

プラスチック成形品の性能評価技術(第2報)

－衝撃試験と引張・曲げ試験－

篠塚 正樹* 中島 秀樹*
井沢 徹* 望月 政夫*

1. 緒 言

エンブラ・複合材などの登場によりプラスチックは金属の代替材料として使われるようになってきた。しかし、プラスチックは金属と異なる性質を持っており、その性質が十分理解されていない。

本研究は、基礎物性試験の充実(設備・技術)を目指すと同時にプラスチック特有の性質の解明、製品設計を行う上で必要なデータの蓄積、各機械的性質の関係、耐久性と破壊のメカニズムを明らかにすることが目的である。

プラスチックは、金属に比べて時間依存性・温度依存性といった性質が著しい。今回は特に時間依存性に注目して、引張試験・曲げ試験・衝撃試験を実施した。引張試験・曲げ試験では変形速度を変えるのと力学的挙動がどう変化するか注目した。変形速度がさらに速い衝撃試験では、計装化された試験機を用い、現象をより詳細に分析・検討した。

表1 樹脂の種類

2. 実験方法

表1に示す8種類の樹脂について実験を行った試験片はすべて市販のプラスチック板を機械加工により作成した。

2.1 引張試験

引張試験は、疲労試験機(EHF-EDn-20L, 島津製作所)により、引張速度 10, 100mm/min の各速度で JIS K7113 に準じて試験を行った。試験片は JIS K7113 1号形を使用した。

樹脂名	略号	備考
アクリロニリル・ブタジエンスチレン樹脂	ABS	(ABS樹脂)
フェノール樹脂	PF	紙基材入フェノール
ポリアミド(1)	PA1	ナイロン樹脂 MC601ST
ポリアミド(2)	PA2	ナイロン樹脂 MC901
ポリエチレン	PE	高密度ポリエチレン
ポリアセタール	POM	ホムコアセタール
メタクリル樹脂	PMMA	(アクリル)・アクリライト L
ポリカーボネート	PC	ユーロソ・シート

2.2 曲げ試験

曲げ試験は、前述の疲労試験機により、曲げ速度 5, 50mm/min の各速度で JIS K7203 に準じて試験を行った。使用した試験片は長さ(L)100mm、幅(B)10mm、高さ(H)5mm のものとした。

2.3 衝撃試験

衝撃試験は、衝撃試験機(PENDULUV6545.000, CEAST)に計装化装置(DATAVIS, CEAST)を付け、JISK7110 に準じてアイゾット衝撃試験を行った。試験片は JIS K7110 2号試験片を用い、切欠き深さは、切欠き深さの影響を見るために 0.0~2.0mm の間で変化させた。

*繊維工業指導所編織部

3. 実験結果

3.1 弓1 張試験

今回の引張試験では、図1のような5本の「応力-ひずみ曲線」に分類することができた。各曲線に該当する樹脂を以下に示すD。

- (1) 硬くて強い(PF)
- (2) 硬くて粘り強い(POV, PA2)
- (3) 軟らかくて粘り強い(PA1, PC, ABS)
- (4) 軟らかくて弱い(PE)
- (5) 硬くてもろい(PVVA)

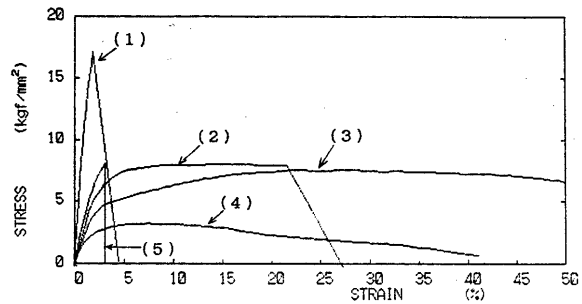


図1 「応力-ひずみ曲線」

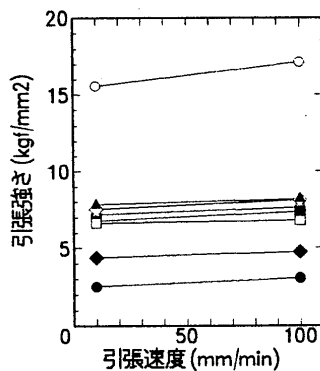


図2 引張速度と引張強さ

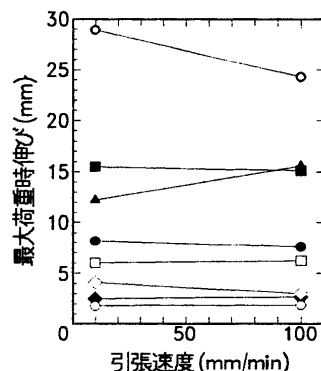


図3 引張速度と最大荷重時伸び

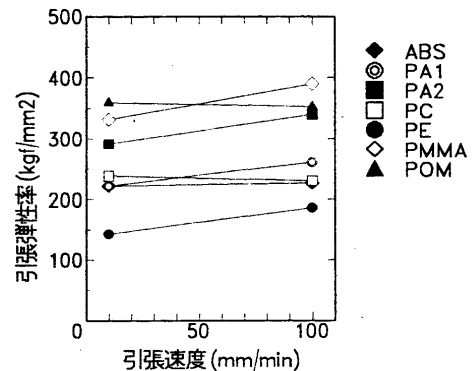


図4 引張速度と引張弾性率

図2「引張速度と引張強さ」より、引張速度の大きい方が引張強さが上っているのは、弾性的性質がそれ以上は伸びなくなり、それ以上の応力は粘性的性質に使われている。粘性は、速度依存性が大きいので引張強さは大きくなる。

一方、図4「引張速度と引張弾性率」より、強何度曲線(S-Sカーブ)の傾き(弾性率)も、引張速度に依存しているといえる。これもプラスチックの粘弾性体の性質による。即ち、弾性的性質には速度依存性はないが、粘性的性質は速度が速いと応力は大きくなる。従って、図4の様な結果を得る。

図3の「引張速度と最大荷重時伸び」から、引張速度が大きくなっても伸びは変わらないものがほとんどだが、PA1のように減少するものはもろいことを示しており、POMのように増大するものは粘り強いことを示している。

3.2 曲げ試験

図5「曲げ速度と曲げ強さ」、図7「曲げ速度と曲げ弾性率」を見てみると、曲げ速度が増加すると曲げ強さ及び弾性率共に多少増加する傾向を示している。これも、引張試験同様、プラスチック

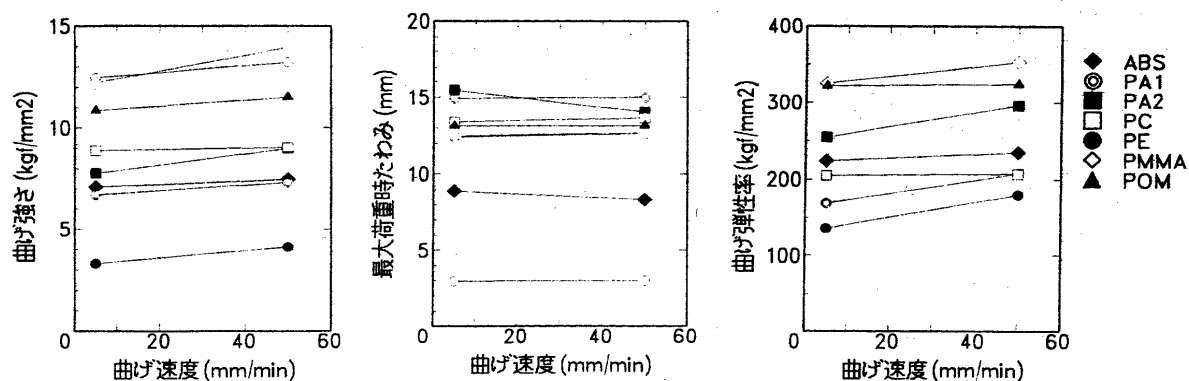


図5 曲げ速度と曲げ強さ 図6 曲げ速度と最大荷重時たわみ 図7 曲げ速度と曲げ弾性率

の粘弾性の性質によるものと考えられる。また,図6「曲げ速度と最大荷重時たわみ」からは,曲げ速度が増加しても,たわみ量はあまり変化しないことが分かるが,PA2のように多少減少している樹脂もあった。

3.3 衝撃試験3)

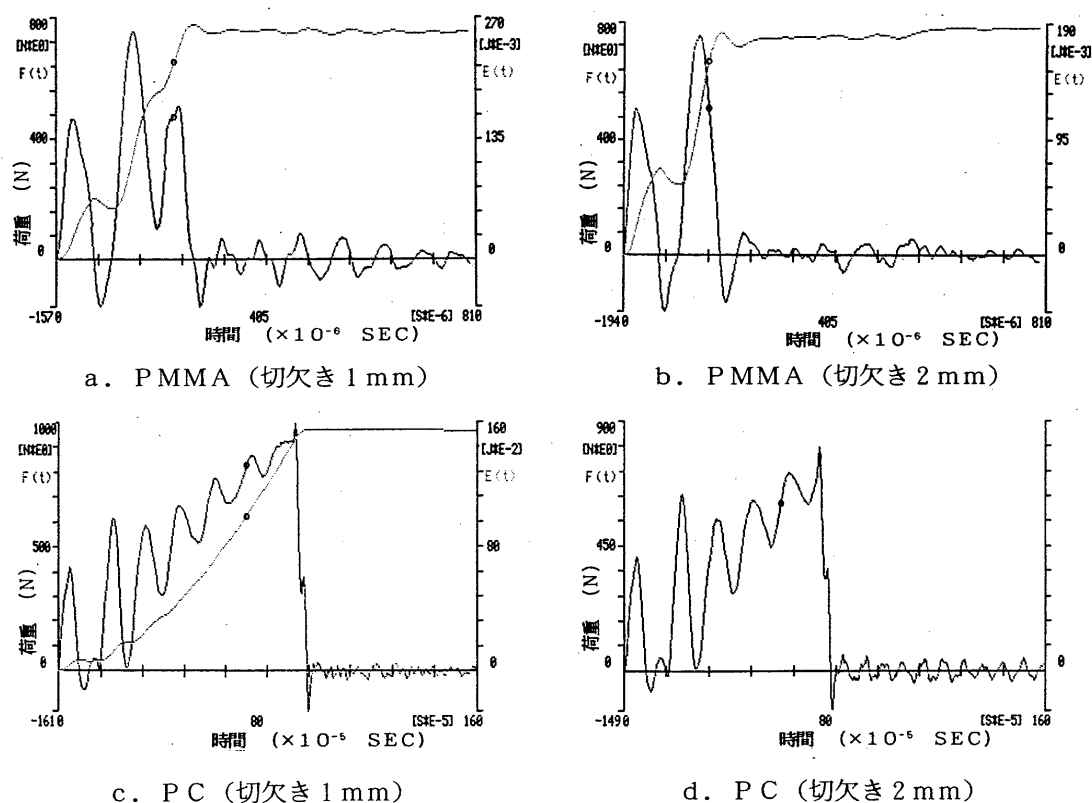


図8 衝撃時間と荷重の推移

図8「衝撃時間と荷重の推移」に、せい性材料であるPMMAと延性材料であるPCを示した。aとcは切欠き深さ1mm、bとdは2mmである。これらの図中の振動的なピークは、ハンマーと試験片との衝突を示していると考えられている。これは、ハンマーが試験片に衝突した瞬間に力がかかり荷重が増加していくが、衝突したことにより試験片がたわしので荷重が減少していき、さらに試験片が元に戻ろうとするので、より強い力で試験片を押すため前より大きな荷重が掛かり、この過程を何回ウ、繰り返した後に、試験片は運動エネルギーをハンマーから受取り、ついには曲げ破壊してしまうからだと考えられる。図より材料による違いを見てみると、せい性材料のPMMAは、あまり粘らず2,3回の衝突で破壊しているのに対して、延性材料のPCは、粘り強く6,7回の衝突のあと破壊している。このことにより、PCの方がPMMAよりもハンマーから多くのエネルギーを吸収して破壊したことが分かる。次に切欠き深さの影響を見てみると、切欠き深さが大きくなると衝突の回数が少なくて破壊できるようになっているのが分かる。

図g「切欠き深さと破断エネルギー」を見ると、PMMAは、少しでも切欠きが入ってしまうと耐衝撃性が大きく低下しており、PCの場合は切欠き深さ1mmを境に、破断エネルギーが急激に低下している。どちらの樹脂も切欠き深さが大きくなると、試験片に吸収されるエネルギーはだんだん減少する。これは、曲げモーメントは断面係数に比例するため切欠き深さが大きくなると切欠きを入れた部分の断面積が小さくなるので、曲げモーメントは小さくなる。よって破断エネルギーが小さくなると考えられる⁴⁾。また、このことより図8の切欠き深さの違いによるハンマーとの衝突回数が増えることも理解できる。

3.4 弓 | 張、曲げと衝撃値の関係

図10「引張弾性率と曲げ弾性率」を見ると、引張弾性率と曲げ弾性率の間には相関があると言える。これにより、一般的な物性評価試験である引張試験を行い引張弾性率を求めることにより、およそその曲げ弾性率を知ることが出来る。

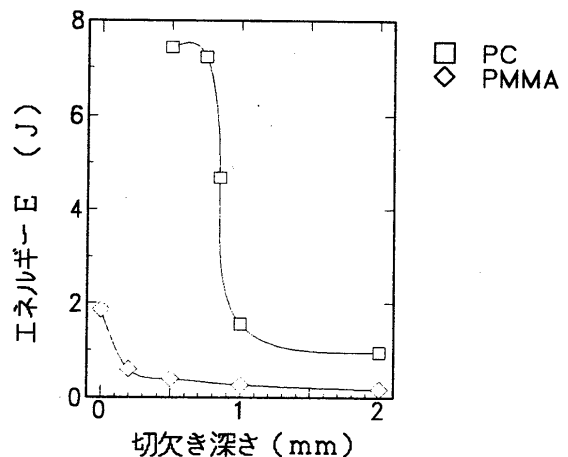


図9 切欠き深さと破断エネルギー

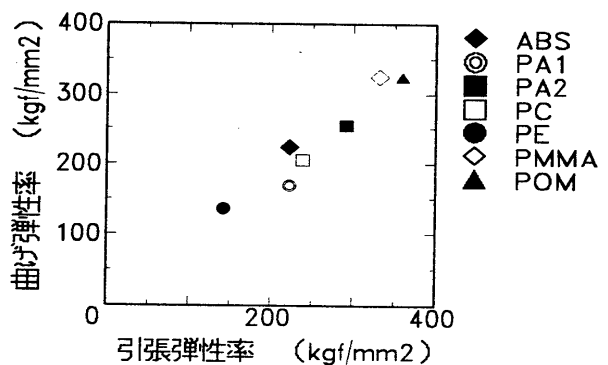


図10 弓 | 張弾性率と曲げ弾性率

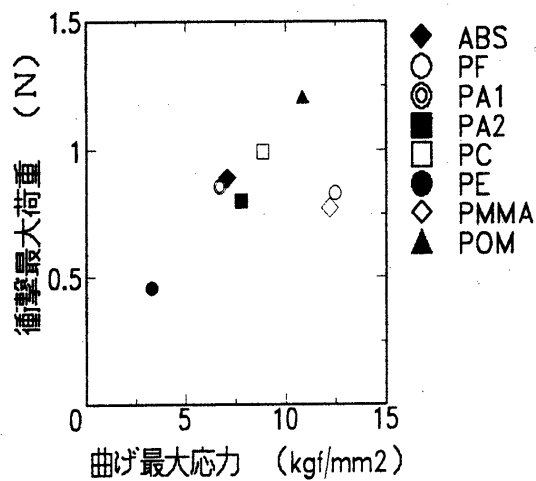


図 11 曲げ最大応力と衝撃最大荷重

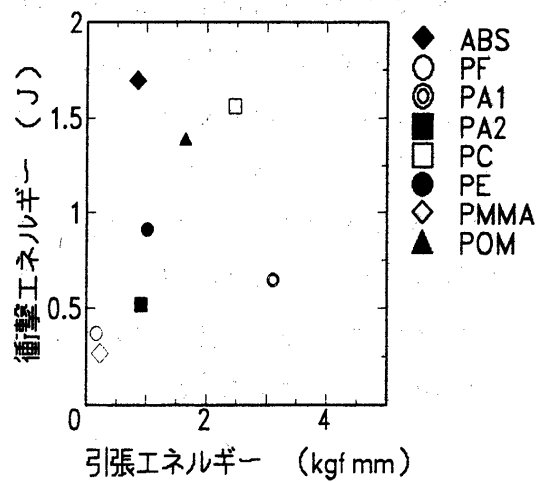


図 12 引張エネルギーと衝撃エネルギー

図 11「曲げ最大応力と衝撃最大荷重」を見ると、延性材料には曲げ応力と衝撃荷重の間に相関があるように思われる。ただし、この関係は、切欠き深さの影響の少ない切欠き 1mm 以下の場合である。図 12「引張エネルギーと衝撃エネルギー」を見ると、せい性材料(PF・PMMA)は引張、衝撃ともにエネルギーをあまり吸収しないで破壊している。また、延性材料の中でも ABS、POM、PC は、引張、衝撃とも破壊しにくいことを示している。

4. 結 言

- (1) 引張試験及び曲げ試験では、変形速度の増加にともない応力も増大することよりプラスチック材料が粘弾性物質の破壊挙動を示すことを理解した。
- (2) 計装化衝撃試験により衝撃破壊は、ハンマーと試料との衝突、試料のたわみ、試料のはねかえり、再衝突を繰り返し破壊していることが分かった。
- (3) 切欠きの大きさにより衝撃値が大幅に変化した。これより試料の形状が重要である事が分かった。計装化衝撃試験にご協力して頂いたパーカーコーポレーション(株)に感謝致します。

参考文献

- | | | |
|--------------------|-------------------------------|---------|
| 1) プラスチック物性入門 | 広恵章利 他 | 日刊工業新聞社 |
| 2) プラスチックの強度設計と選び方 | 成沢郁夫 | 工業調査会 |
| 3) 高分子の力学的性質 | L. E. NIELSEN 著/小野木重治 訳新沢順悦 他 | 化学同人 |
| 4) 材料力学 | 新沢順悦 他 | 産業図書 |