼす効果について検討することを薦めている。具体的には、潤滑剤あるいは細かい研磨紙を端面に挿入した測定を行うこととしている。審議の過程で、この目的で使用される研磨紙の粒度が問題になった。これらのことに関し、公表されたデータが見当たらないので、各種プラスチックを対象にし、潤滑作用のあるものとして利用されるテフロン・フィルム (PTFE)、二硫化モリブデン (MoS_2) と、研磨紙としては、#800~#60までの各種番手のものを利用し、端面状況が主として圧縮強さに及ぼす影響について、まずは実験事実を掌握することとした。

2 実験方法

供試材としては、主として市販のもので、メラミン、PMMA (3種)、PVC (4種)、POM、PC、GP-PS、PA、HD-PEなどを使用した。試験片形状としては、試験片厚さ10mm程度の厚板に対しては、 $10 \times 10 \times 20$ 、 $10 \times 10 \times 15$ 、試験片厚さ4mmに対しては、 $4 \times 10 \times 10$ 、試験片厚さ3mmに対しては、 $3 \times 5 \times 6$ の形状のものを用いた。圧縮試験ジグとしては、圧縮力を伝達する目的の直径30mmの円柱が上下する門構え状のものを使用した。そして、試験片端面の状況を変化させるために、直径30mm、厚さ10mmの円板を上下両端面用として数組用意し、端面の状況を目的に応じて変化させた。テフロン・フィルムとしては、市販のシール用材 (公称摩擦係数0.04、 $0.1\text{mm} \times 13\text{mm} \times 5\text{m}$)、二硫化モリブデンとしては、潤滑皮膜形成用スプレー (公称摩擦係数0.06以下) を用い、 10μ 程度と予想される二硫化モリブデン皮膜を金属円板面に形成させた。試験機としては、インストロン1125型を用い、圧縮ひずみとしては、試験片の標線間ではなく端面間とした。そして、試験機の記録紙上のいわゆるみかけの変位を変位とした。また、試験片は変形が進行するにつれて太鼓状になり、ひずみの定義にも関係してくると考えられたが、ここでは、端面間のみかけの量で求めたものを変形率と称することにした。なお、実験の繰り返し数は、4~5回とした。

実験は、試験片を $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 $50 \pm 5\% \text{RH}$ のもとで状態調節を行ったのち、 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ の室内で実施した。

3 実験結果

実験結果のうち特徴的なものから順に述べる。

3.1 メラミン樹脂

今回対象とした樹脂の中では最ももろい材料であり、最高荷重に達すると直ちに破壊した。また、この樹脂は破壊時に破壊音を発し、粉々になった。この樹脂の圧縮応力-変形率曲線を図1に示す。

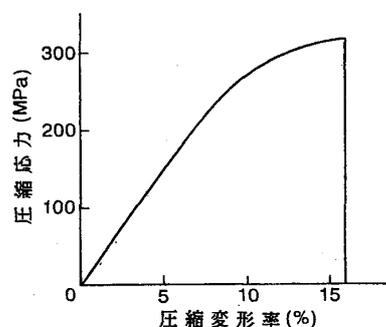


図1 メラミン樹脂の圧縮応力-変形率曲線

メラミン樹脂の圧縮破壊強さに及ぼす試験片端面状況の影響について図2に示す。縦軸は、端面に何も施さない場合を基準とし、変化量で示した。この場合、PTFEを使用すると1.2%増加し、研磨紙を使用すると粗さが増すにしたがって破壊強さが低下していることがわかる。研磨紙#60では、低下量は、5.5%に達した。

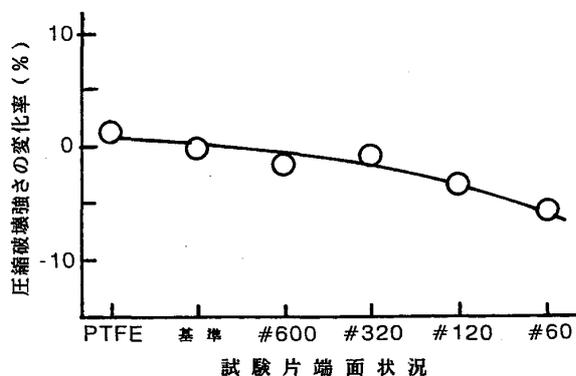


図2 メラミン樹脂の圧縮破壊強さに及ぼす試験片端面状況の影響

3.2 PVC

3.2.1 1種3号 (厚板) の場合

圧縮応力-変形率曲線の形は、1種1号の場合とほぼ同様で

あるので省略する。圧縮降伏強さに及ぼす端面状況の影響を図3に示す。研摩紙#600の実験結果は低く、データのばらつきは認められるが、研摩紙の粒度が粗になるにつれて、降伏強さが低下することが認められる。なお、この場合には、通常は試験片中央部で発生していた降伏開始箇所が端面に移る場合がある。#60の場合には、明かに一方の端面から降伏が進行している。したがって、ひずみの計測を端面間ではなく標線間で行うときは、ひずみでの差異は、応力での差異よりも大きくなるものと判断される。

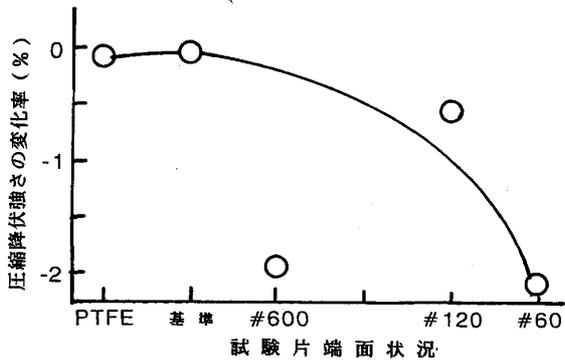


図3 PVC (1種3号, 厚板)の圧縮降伏強さに及ぼす試験片端面状況の影響

3.2.2 1種1号(厚板)の場合

基準状態における圧縮応力-変形率曲線の一例を図4に示す。

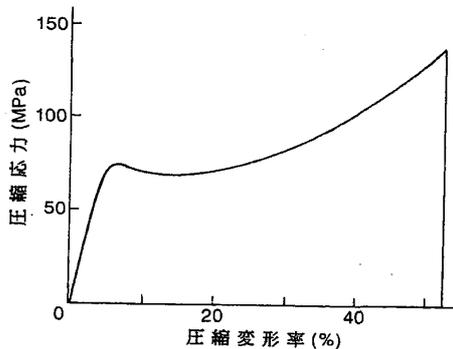


図4 PVC (1種1号, 厚板)の圧縮応力-変形率曲線

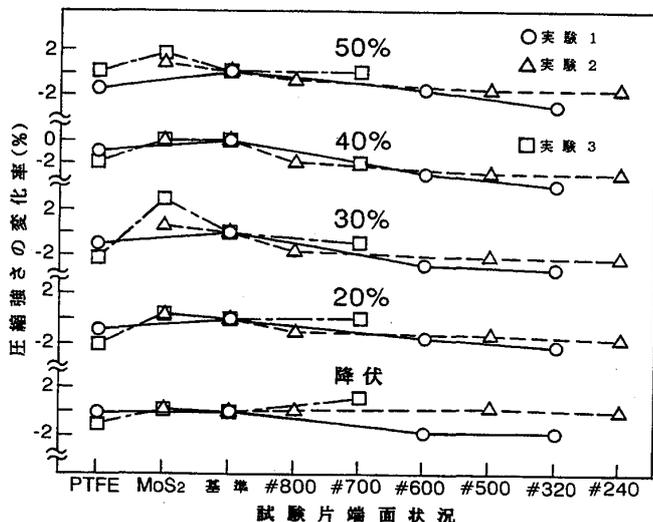


図5 PVC (1種1号, 厚板)の圧縮強さに及ぼす試験片端面状況の影響

試験片としては、10×10×15を使用し、変形率50%程度の圧縮を行った。実験結果を図5に示す。図には3回(○, △, □)の結果を示し、実験順序は日付順を示す。

図5によると、降伏点に関しては、実験によるばらつきが大きい。PTFEでは少し下がり、MoS₂では変化がなく、#800~#240では少し下がる傾向があると判断される。しかし、いずれにしても、量的には、1%程度と考えられる。圧縮変形率40%における値は、各実験値が比較的良好にそろっている。これによると、変形率が大きくなると、MoS₂には変化がなくPTFEはやや下がり、#800~#240では2%程度低い値を示している。

3.2.3 薄板による場合

試験片として、4×10×10(1種1号), 3×5×6(1種3号)を用いて降伏強さを測定した結果を次に示す。

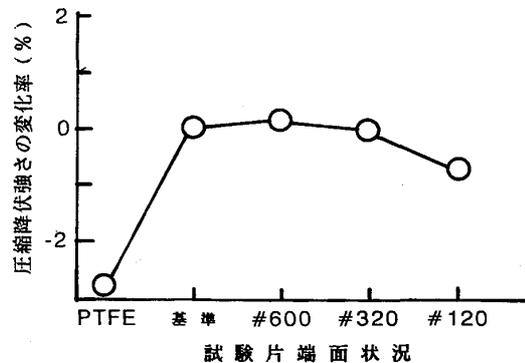


図6 PVC (1種3号, 厚さ3mm)の圧縮降伏強さに及ぼす試験片端面状況の影響

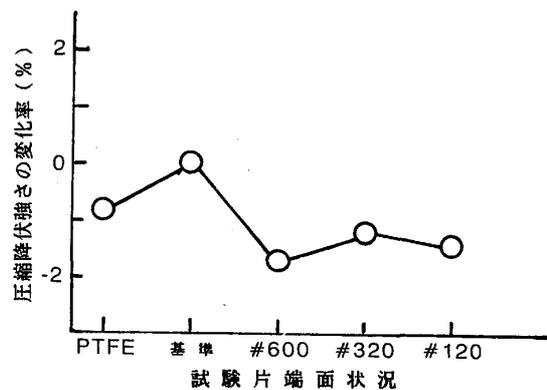


図7 PVC (1種1号, 厚さ4mm)の圧縮降伏強さに及ぼす試験片端面状況の影響

図6の場合は、PTFEは大きく低下したが、#600~#120での低下は少ない。一方、図7の場合には、PTFE及び#600~#120での影響は、厚板の場合に比べて大きかった(~1.5%程度)。

3.3 PMMA (一般, 厚板)

プラスチックの中で比較的もろいとされる厚板のPMMAについて、試験片10×10×15を用いて実験を行った。この場合の圧縮応力-変形率曲線を図8に、実験結果を図9に示す。

この図によると、降伏強さについては、MoS₂では、1.6%程度大きくなったが、PTFE、#800~#240では、全く値は変わらなかった。変形率が大きくなるにつれて、MoS₂での値が若

干大しくなるころがあった。実験としては、第2回目の方が信頼がおけるので、このことに注目すると、変形率50%においても、全体の変形率は1.5%以内にとどまった。

PMMAの中で、いくらかもろいものということで、プラスチックレンズ材について、試験片5×5×10のものを用いた結果、PTFE、#600、#320など降伏強さについては、すべて1%以内で差は認められなかった。変形率30~50%では、基準値に対し、すべて3~4%低下する結果を示した。

PMMAの薄板で、4×4×10の試験片を用いて、降伏強さについて調べた結果、PTFE、基準、#600、#320、#120で差異のない結果が得られた。

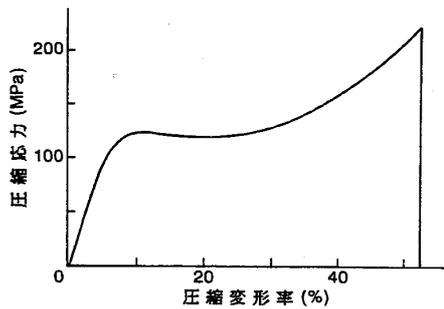


図8 PMMA (厚板)の圧縮応力-変形率曲線

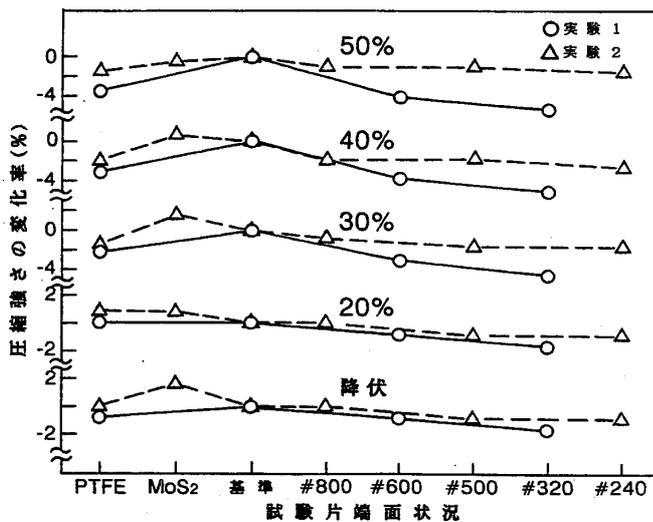


図9 PMMA (厚板)の圧縮強さに及ぼす試験片端面状況の影響

3.4 HD-PE

明瞭な降伏強さを示さない材料と低強度材の例として示す。圧縮応力-変形率曲線を図10に示す。また、端面状況が各種変形率における圧縮強さに及ぼす影響について図11に示す。

図11によると、変形率が10~20%における降伏強さでは、MoS₂で1~1.5%程度の上昇があり、PTFEで2~3%の低下が認められた。研磨紙では番手によらず比較的影響が少ない場合(実験2)と、1.5~2%程度低下する場合(実験1)があった。変形率が大きくなるにつれてMoS₂の効果は少なくなり、PTFEの効果は大きくなる。研磨紙は番手にかかわらず、減少傾向が大きくなる。この量としては、変形率30%以上で3~4%に達した。

3.5 その他

PC, PA, POM, GP-PSなどの結果については省略する。

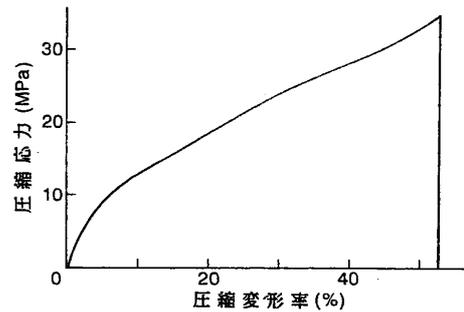


図10 HD-PE (厚板)の圧縮応力-変形率曲線

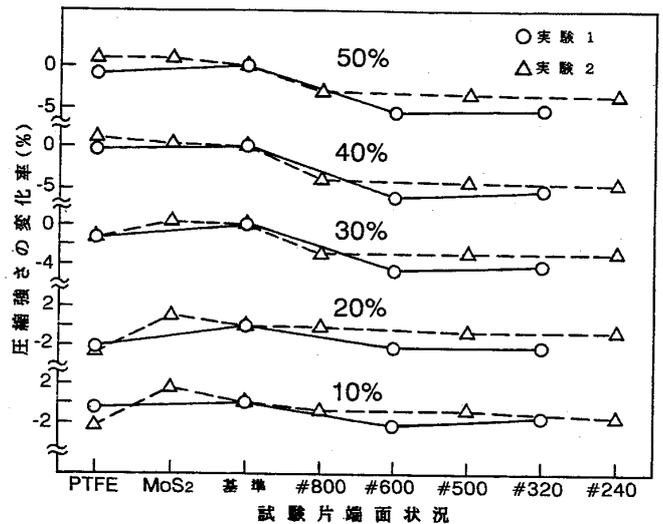


図11 HD-PE (厚板)の圧縮強さに及ぼす試験片端面状況の影響

4 まとめ

各種プラスチックに対し、試験片の端面状況が圧縮強さに及ぼす影響について実験的検討を行った。これらの結果を要約すると、次のようになる。

- (1) 端面状況は、メラミン樹脂、PVC (1種3号) など高強度材で若干の影響を及ぼした。これらの樹脂では、破壊あるいは降伏が状況によっては端面から発した。しかし、量的には、強さの低下率は、せいぜい5%までであった。
- (2) PMMA, PVC (1種1号), PC, POM, PAなど、中強度材においては、圧縮強さに及ぼす端面状況の影響は非常に少なかった。
- (3) HD-PEのように低強度材においては、圧縮強さに及ぼす端面状況の影響が認められた。この影響の程度は、変形が大きくなるにつれて3~4%に達した。
- (4) PTFEの減摩効果としては、メラミン樹脂の破壊強さと、HD-PEの変化率の大きいところで認められたが、中強度材料の多くでは、むしろ強度低下材料としての効果を発揮した。これに対し、二硫化モリブデンは、PMMA, HD-PEなどにおいて、減摩効果を発揮した。
- (5) 研磨紙は、その効果は比較的番手に関係がなく、傾向としては強度を低下させる作用を示した。