

# プラスチック成形品の性能評価技術 (第 1 報)

## — 硬さと引張試験 —

篠塚 正樹\* 望月 政夫\*  
井沢 徹\*

### 1. 緒 言

プラスチック成形品の機械的性能は、測定時の時間、温度、およびその熱履歴によって変化することは、金属など他の構造材料に比べて顕著な差があることが知られている。従ってプラスチック製品を設計する場合や他の材料をプラスチックに置き換えるときは、そのカタログデータをもってその性能とする事には大きな危険が伴う。今回はプラスチックの試験法を修得することを目的に市販のプラスチック板を試料にして硬さ測定と引張試験を行った。更に引張試験については時間の影響を見るために引張速度の変化と測定値の関係、有限要素法を用いた試料形状の解析、更に鋼材で採用されているように硬さをもって弾性強度を推測できるかという点について考察した。

### 2. 実験方法

引張試験片、硬さ試験片は、表 1 に示す 4 種類<sup>1)</sup>の市販材料を用いた。引張試験は、引張試験機 (UTM - 500, (株)東洋トルドウィン) を用い、ヘッド速度 5, 50, 100, 500mm/min の各速度で試験を行った。硬さ試験は、ロックウェル硬さ試験機 (ARKF - 1000, (株)アカシ) を用い本硬さスケール M で測定した。

表 1 使用材料

記号	樹脂名	名称	グレード
POM	ポリアセタル	ポリベンゾアセタル	MC901 MC601ST
PA1	ポリアミド	ナイロン樹脂 MC	
PA2	"	"	
AC	アクリル	アクリライト	

試料数については、引張試験、硬さ試験とも一つの樹脂にたいして 5 個とした。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 引張試験

引張試験の結果を表 2、  
図 1 ~ 図 3 に示す。

表 2 引張速度と各特性値

樹脂	特性 (注)	単位	各引張速度における測定値				
			5mm	50mm	100mm	500mm	平均
POM	$\sigma$	kg/mm <sup>2</sup>	7.84	8.34	8.33	8.70	8.30
	$\epsilon f$	%	10.9	10.4	12.5	13.2	11.8
	$\epsilon b$	%	15.0	12.2	15.5	13.5	14.1
	E	kg/mm <sup>2</sup>	283	244	279	195	250
PA1	$\sigma$	kg/mm <sup>2</sup>	8.62	8.84	8.71	9.12	8.82
	$\epsilon f$	%	19.4	17.0	17.0	16.6	17.5
	$\epsilon b$	%	28.5	25.1	24.6	23.7	25.5
	E	kg/mm <sup>2</sup>	267	234	268	201	243
PA2	$\sigma$	kg/mm <sup>2</sup>	7.99	8.58	8.53	8.66	8.44
	$\epsilon f$	%	8.0	8.1	7.5	7.8	7.9
	$\epsilon b$	%	8.0	8.1	7.5	7.8	7.9
	E	kg/mm <sup>2</sup>	320	264	336	201	280
AC	$\sigma$	kg/mm <sup>2</sup>	3.58	4.34		4.40	4.11
	$\epsilon f$	%	2.8	3.0		3.3	3.0
	$\epsilon b$	%	2.8	3.0		3.3	3.0
	E	kg/mm <sup>2</sup>	158	170		156	161

注)  $\sigma$ : 引張強さ  $\epsilon f$ : 最大荷重伸び  $\epsilon b$ : 破断伸び E: 縦弾性率

\* 繊維工業指導所編織部

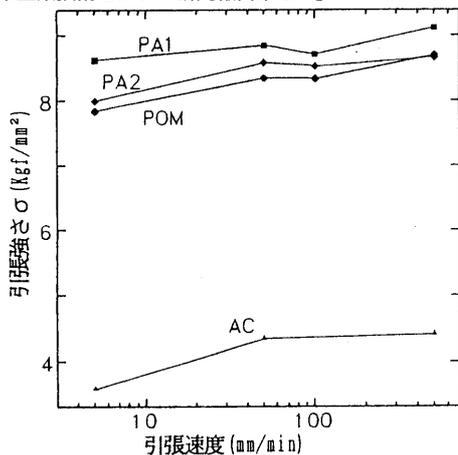


図 1 引張速度と引張強さの関係

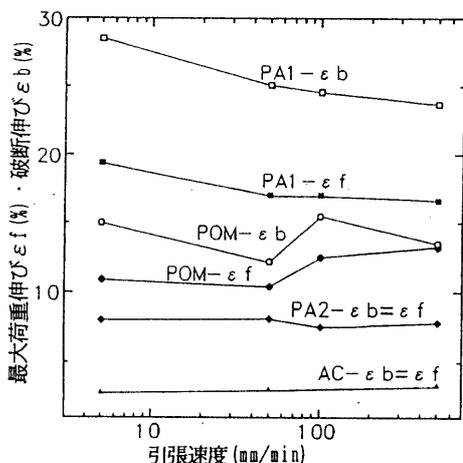


図 2 引張速度と伸びの関係

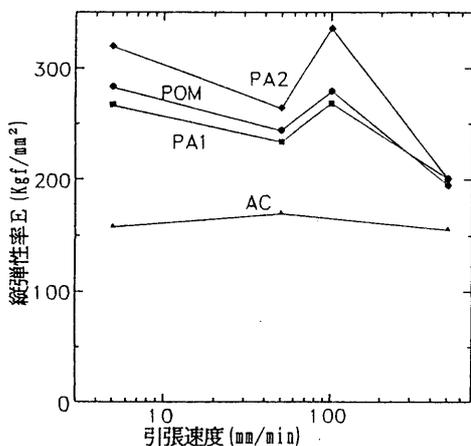


図 3 引張速度と縦弾性率の関係

引張速度と引張強さの関係 (図 1) を見ると、引張速度が 50mm/min と 100mm/min の場合では、ほとんど強さに差は見られないが、10 倍、100 倍の速度差がある場合には、明らかに速度依存性が見られた。すなわち引張速度を増加させることにより、強さはゆるやかに増加した。一方、伸びについては、各試験片の最大応力時の伸びと破断時の伸びを図 2 に示したが、両者は同様の傾向を示した。PA2, AC については、最大荷重伸びと破断伸びは一致した。また、引張速度を増加させることにより、縦弾性率についても変化が見られた。各試験片とも 500mm/min の引張速度のときに最小値を示した (図 3)。荷重 伸び線図を観察すると低速引張の場合は、曲線が早くから湾曲して荷重-伸びの比例関係がくずれるのに対し、高速引張の場合には、比較的高荷重まで比例関係を保つ傾向が見られた。このことは、プラスチックの持つ粘弾性的性質によるものと思われる。

### 3.2 硬さ試験

硬さ試験の結果と引張試験で得られた各特性値を図 4 に示す。縦弾性率 E と硬さ値 HRM は、似た傾向を示した。すなわち縦弾性率が大きい材料は硬さ値も大きく、逆に縦弾性率が小さいと硬さ値も小さな値を示した。縦弾性率が材料によって大きく異なるのに対して、硬さ値は材料による差が小さかった。試料の種類が少ないので一般化することはできないが、硬さは測定が簡易であり、他の様々な力学的性質と関係が深いと思われるので今後の研究が必要と思われる。

### 3.3 有限要素法による解析

引張試験片 (J I S K 7113 1 号) を有限要素法 (FEM) を使って解析した。平面応力モデルを使用した。入力条件を表 3 に、要素分割図を図 5 に示す。解析結果を図 6, 図 7 に示す。

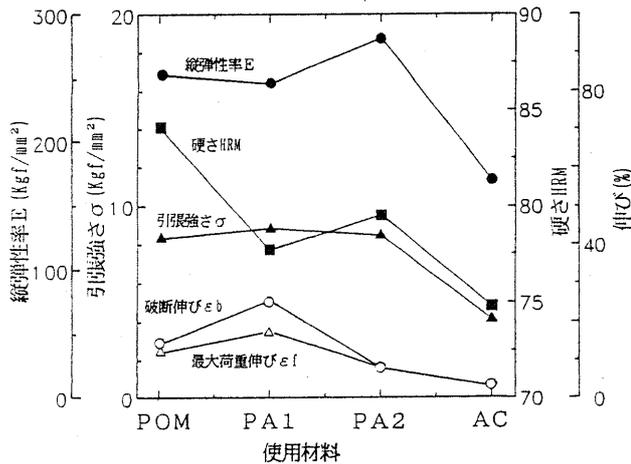


図 4 各材料の特性値

各節点の変位を解析すると標点間距離 (50mm) とつかみ間隔 (115mm) の伸びの比率は約 1:2 であった。また、標点間距離よりも外側 (つかみ側) に主応力最大の点が存在した。

引張試験の荷重 伸び線図から縦弾性率を求め、材料の弾性限界内で FEM を適用したところ、概ね、計算値と実測値に近い値を示した。この場合、簡単な平面応力問題ではあるが、FEM の有効性を確認できた。

表 3 入力データと解析条件

節点数	32
要素数	33
引張荷重	100kgf
縦弾性率	288kgf/mm <sup>2</sup>
ポアソン比	0.35
板厚	5mm

(注) 縦弾性率とポアソン比はカタログデータを用いた。

#### 4. 結言

引張試験では、明らかに速度依存性が見られた。引張速度の増加に伴い強さはゆるやかに増加した。逆に縦弾性率には減少の傾向が見られた。

ロックウェル硬さと縦弾性率は、相関性を示したがデータ数が少ないので今後の研究が必要である。有限要素法は、プラスチックの機械的性質をさぐる上で有益な情報が得られることが分かった。

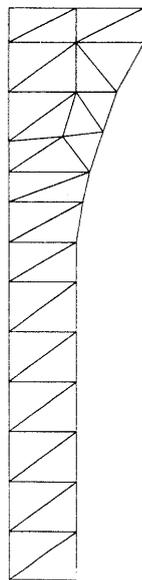


図 5 要素分割図

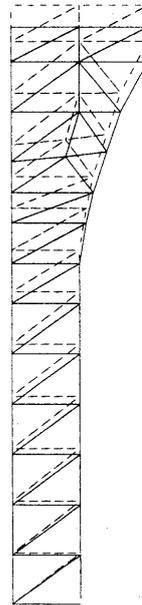


図 6 各節点の変位

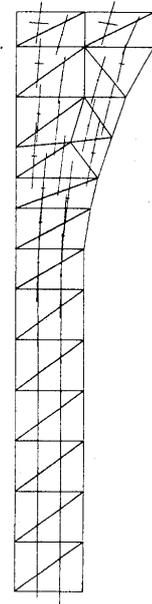


図 7 各要素の主応力

参考文献

- 1) 成沢郁夫, 「プラスチックの強度設計と選び方」, 工業調査会
- 2) 戸川隼人, 「FORTRANによる有限要素法人門」, サイエンス社