

ザイロン成形品の設計基準

1. はじめに	1
2. 寸法精度	1
2.1 成形収縮率	1
2.2 線膨張係数	3
2.3 寸法変化率	4
3. 成形品の肉厚	5
3.1 流動性と肉厚	5
3.2 成形品の強さと肉厚	7
3.3 製品設計の注意点	10
3.4 規格上の注意	10
4. 抜き勾配	10
5. コーナーR	11
6. ボスの形状	13
6.1 セルフタッピングのボス形状	13
6.2 メタルインサート成形	19
6.3 メタル圧入（プレスフィット）	21
6.4 ボス締結	25
7. リブ	26
7.1 リブの設計基準	26
7.2 リブの補強効果	26
7.3 リブ設計のポイント	27
8. 座	27
9. 通し孔、孔と孔の間隔	28
10. スナップフィット	29
11. アンダーカット	30
12. 応力の負荷分布と構造計算式	32
13. 各種断面形状の断面二次モーメント	35

1. はじめに

プラスチックの成形品を設計するに当たっては、使用環境、使用方法等によって設計の重点ポイントが変わります。たとえば屋内で静置される場合はデザイン面が重視され、自動車の様に屋外でしかもたえず振動の加わる場合は機能面が重視されます。

しかし、いずれの場合もコストを考慮し要求性能を満足させたデザイン、樹脂の選択が行われています。

そこで成形品設計に必要な特性について述べます。

特性について大別すると

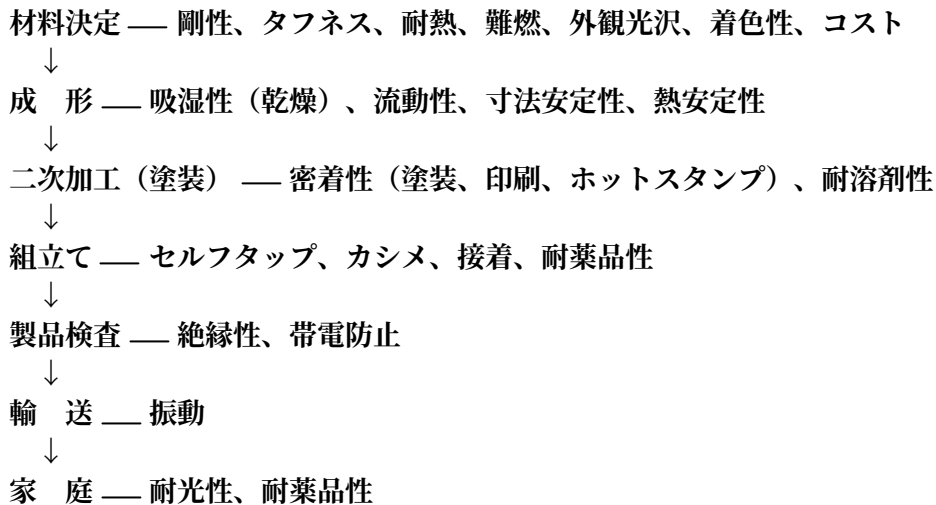
1. 機械的特性 ○剛性 ○疲労 ○摩耗 ○クリープ 等
2. 熱（光）的特性 ○耐候（光）性 ○熱変形 ○難燃 等
3. 化学的特性 ○薬品、油のストレスクラック作用 等
4. 電気的特性 ○絶縁 ○アーク 帯電防止 等があります。

要求性能的に大別すると

1. 耐荷重性
2. 耐熱性
3. 耐衝撃性
4. 成形性
5. 接着性
6. 塗装性
7. 絶縁性
8. 着色性 等があります。

製品設計においては各要因が重複してくるため必要な特性を考慮しながら設計する必要があります。

例としてTVハウジングで見ると、



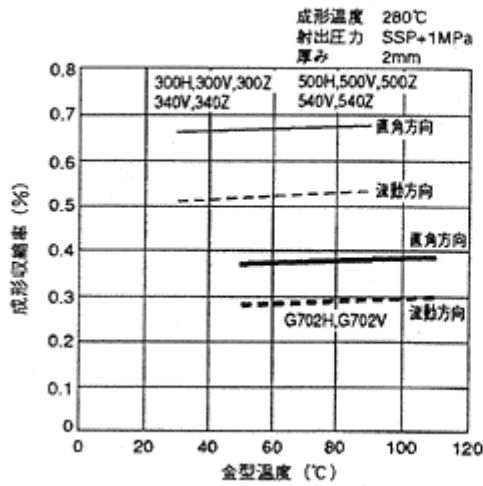
以上の様になり、かなりの特性を満足する必要があります。そこで個々の特性についての設計基準を述べますので成形品設計の参考にさせていただきたいと思います。

2. 寸法精度

2.1 成形収縮率

ザイロンの平板成形品に於ける成形収縮率の成形条件依存性を図-1、2に、肉厚依存性を図-3に示します。

図-1 成形収縮率と金型温度の関係



C・T=260℃ (GFグレード: 280℃)
厚み: 3.0mm

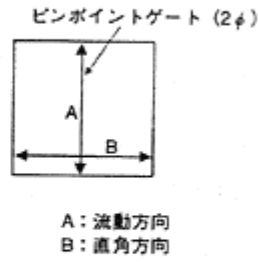


図-2 成形収縮率と成形温度との関係

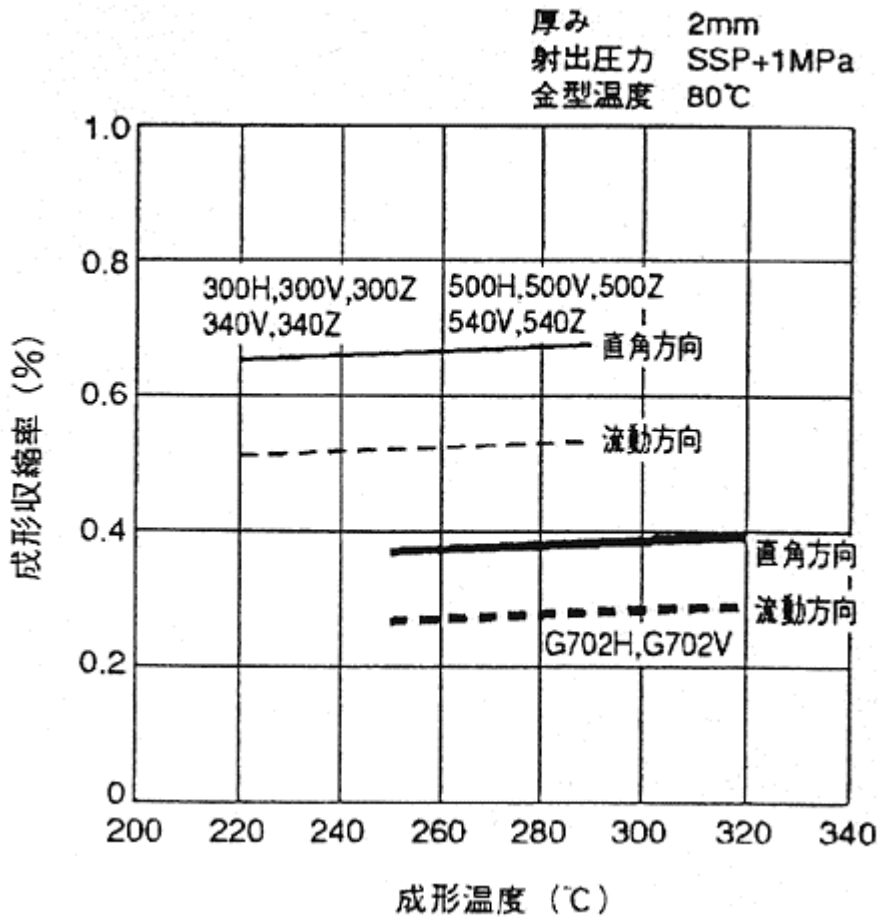
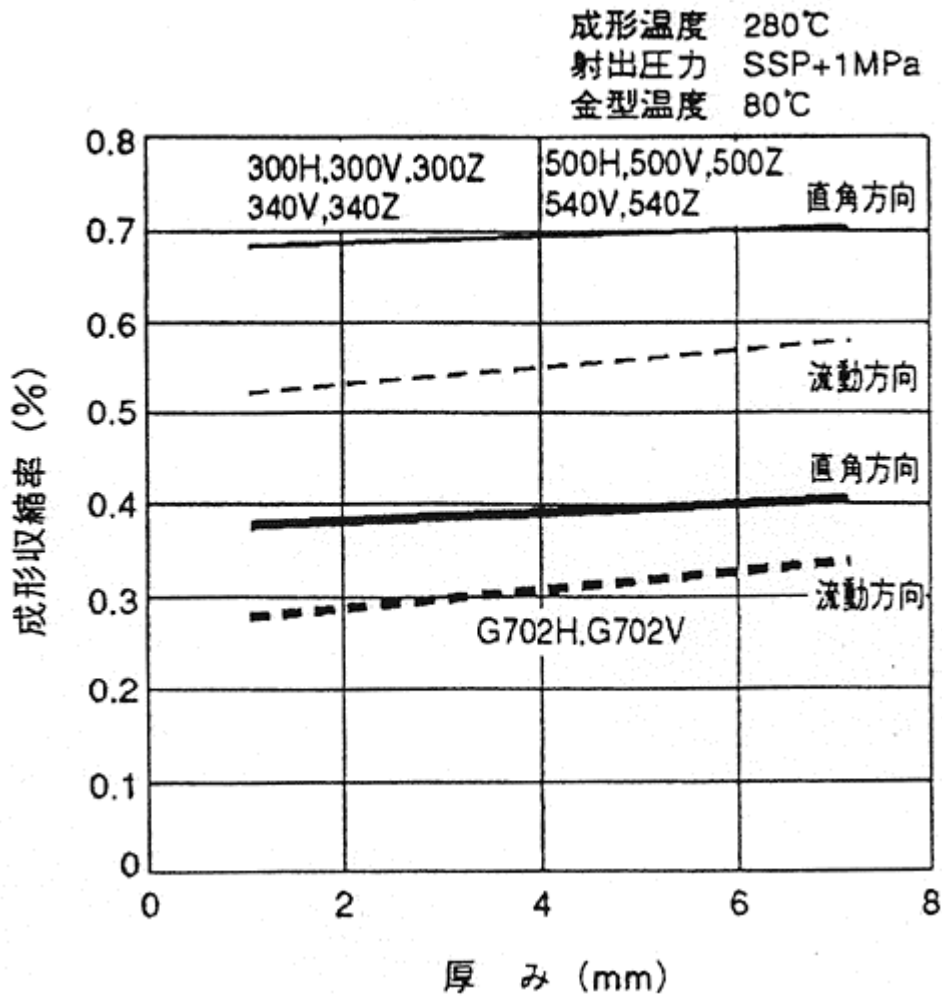


図-3 成形収縮率と厚みの関係



2.2 線膨張係数

成形品は環境温度によって寸法が変化します。その変化は線膨張率、温度差と成形品の大きさにより異なります。

ザイロンは耐熱性、フィラー量、フィラー種により成形収縮率が異なります。各グレードの物性表をご参照下さい。

下記に代表グレードと一般的な金属の線膨張係数を示します。

表-1

($\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)

素 材 (グレード)	線膨張係数
ザイロン 140V(流れ方向、直角方向)	8.0
〃 240V(流れ方向、直角方向) 340V(〃)	7.5
〃 G702H(流れ方向) G702V(〃)	2.0
〃 G702H(直角方向) G702V(〃)	5.0
〃 G703H(流れ方向) G703V(〃)	1.5
〃 G703H(直角方向) G703V(〃)	4.5
アルミニウム	2.4
真 鍮 (Cu 70%/Zn 3%)	1.9
鋼 (C 1%以下)	1.1
ステンレス・スチール (Cr 18%/Ni 8%)	1.7
ガ ラ ス (E 種)	0.5~1.0
炭 素 (石 墨)	0.06~0.4
亜 鉛	2.7
ホワイト・メタル(軸受) (Sn 85%/Sb 10%/Cu 5%)	2.0

(測定温度:ザイロンは -30°C ~ 65°C 、他は 20°C ~ 40°C) (機械工学便覧より引用)

注) ガラス繊維補強グレード以外は流動方向と直角方向との差が殆ど認められません。

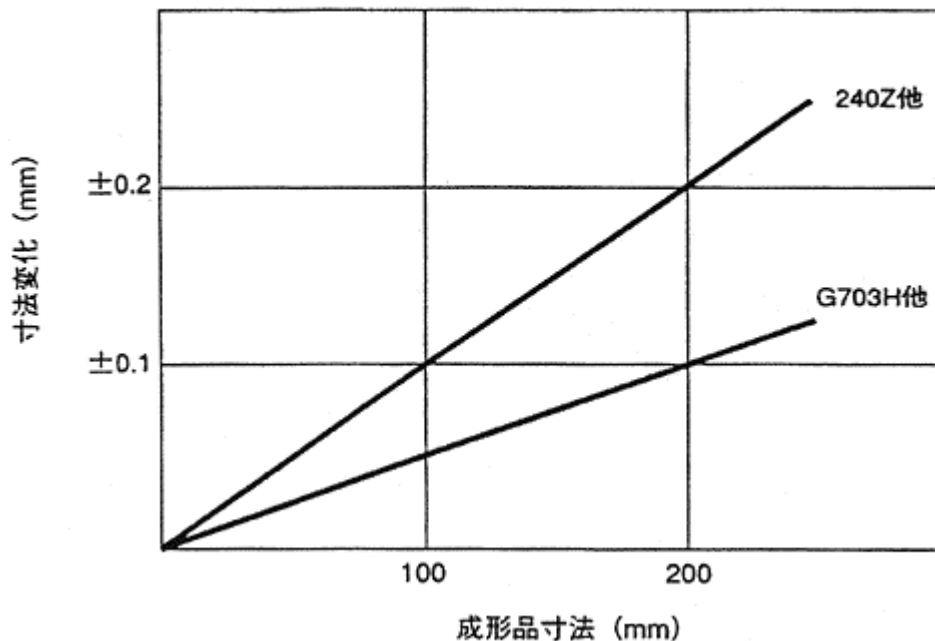
2.3 寸法変化率

ザイロンは寸法精度、寸法安定性の優れた樹脂であります。

下図は成形品寸法とそれらに対応する寸法変化を示します。ザイロンの平板 ($200\text{mm} \times 150\text{mm} \times 3.0\text{mm}$) と ($90\text{mm} \times 50\text{mm} \times 3.0\text{mm}$) の寸法変化率は $\pm 0.1\%$ であります。

尚、ガラス繊維補強グレード G702H、G702V の寸法変化率はガラス繊維 (GF) の配向によって異なりますが $\pm 0.06\%$ ~ $\pm 0.07\%$ であり、G703H、G703V の場合は $\pm 0.05\%$ 以下を得ております。

図-4 成形品の寸法変化



3. 成形品の肉厚

- 成形品の肉厚は加工時の流動性、寸法安定性と成形品の外観（ヒケ、フローマーク、ソリなど）及び成形品の物性（耐熱性、強度、剛性）面を加味することが必要であり、成形品の重量のみを重視するのではなく、機能上、十分な構造を持つ最小の肉厚構造の選定が望ましい経済的な設計となります。
- 成形品の肉厚は、2～4mmt が一般的であり、最小0.8mmt、最大でも 6mmt 以下を基準として下さい。肉厚が厚すぎるとヒケ、ボイドが発生し易くなります。また、冷却に時間が掛かるので、成形サイクルが長くなり、経済的ではありません。

3.1 流動性と肉厚

- 金型内へ流れる溶融樹脂は流路の曲がり、肉厚変化、分岐などによって圧損失を増し、流れ難くなるので L/T は小さめの値を採用する方が望ましいと言えます。
- 実用時の L/T は経験値として、係数（F）に下図のスパイラルフローの値を乗じた値が目安となります。F 値は 0.3～0.7 であります。（図-5、図-6 より条件参照）

表-2 スパイラル・フロー・値とL/t (1例)

(cm)

グレード 肉厚	100V 100Z	220V	220Z	300V	500V 500H	G702V G702H
1mm	29	23	23	12	7	—
3mm	52	45	45	47	28	20

- ・肉厚を変化させる必要が有る場合、Rやスロープ付け徐々に変化させる設計して下さい。
- また、ゲート位置は、肉厚部から薄肉部に流れるような位置を選択して下さい。

推奨できる肉厚変化

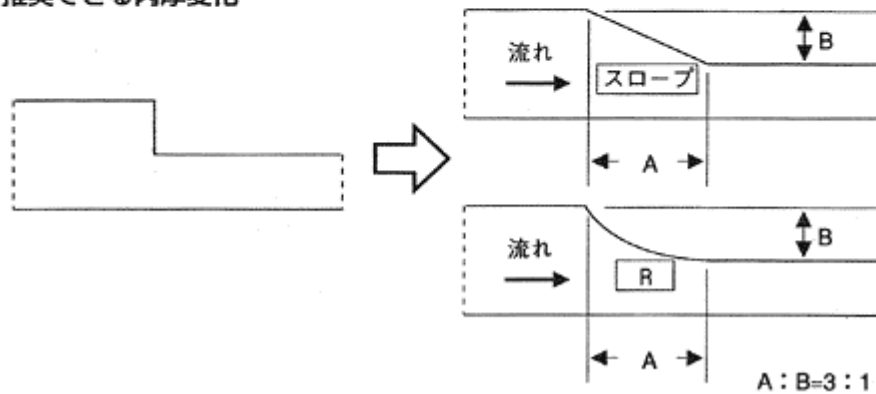


図-5 スパイラルフロー値と肉厚

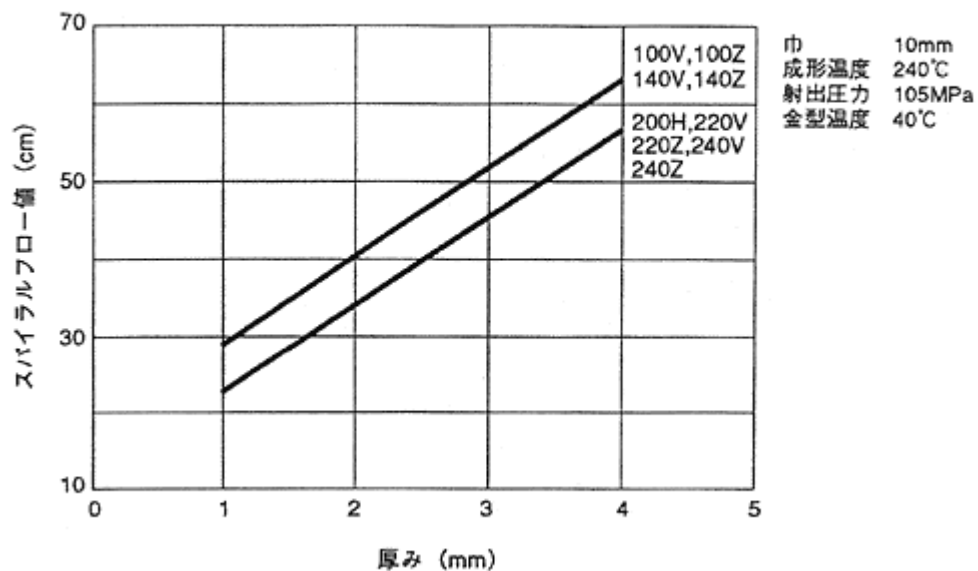
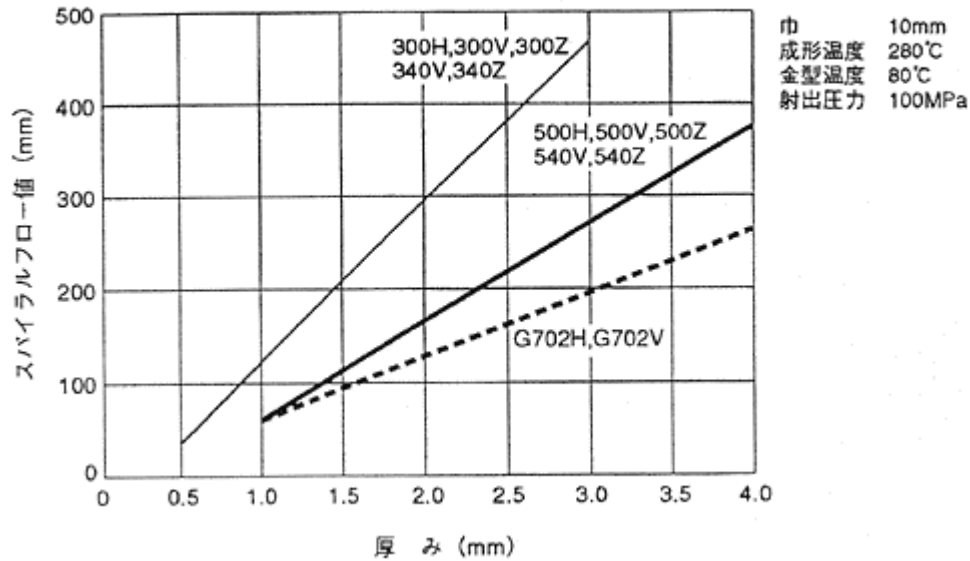


図-6 スパイラルフロー値と肉厚



3.2 成形品の強さと肉厚

成形品の物性面では成形品の最大たわみ（或いはひずみ、応力）を限定するケースが多く見受けられます。この場合、外部より加わる応力の特性と方向性を十分に考慮することが必要であります。

破壊強さの大きさ

（大）圧縮強さ $\geq$ 曲げ強さ $\geq$ 引張強さ $\geq$ 剪断強さ（小）

成形品の設計は外力の方向性と材料強さとの関係を重視して出来るだけ各部が圧縮応力を受ける様にすることが肝要であります。

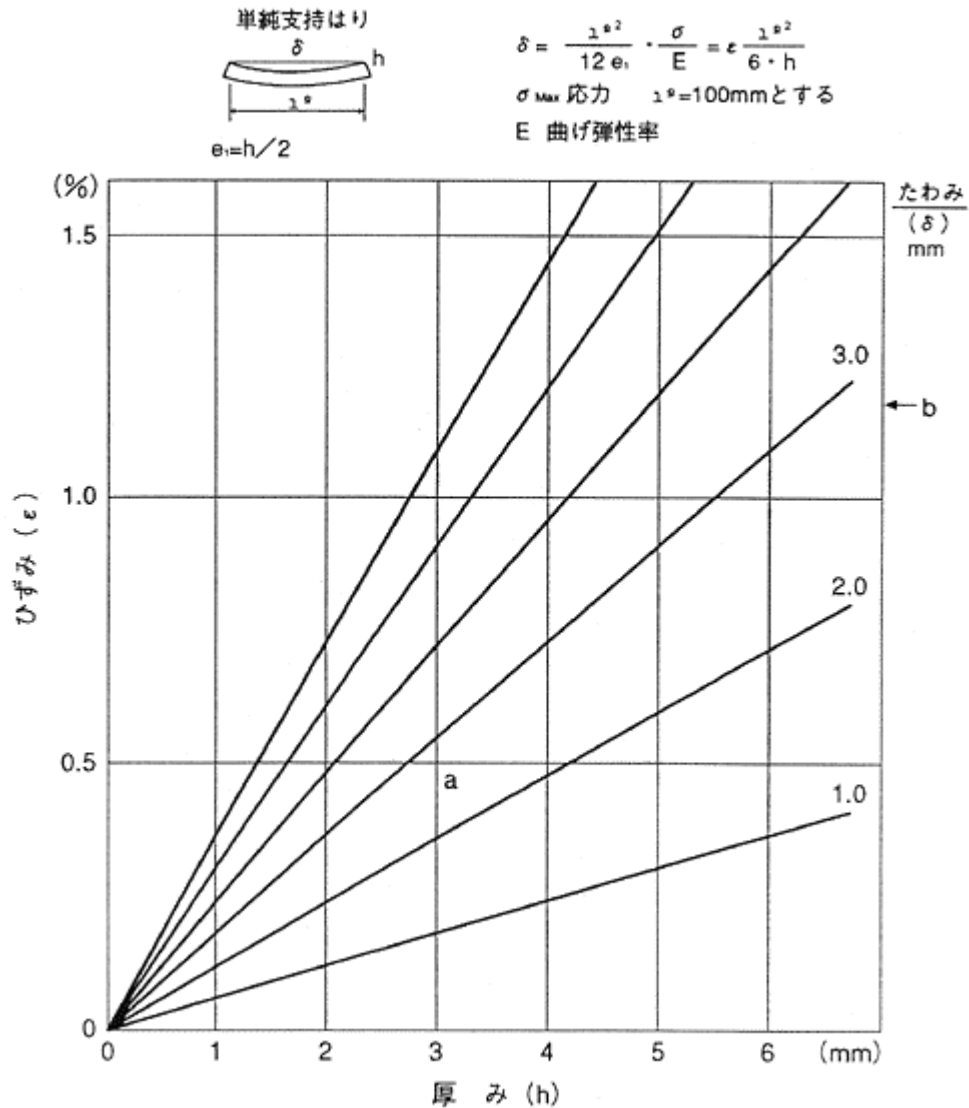
2) 成形品の実用例として比較的多い、曲げ応力に関する強度計算の事例を述べます。

2-(1) 単純支持はり

図-7は成形品設計に於いて曲げ応力分布を受ける場合の肉厚を算出するグラフです。

たわみ (δ mm)、ひずみ (ε %)、肉厚 (hmm) の3因子中2因子が解ければ他1因子が算出されます。

図-7 曲げ（たわみ）（ひずみ）と肉厚との関係



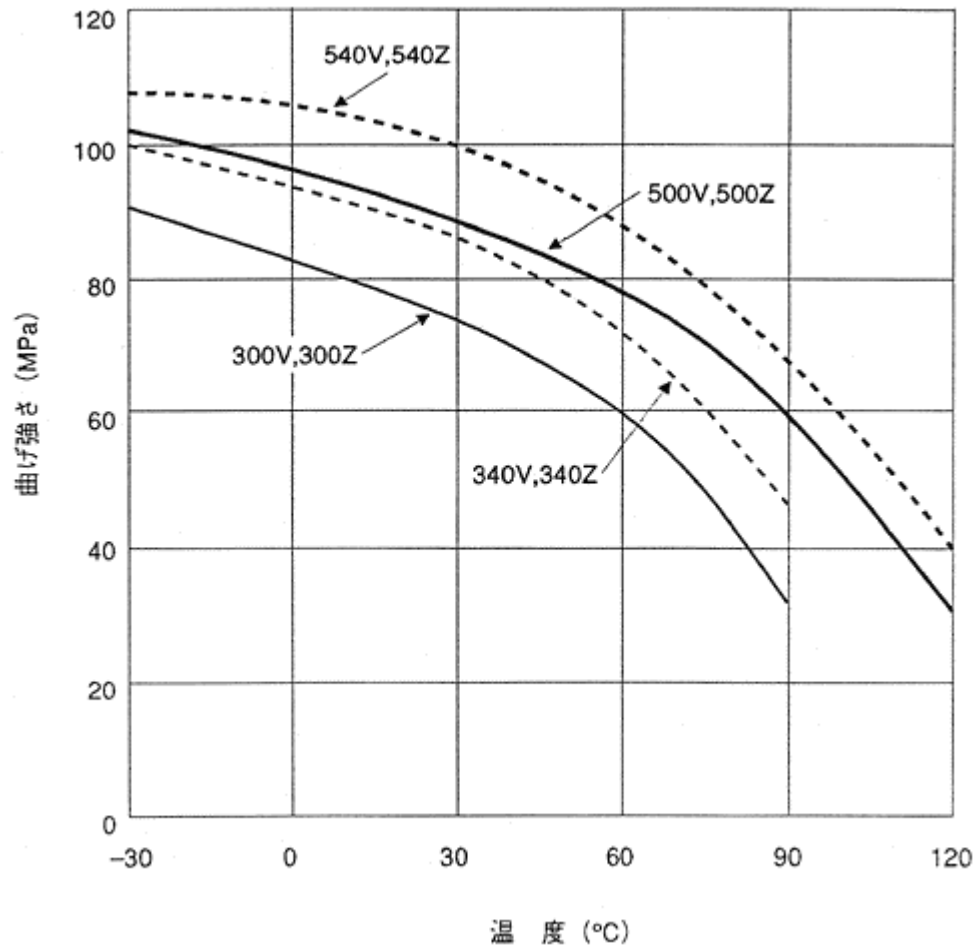
〔例〕 変形（たわみ） $\delta = 2.8mm$ 以内、ひずみ $\epsilon = 0.5\%$ 以下にする為には肉厚 (h) が何 mm 必要であるか？

(1) 図-7 右・縦軸 $\delta = 2.8$ のb点と原点 (0.0) と結ぶ。

(2) ひずみ $\epsilon = 0.5\%$ と直線b— (0.0) の交点a点を求める。a 点の肉厚が求める $h \geq 3.0mm$ であります。

2-(2) 曲げ強さ、曲げ弾性率の温度依存性を示します。

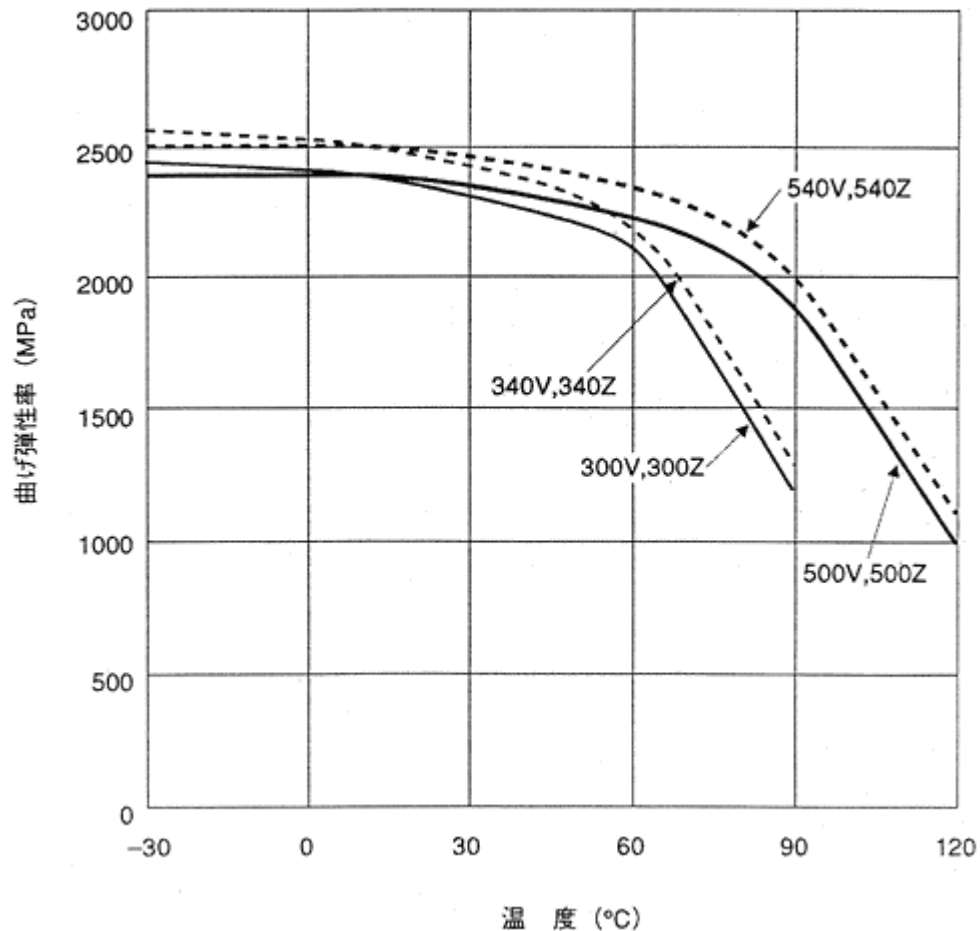
図-8 曲げ強さの温度依存性



曲げ強さ、曲げ弾性率は温度によって異なる肉厚を算出する場合には環境温度を十分に考慮する必要があります。

- 2-(3) 肉厚は可能な限り均一化して局所的な肉厚の変化は避けて下さい。肉厚の変化率 $\leq$ 15%が目安となります。

図-9 曲げ弾性率の温度依存性



3.3 製品設計の注意点

製品の肉厚は均一になるように設計して下さい。リブ補強による薄肉化を図ることや、圧肉のリブを設ける場合、リブを小さくするか肉盗みを設ける事をお薦めいたします。(図リブ構造、肉盗み)

3.4 規格上の注意

UL 規格や CAS 規格などの燃焼性規格は肉厚により異なりますので、予めご確認下さい。

4. 抜き勾配

成形品を金型から容易に取り出すために、抜き勾配を付ける必要があります。

離型バランスが悪いと、成形品のひずみを増大させ物性を損ない、ソリ、変形などの発生により生産性を低下させる原因となります。製品設計の際に、予め考慮する必要があります。

抜き勾配は、ロックアウトピンの位置、製品の形状や深さ、シボの深さなどにより変化します。

通常 1~2° (形状によっては0.5° 程度で可能)

シボ付き 4~6°

シボの深さにより最適抜き勾配を検討する必要があります。

抜き勾配：シボ深さ＝ 1° ： 10μ を目安とします。

シボ加工面の抜き勾配

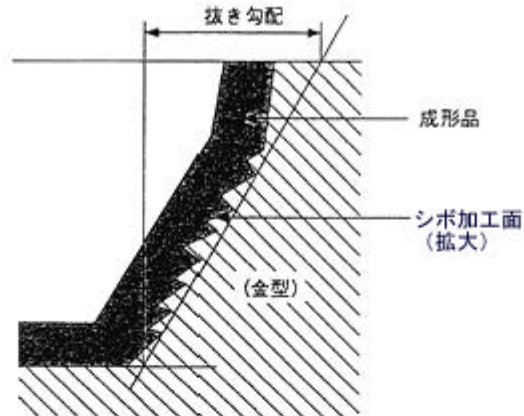


表-3 抜き勾配

高さ (mm)	勾配	$1/4^{\circ}$	$1/2^{\circ}$	1°	2°	3°	4°	5°
25		0.11	0.22	0.44	0.87	1.31	1.74	2.19
50		0.22	0.44	0.88	1.75	2.62	3.50	4.37
75		0.33	0.65	1.31	2.62	3.93	5.24	6.56
100		0.44	0.87	1.75	3.49	5.24	7.00	8.75
125		0.55	1.09	2.19	4.36	6.55	8.74	10.94
150		0.66	1.31	2.63	5.24	7.86	10.49	13.12
175		0.77	1.52	3.06	6.11	9.17	12.23	15.31
200		0.88	1.74	3.50	6.98	10.48	13.98	17.50
225		0.99	1.96	3.94	7.85	11.79	15.73	19.68
250		1.10	2.18	4.38	8.73	13.10	17.48	21.87
275		1.21	2.39	4.81	9.60	14.41	19.22	24.06
300		1.32	2.61	5.25	10.47	15.72	20.97	26.24

＊ ＊シボ深さと抜き勾配 $1^{\circ}/10\mu$ を目安とする。

＊詳しくは、金型設計の8.7抜き勾配をご参照下さい。

5. コーナーR

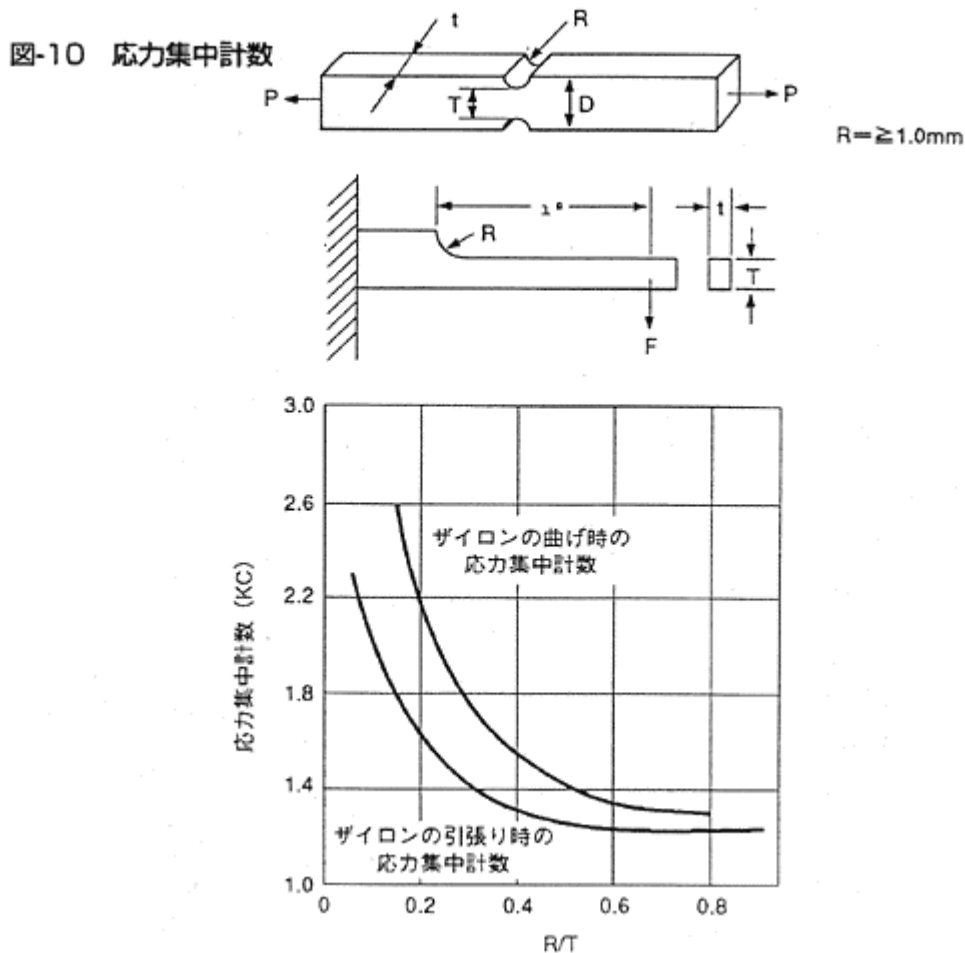
成形品のコーナー部（シャープエッジ、流れが急激に変化する部分）には、出来るだけ大きなコーナーRを付ける必要があります。箱形成形品の角、ボス、リブ、スナップフィットの付け根など、応力集中を避ける必要があります。

コーナーRを付けることにより、成形時の樹脂の流れをスムーズにし、フローマーク、ソリなどの低減に効果があります。

(1) 応力集中係数 (Kc) を小さくする

下図の様に、肉厚 (T) とコーナー部Rとの関係からも判るようにコーナー部Rが小さいと応力がコーナー部へ集中します。

- ・内面コーナー 1.5mm 以上 (最小: 0.75mm)
- ・外面コーナー 0.25~0.75mm



(2) コーナーRの例

Rはリブ、ボス等の根元に設ける場合と箱形の様に流動方向を変化させる場合があります。

コーナーRが適正でない場合成形品外観にヒケ、フローマーク、等の不良現象が生ずることがあります。

コーナーRがない場合応力集中点になるだけでなく、射出圧力の伝達も悪くなることがあります。特に大きな成形品、ゲートから遠い場合は注意が必要となります。(図-2 コーナーR-1/R-2)

(3) ソリの防止

流れの急な方向転換を避けRをつけて流れを容易にします。Rを大きくすると変形しやすい平面部が減少し、相対的に成形品は変形しにくい形となります。

