

平成 16 年度 独立行政法人 製品評価技術基盤機構委託事業成果

**「工業標準化法 JNLA 制度における測定の不確かさの推定及び
技能試験用試料開発に係る調査」成果報告書**

平成 17 年 03 月 25 日
財団法人 化学技術戦略推進機構
高分子試験・評価センター

目次

1. まえがき
2. 委託事業実施計画
 - 2.1 調査の目的
 - 2.2 実施計画
 - 2.2.1 試料の選定
 - 2.2.2 試験片の採取方法
 - 2.2.3 全体計画
 - 2.2.4 実施期間
 - 2.2.5 実施場所
 - 2.2.6 実施計画日程
3. 測定における不確かさの推定
 - 3.1 不確かさの定義
 - 3.2 測定原理及び定義
 - 3.3 引張試験方法
 - 3.4 要因の抽出
 - 3.5 Bタイプの不確かさ評価
 - 3.5.1 ロードセル
 - 3.5.2 測長器関連
 - 3.6 計測器の使用における誤差の大きさを実験によって求める方法(Aタイプの不確かさ評価)
 - 3.6.1 混合型直交配列表を用いたAタイプ不確かさの評価
 - 3.6.2 試験実施内容
 - 3.6.3 試験結果
 - 1) 引張降伏強さ
 - a) 機械加工の場合
 - i) 硬質塩化ビニル管(VP)
 - ii) 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)
 - b) 打抜き加工の場合
 - i) 硬質塩化ビニル管(VP)
 - ii) 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)
 - 2) 引張破壊強さ及び引張破壊伸びについて(参考データ)
 - a) 機械加工の場合
 - i) 硬質塩化ビニル管(VP)
 - ii) 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)
 - b) 打抜き加工の場合
 - i) 硬質塩化ビニル管(VP)
 - ii) 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)
 - 3.7 要因と不確かさへの寄与率の検討及び値付け
 - 3.7.1 引張降伏強さ
 - 1) 機械加工の場合
 - a) 硬質塩化ビニル管(VP)
 - b) 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)
 - 2) 打抜き加工の場合
 - a) 硬質塩化ビニル管(VP)
 - b) 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)
 - 3.7.2 引張破壊強さ
 - 1) 機械加工の場合
 - a) 硬質塩化ビニル管(VP)

- b)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)
- 2)打抜き加工の場合
 - a)硬質塩化ビニル管(VP)
 - b)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)
- 3.7.3 引張破壊伸び
 - 1)機械加工の場合
 - a)硬質塩化ビニル管(VP)
 - b)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)
 - 2)打抜き加工の場合
 - a)硬質塩化ビニル管(VP)
 - b)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)

3.8 結 論

4.予備試験

- 4.1 均質性試験
- 4.2 試験速度の違いによる試験結果への影響
- 4.3 試験温度の違いによる試験結果への影響
- 4.4 切削の速度の違いによる試験結果への影響
- 4.5 掴み具の歯の違いによる試験結果への影響

1.まえがき

市場のグローバル化時代を迎え、国際的に ISO 規格として ISO9000 シリーズが管理技術として取り入れられている。

ISO9000 シリーズは、品質システムの要求事項をいくつか規定している規格であり、設計、開発、工程管理、製造、検査・試験、製品及びサービス等々の要求事項が規定されている。これらの規定する要求事項は、設計から付帯サービスまでの全ての段階での不適合を防止することによって顧客の満足を得ることを第 1 のねらいとしており、一定の水準の製品を作る能力を保証する品質保証に関する規格である。

また、このように製造業者については、顧客に対する品質保証と共に、品質をチェックする技術的能力が要求されるようになり、ISO/IEC17025(試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項)が制定され、品質マニュアルに技術マニュアルが付加されたものとなった。この ISO/IEC17025 規格には、品質の信頼度を高めるため要求事項の一つとして不確かさの推定を行うことが求められている。(財)化学技術戦略推進機構 高分子試験・評価センターは、プラスチックの原材料から製品までの試験・検査を 50 年以上にわたり実施しており、顧客の信用を築いてきている。当センターとしての業務の信頼性を更に高めるため、平成 11 年に試験所認定制度(JNLA)によって JIS Q17025 に適合する試験所としての認定を受けている。

プラスチック産業においては、生産量の多いものでは、オレフィン類、ポリエチレンテレフタレート(PET)、塩化ビニル樹脂があるが、中でも特に塩化ビニル樹脂は日本で 1941 年に工業化され軟質から硬質まで幅広く用いられている。特に硬質塩化ビニル管は、長期に亘って使用され社会のインフラ整備に多く役立っている。これは硬質塩化ビニル管が安定したものであり、品質についても信頼性の高いものであることが認知されている。

これらのことから、硬質塩化ビニル管をターゲットに絞り、品質保証を確保し、引張試験の不確かさを推定することにより、さらなる、品質及び信頼性の向上に貢献する。

2.委託事業実施計画

2.1 調査の目的 工業標準化法に基づくJNLA 制度において、試験事業者は、測定の不確かさを推定する手順を持ち、かつ適用することが求められている。本調査の目的は、測定の不確かさについて調査し、その推定事例を作成し、技術情報として広く提供することにより試験事業者の測定の不確かさの推定にかかわる理解の促進を図ることを目的としている。また、測定の不確かさを調査するにあたり、均質な試験品目を用いたデータが必要であることから、技能試験に用いることが可能な試験品目の調査及び開発を行うことを目的としている。

2.2 実施計画

2.2.1 試料の選定 本事業で使用した試料は、市販の水道用硬質塩化ビニル管及び水道用耐衝撃性硬質塩化ビニル管の中から呼び径 50 及び 25 のもの(試料長さ 4m)を選んだ。

2.2.2 試験片の採取方法 購入した試料は、次に示す方法で採取し、番号を付けるものとする。

試験片番号の付け方は、管の種類及び呼び径(VP,HIVP)、パイプ番号、長さ方向番号(A~X)、周方向番号は、時計回りに呼び径 50 は 1~4、呼び径 25 は 1 及び 2 で周方向の番号付けは時計回りとする。

図 2.2.1 長さ方向の試験番号の付し方

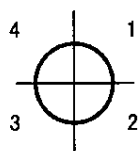
呼び径 50

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
1																									
2																									
3																									
4																									

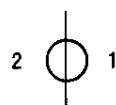
呼び径 25

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
1																									
2																									

図 2.2.2 周方向の試験番号の付け方



呼び径 50



呼び径 25

2.2.3 全体計画 具体的な実施内容は次のとおり。

- 1)引張試験における不確かさの推定の検討 測定結果に影響を与えると考えられる因子を抽出し、直交表 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ に割り付け誤差の大きさを実験によって求め不確かさを推定する。
- 2)予備試験 本試験に先だてて次に示す予備試験を実施し、試料選定の妥当性及び個々の因子が試験結果に与える影響について確認する。
 - a)均質性試験 試験片の採取位置の違いにより試験結果に差があるかを確認する。また複数本について測定を実施し、製品ごとに差があるかも併せて確認する。
 - b)試験速度の違いによる試験結果への影響について 試験速度は、試験結果に大きな影響があると考えられることから、試験速度の違いがどの程度試験結果へ影響を及ぼすか確認する。
 - c)試験温度の違いによる試験結果への影響について 試験温度は、試験結果に大きな影響が考えられることから、試験温度の違いがどの程度試験結果へ影響を及ぼすか確認する。
 - d)切削の速度の違いによる試験結果への影響について 切削速度を変えることで試験結果にどれだけの違いが生じるか確認する。
 - f)掴み具の歯の違いによる試験結果への影響について 掴み具の歯の違いによって試験結果にどれだけの影響があるか確認する。掴み具は、通常使用する平板のものと新たに作製するパイプ形状に沿った歯を用いる。

2.2.4 実施期間 本事業の実施期間は次のとおり。

平成 16 年 08 月 01 日～平成 17 年 03 月 25 日

2.2.5 実施場所 本事業のデータを収集する実施場所は次のとおり。

財団法人 化学技術戦略推進機構 高分子試験・評価センター
 東京事業所 東京都台東区柳橋 2 丁目 22 番 13 号
 大阪事業所 東大阪市高井田中 1 丁目 5 番 3 号

2.2.6 実施計画日程 本事業の実施日程を次表に示す。

表 2.2.1 実施スケジュール

項目	平成 16 年					平成 17 年		
	8	9	10	11	12	1	2	3
①調査内容の策定	—————							
②試料の選定		—————						
③試験片作製				—————				
④予備実験				—————				
⑤本試験					—————	—————		
⑥データ解析					—————	—————	—————	
⑦報告書作成							—————	

3.1 不確かさの定義

3.1.1 不確かさの定義 不確かさとは、測定結果に付随した測定量に合理的に結び付けられる値のばらつきを特徴付けるパラメータであり、実際は標準偏差や信頼の水準を示した区間の半分の値を用いて表現する。

測定の不確かさは、一般に多くの要因を含み、これら成分の一部は一連の測定結果の統計分布から推定、又は経験や他の情報に基づいて確率分布を想定して評価される。

ISO の計測における不確かさのガイド(GUM)による定義の特徴の一つは、従来の誤差の概念ではなく、不確かさという概念を用いて計測の信頼性を定量化する点にあり、測定値の真値からの差とする従来の誤差の定義は、測定量の真値を知らなければ誤差を表現できないが、不確かさの導入によって真値を想定せずに定量化できるようにした点にある。

3.1.2 不確かさ成分の分類 ISO の計測における不確かさのガイド(GUM)では、不確かさの成分を次に示す二種類のタイプに分類している。

1) A タイプの不確かさ 測定値の統計解析による不確かさの評価方法。データが計算値として求められるもので統計的方法によって標準偏差を求め、これらを不確かさの入力量として用いる。

2) B タイプの不確かさ 観測値を統計解析以外の手段によって不確かさの評価する方法であり、データによらない評価方法である。校正書や証明書などから得られる値(公差や基準値など)から不確かさを推定する場合に当てはまる。この場合の分布形状は表 3.1.1 が定義されており一般的に一様分布が適用される場合が多い。

表 3.1.1 タイプの標準不確かさの推定例

分布形状	分布の限界値	標準不確かさ
矩形分布 (一様分布)	$\pm a$	$u = \frac{a}{\sqrt{3}}$
台形分布	上辺 $\pm\beta$ 下辺 $\pm\alpha$	$u = \frac{\alpha\sqrt{1+\beta^2}}{\sqrt{6}}$
三角分布	$\pm a$	$u = \frac{a}{\sqrt{6}}$
正規分布	$\delta = a$	$u = a$

3.1.3 不確かさの基本式

1) 合成標準不確かさ(Combined Standard Uncertainty) 一般に測定値 y は、測定値を決定するあるいはこれに影響を与える因子を x_1, x_2, \dots, x_n とするとき次の関数で表わされる。

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3.1.1)$$

ここで、各因子の変化量(標準不確かさ)を $u(x_i)$ とし、 x_i が結果に影響を与える度合いを c_i で表わすと測定結果の合成標準不確かさ $u_c(y)$ は次の式で表わされる。

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 u^2(x_i)} \quad (3.1.2)$$

ここで、 $c_i = \partial f / \partial x_i$ は、感度係数(Sensitivity Coefficients)で、一連の因子 x_i と x_j との間に相関関係がある場合、 $u(x_i, x_j)$ を共分散、 $r(x_i, x_j) = \frac{u(x_i, x_j)}{u(x_i) \cdot u(x_j)}$ を相関係数とすると、

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \cdot \frac{\partial f}{\partial x_j} \cdot u(x_i, x_j) \quad (3.1.3)$$

$$= \sum_{i=1}^n c_i^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n c_i c_j \cdot u(x_i) \cdot u(x_j) \cdot r(x_i, x_j) \quad (3.1.4)$$

となり、 x_i と x_j とが独立ならば、 $r(x_i, x_j) = 0$ となり、(3.1.4)式は(3.1.2)式となる。

2) 拡張不確かさ(Expanded Uncertainty) 測定結果について合理的に測定量に結び付けられる分布を含むと期待される区間を定める不確かさの尺度—すなわち測定値の信頼区間を与えることが必要となり、このような不確かさの尺度を拡張不確かさと呼び、 U で表わす。

$$U = k u_c(y) \quad (3.1.5)$$

ここで、 k を包含係数(Coverage Factor)といい、自由度(Degree of Freedom) ν で確率(信頼水準) p のときの t 分布の値である。従って式(3.1.5)は式(3.1.6)と同じ内容のものである。

$$U = k_p u_c(y) = t(p, \nu) \cdot u_c(y) \quad (3.1.6)$$

合成標準不確かさ $u_c(y)$ が、二つ以上の標準不確かさから求められたものであれば、このときの自由度 ν は次に表わす Welch-Satterthwaite の式から計算される有効自由度を用いる。

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{c_i^4 u^4(x_i)}{\nu_i}} \quad (3.1.7)$$

以上のようにして得られた不確かさは、測定結果と共に次のように表わす。

$$Y = y \pm U = y \pm k u_c(y) \quad (3.1.8)$$

さらに、 $u_c(y)$ の値を求めた根拠及び方法、 k の値と信頼水準及び自由度を併せて報告することが重要となる。

3.1.4 不確かさの求め方 不確かさを求めるためには、次に示す手順に従って求めることが望ましい。

1)測定の定義 評価の対象となる測定について特性要因図などを利用し、その方法や条件を明確にしておく。原理、原則、測定器、環境、対象及び測定方法等測定系全体の条件を明確にする必要がある。

2)測定モデル化 評価の対象になる測定について原理、原則から理論式、実験計画法による実験式、要因列挙による単純加算式等を用いて数学モデルの構築する。これらを単独に又は組み合わせて測定のアルゴリズムとする。

a)式による不確かさ表現が可能ならば記述する。

b)式による表現が不可能な場合、不確かさの要因を列挙し、加算する形で合成する。

c)実験計画法に基づく実験と要因分析から有意差検定を行い、要因別の不確かさを見積もる。

3)補正実施の有無 補正ができれば不確かさの推定は、補正後のデータに関して行う。

4)標準不確かさの見積もり 不確かさの成分をA,Bタイプの二種類に分類し、成分ごとの不確かさを求める。ここでAタイプの標準不確かさは、標準偏差が示されていればそのまま利用できる。既存の情報がない場合は、実験標準偏差を求めることとなる。またBタイプの標準不確かさは統計量としての分布形状を成分ごとに定義し、適切な標準不確かさを見積もることとなる。

5)合成標準不確かさの算出 標準不確かさの二乗和の平方根を算出する。ここでは、A,Bタイプの区別はなくなる。

$$u_c = \left(\sum_{i=1}^n u_i^2 \right)^{1/2} \quad (3.1.9)$$

6)拡張不確かさの計算 測定の結果について合理的に測定量に結び付けられる値の分布の大部分を含むと期待される区間を定める量として定義され、合成標準不確かさ u_c に包含係数(Coverage Factor) k を乗じて表記し、 U で表わす。包含係数は、通常 2 を用いることで約 95%の信頼水準が得られる($k=2$ は、合成標準不確かさが正規分布の場合に成立する)

$$U = ku_c$$

(参考) 正規分布についての包含係数 k を表に表す。

表 3.1.2 正規分布の場合の包含係数 k 値

包含係数 k	信頼水準 p (%)
$k=1$	信頼水準 68.27%
$k=1.645$	信頼水準 90%
$k=1.960$	信頼水準 95%
$k=2$	信頼水準 95.45%
$k=2.576$	信頼水準 99%
$k=3$	信頼水準 99.73%

7)バジェットシート 不確かさの評価の結果は、通常表にまとめられ、結果の表記は標準不確かさ分布の形状、補正係数及び合成標準不確かさなどを示す。

8)実用面からの不確かさの求め方 実用面から不確かさを求める場合、不確かさ成分の決定を別とすると不確かさの求め方には次の方法が考えられる。

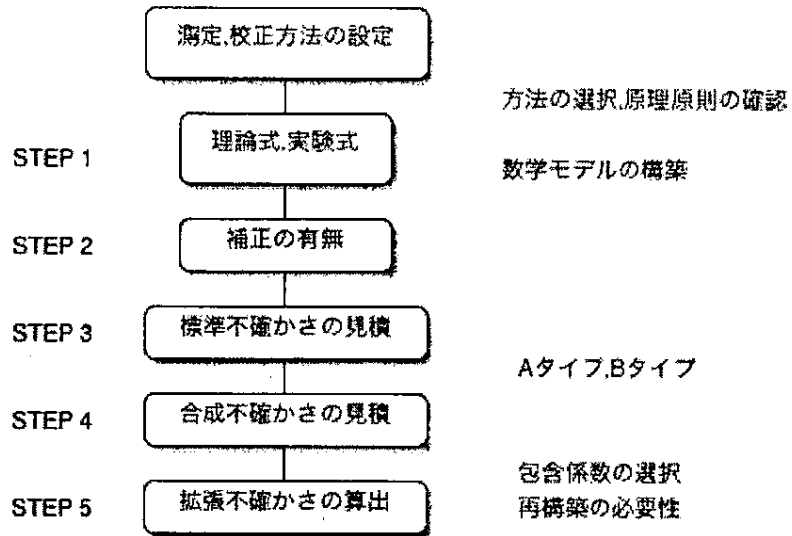
a)実験による方法 高位の不確かさを求める場合、理論構築と共に必須となる。

b)校正証明書による方法 参照標準の校正証明書あるいは、NK 年次検査における試験機成績表などから不確かさを求める。

c)実績による方法 精度管理における $\bar{x}-R$ 管理図から標準偏差を求める。あるいは、繰り返し測定による標準偏差。

d)規格による方法 不確かさの最大値を与えるもので規格公差を入力量とする。この場合、一般に不確かさの最大値となる。

図 3.1.1 不確かさ解析表示のフローチャート



3.2 測定原理及び定義

3.2.1 原理 試験片が破壊に至るまで、又は荷重(応力)若しくは伸び(ひずみ)が規定値に達するまで、試験片を主縦軸に沿って一定速度で引っ張り、その間に試験片にかかる荷重と伸びを測定する。

3.2.2 語句の定義 引張試験で使用される用語の定義は、次のとおり。

- 1) 標線間距離 L_0 : 試験片の中央部の初め(応力をかける前)の標線間隔 (mm)
- 2) 試験速度 v : 試験中に試験機の二つのつかみ具が互いに離れていく速度 (mm/min)
- 3) 引張応力 δ : 試験中、試験片の標線間距離内の初め(応力をかける前)の断面の単位面積にかかる引張力 (MPa)
- 4) 引張降伏強さ(応力) δ_y : 応力の増加を伴わずにひずみの増加する最初の強さ(応力) (MPa)
- 5) 引張破壊強さ(応力) δ_B : 試験片破壊時の引張強さ(応力) (MPa)
- 6) 引張強さ δ_M : 引張試験中に加わった最大引張強さ(応力) (MPa)
- 7) 引張ひずみ ε : 標線間距離の増加量を初めの標線間距離で除した値(無次元の比又は%)
- 8) 引張降伏伸び(ひずみ) ε_y : 引張降伏強さ(応力)に対応する引張伸び(ひずみ) (無次元の比又は%)
- 9) 引張破壊伸び(又は引張最大荷重伸び) ε_B : 降伏を伴わずに破壊する場合の引張破壊応力に対応する引張伸び(ひずみ) (無次元の比又は%)

3.2.3 計算

1) 強さ(応力)の計算 引張降伏強さ(応力)、引張強さ(応力)、引張破壊強さ(応力)又は規定ひずみ降伏強さ(応力)は、次の式によって計算する。

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.2.1)$$

ここに、

σ : 引張降伏強さ(応力)、引張強さ(応力)、引張破壊強さ(応力)又は規定ひずみ降伏強さ(応力) (MPa)

F : 降伏時最大荷重時破壊時及び規定ひずみ時における荷重 (N)

A : 試験片の元の最小断面積 (mm^2)

2) 伸び(ひずみ)の計算 引張降伏伸び、引張破壊伸び又は引張最大荷重伸びは、次の式によって計算する。

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3.2.2)$$

$$\varepsilon = \left(\frac{\Delta L}{L_0} \times 100 = \right) \frac{L - L_0}{L_0} \times 100 \quad (3.2.3)$$

ここに、

ε : 引張降伏伸び(ひずみ)、引張破壊伸び(ひずみ)又は引張最大荷重伸び(ひずみ) (%)

L : 降伏時、引張破壊時又は最大荷重時の標線間距離 (mm)

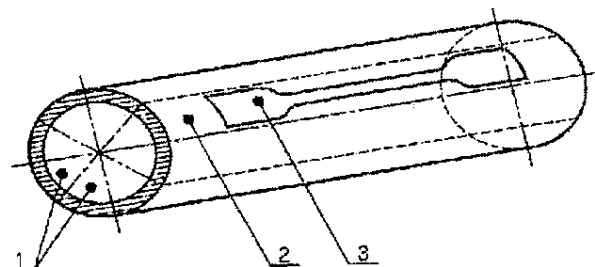
L_0 : 元の標線間距離 (mm)

3.3 引張試験方法

3.3.1 試験片

1) 試験片の採取方法 供試管から切り取った長さ約 150mm の管を用いる。参考線として引かれた作成線から円周まわりを分配し、これら多数の管から短冊を切り取る。

図 3.3.1 試験片の作製



2) 試験片の形状及び寸法 試験片は、管から切り取った短冊の中央部から採取する。

図 3.3.2 機械加工による試験片の形状

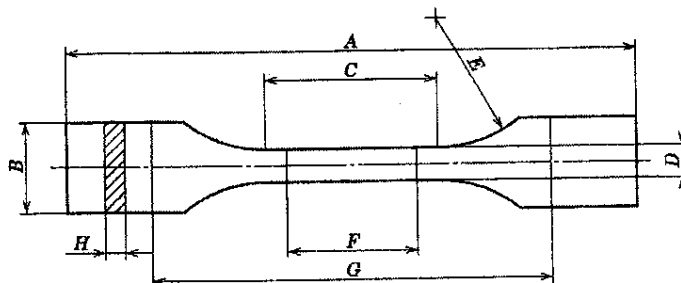


表 3.3.1 機械加工による試験片の寸法

記号	名称	寸法(mm)
A	全長(最小)	115
B	端部の幅	≥ 15
C	幅の狭い平行部分の長さ	33 ± 2
D	狭い平行部分の幅	$6_{-0}^{+0.4}$
E	半径	14 ± 1
F	標線間距離	25 ± 1
G	つかみ具間の初めの間隔	80 ± 5
H	厚さ	管の厚さ

図 3.3.3 打抜き加工による試験片の形状

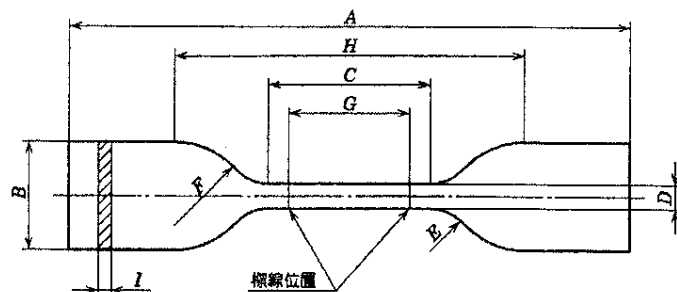


表 3.3.2 打抜きによる試験片の寸法

記号	名称	寸法(mm)
A	全長(最小)	115
B	端部の幅	25±1
C	幅の狭い平行部分の長さ	33±2
D	狭い平行部分の幅	6 ^{+0.4} ₀
E	半径(小)	14±1
F	半径(大)	25±2
G	標線間距離	25±1
H	つかみ具間の初めの間隔	80±5
I	厚さ	管の厚さ

3.3.2 試験片の作製 硬質塩化ビニル管及び耐衝撃性硬質塩化ビニル管の試験片は、次に示す方法によって作製する。厚さが 12mm 以下の管について試験片は、打抜き又は機械加工によって作製する。ただし、試験所間の比較及び参照試験に用いる試験片は、機械加工によって作製する。

1)打抜き方法 欠けのないきれいなエッジで図 3.3.3 に示す形状の打抜き刃を用いる。厚さ 1mm 当たり 1 分間、125～130℃に維持したオープン内で短冊を加熱する。短冊をオープンから取り出し、ただちに短冊の内面に打抜き刃を当て、一定の圧力を連続的に加え、試験片を打ち抜く。その後、試験片を空気中で周囲温度になるまで冷却する。

2)機械加工方法

a)加熱温度 125℃～130℃

b)加熱時間 厚さ 1mm 当たり 1 分間

c)平板にする圧力 板の厚さが減少しないような圧力値とする。空気中で周囲温度になるまで冷却する。

3.3.3 試験手順 引張試験は、次の手順によって行う。

1)作製された試験片は、温度 23±2℃相対湿度(50±5%)の試験環境下で 3 時間以上状態調節を行う。

2)標線間で試験片主要部の幅及び最小厚さをマイクロメータを用いて 0.01mm 以内の精度で測定し、最小断面積を計算する。

3)試験片を引張試験機に試験片の軸と引張力の方向が一致するように取り付ける。試験片の滑りを防ぐためにつかみ具にしっかりと締め付ける。

4)引張試験機を作動させ、試験速度 5.0mm/min で試験片が破断するまで荷重(応力)–ひずみ曲線を記録し、この曲線上における降伏点荷重、最大荷重及び破断時の標線間距離を記録する。(図 3.3.4 参照)

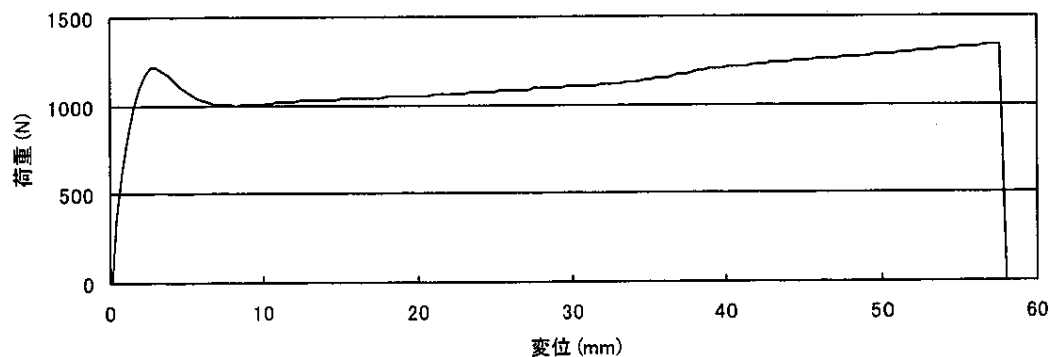
5)4)で得られた結果から前述の計算に従って引張降伏強さ、引張強さ及び引張破壊伸びを算出する。

(参考) 2004年3月20日付のJIS改定に伴い、従来の引張試験方法と大きく変更となった。旧規格との対比を表にまとめる。

表 3.3.3 引張試験における旧 JIS 規格との対比表

工程	項目	新 JIS	旧 JIS
試験片	試験片採取箇所	円周等分割	任意
	試験片形状	ISO6259	JIS 独自の形状
	試験片数	3~8 片(呼び径による)	2 片
	試験片作製方法	呼び径 110 以下で平板化 a)機械加工による方法 b)打ち抜きによる方法	弧状から機械加工
	加熱温度	125°C~130°C	
	加熱時間	厚さ 1mm 当たり 1 分間	
	平板にする圧力	板の厚さが減少しない圧力値	
	製造から試験までの時間	15 時間経過後	
		状態調節時間	1~10 時間±10%(管厚による)
試験操作	試験環境	23(27)±2°C (27°Cの場合,23°C換算)	23±2°C
	試験速度	5mm/min	10mm/min
判定	規格値(VP 管)	降伏強さ 45MPa 以上(23°C)	引張強さ 47MPa 以上(20°C)
	基準	全数合格	平均値が合格
	異常時	異常数の 2 倍を再試験	-

図3.3.4 荷重-ひずみ曲線



3.4 不確かさ因子(成分)の抽出

表 3.4.1 不確かさ要因(成分)の抽出

要因項目	因子	原因と評価のねらい	タイプ	参照箇所
材 料	材料自身	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与える。	A	4.1
試験片	サイズ	強度の大小による負荷のばらつきを読み取る	A	—
	形状,寸法	形状,寸法のばらつきは不確かさには無関係であるが結果的に負荷にばらつきを与える	A	—
	作製方法	引張試験片の作製方法には,打抜き及び切削の2通りがあり,試験片の精度の確認,切削速度の違いによる結果への影響。	A	3.6
試験環境	温度,湿度	試験片及び試験機への影響	(A)	—
寸法測定	測定者	測定者の違いによって寸法測定結果に差が生じるかの確認	A	—
	測定器	測定器の違いによる結果への影響。検査成績書などから評価する。	B	—
試験機	操作の扱い	個人差の違い	A	3.6
	試験機の指示値の不確かさ	試験機の検証時における不確かさ。検査成績書などから評価する。	B	3.5
	鉛直度	試験片の取付け角度の違いによる結果への影響。	A	3.6
	試験速度	試験速度の違いによる結果への影響。	A	4.2
	試験機の種類	試験機の違いによる結果への影響。	A	—
基準器	標準温度計	検査成績書から評価する。	B	3.5
	ブロックゲージ	検査成績書から評価する。	B	3.5

試験機関 主に設置条件や試験室の環境などの違いから生じるばらつき。本来対象となる不確かさと関係はないが,各試験機関の値は評価された拡張不確かさの範囲内で一致することが求められることとなる。

この検証は,各試験機関が不確かさの評価を行った後にラウンドロビンなどで実施可能となる。

試験方法 試験方法は, JIS K 6742, JIS K 6815-1 及び JIS K 6815-2 に従って実施される。試験方法の違いによる不確かさは生じないが,測定条件の設定のばらつきによる結果への影響が考えられる。

3.5 Bタイプ不確かさの評価について

3.5.1 ロードセル 試験機のロードセルの力支持値不確かさは、JIS B 7721 引張・圧縮試験機—力計測系の校正・検証方法によって検証され、ロードセルの校正結果及び環状ばね型力計の校正証明書の数値より標準不確かさを算出する。検証項目は、次のとおり。

1) 相対精度誤差 q : 一軸試験機の力支持計の指示力と真の力との差で表わし、真の力の平均 \bar{F} で表わされる相対精度誤差は、次の式によって計算される。(従来器差と呼ばれていたもの)

$$q = \frac{F_i - \bar{F}}{\bar{F}} \times 100 \quad (3.5.1)$$

また、一定の真の力による特別な場合の検証に対しては、次の式によって計算される。

$$q = \frac{\bar{F}_i - F}{F} \times 100 \quad (3.5.2)$$

2) 相対繰返し誤差 b : 統計的誤差に分類できない偶然誤差で、電氣的又は電磁的なノイズ、機械装置の振動、操作、計器の読み取り、温度ドリフトなどの要因を含み、各々の測定点での平均値に対する最大及び最小の測定値の差で表わし、次の式によって計算される。

$$b = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{\bar{F}} \times 100 \quad (3.5.3)$$

また、一定の真の力による特別な場合の検証に対しては、次の式によって計算される。

$$b = \frac{F_{i\max} - F_{i\min}}{F} \times 100 \quad (3.5.4)$$

3) 相対往復誤差 v : 一軸試験機の試験力を増加する場合と減少する場合とのヒステリシス差を表わし、同一の測定点に関する力の増加時と減少時との差を測定点の百分率で表わす。

$$v = \frac{F - F'}{\bar{F}} \times 100 \quad (3.5.5)$$

また、一定の真の力による特別な場合の検証に対しては、次の式によって計算される。

$$v = \frac{F_i' - F_i}{F} \times 100 \quad (3.5.6)$$

なお、この検証項目は、試験機の最低レンジ及び最大レンジに対して実施する。

4) 相対零点誤差 f_0 : 負荷を行った前後の無負荷における表示値の差を測定レンジの最大容量の百分率で表わしたものの。力を完全にに取り除いてから 30 秒経過後に読み取る。

$$f_0 = \frac{i_f - i_0}{x_N} \times 100 \quad (3.5.7)$$

5) 相対分解能 a : 分解能 r を各試験力の百分率で表わしたもので次の式によって定義される。

$$a = \frac{r}{F} \times 100 \quad (3.5.8)$$

ここで、

r : 指針の幅と二つの隣接する目盛り線の中心間の距離(目量)との比で推奨する比は 1/2, 1/5 又は 1/10

F : 相対分解能を検討している力

6)試験機の等級 該当する等級に従って試験機を特定するための指示計の最大許容値を次表に示す。力指示計の測定レンジは、検証が少なくともレンジ容量の20%から100%の間の測定範囲で満足する場合に適合する。

表 3.5.1 最大許容値

等級	相対精度誤差 q	相対繰返し誤差 b	相対往復誤差 $ v $	相対零点誤差 f_0	相対分解能 a
0.5	±0.5	0.5	±0.75	±0.05	0.25
1	±1.0	1.0	±1.5	±0.1	0.5
2	±2.0	2.0	±3.0	±0.2	1.0
3	±3.0	3.0	±4.5	±0.3	1.5

単位 %

7)一軸試験機の不確かさの評価 一軸試験機の力計測システムの校正には、JIS B 7721 に規定されている JCSS 校正証明書をついた力計を用いて実施する。力計の不確かさ各成分は、実測の繰返しから求めることとなり、それらは異なる評価の合成量を表現し、無相関入力量として考察される。定義された入力量の確率分布を表に示す。

表 3.5.2 定義された入力量の確率分布

特性値	記号	確率分布
相対精度誤差	u^2_{acc}	—
相対繰返し誤差	u^2_{rep}	矩形分布
相対往復誤差	u^2_{rev}	矩形分布
相対零点誤差	u^2_{zer}	矩形分布
相対分解能	u^2_{res}	矩形分布

入力量は、偏差の半値幅

校正証明書より、表 3.5.3 を得る

表 3.5.3 誤差の入力量

特性値	記号	検証結果
相対精度誤差	q	+0.24
相対繰返し誤差	b	0.33
相対往復誤差	v	0.50
相対零点誤差	f_0	0
相対分解能	a	0.50

従って各項目における相対分散は、次式の計算によって算出される。

$$u^2_{acc} = q^2 = (+0.24)^2 \quad (3.5.9)$$

$$u^2_{rep} = \frac{1}{3} \times \left(\frac{b}{2}\right)^2 = \frac{1}{3} \times \left(\frac{0.33}{2}\right)^2 \quad (3.5.10)$$

$$u^2_{rev} = \frac{1}{3} \times \left(\frac{v}{2}\right)^2 = \frac{1}{3} \times \left(\frac{0.50}{2}\right)^2 \quad (3.5.11)$$

$$u^2_{zer} = \frac{1}{3} \times \left(\frac{f_0}{2}\right)^2 = \frac{1}{3} \times \left(\frac{0}{2}\right)^2 = 0 \quad (3.5.12)$$

$$u^2_{res} = \frac{1}{3} \times \left(\frac{a}{2}\right)^2 = \frac{1}{3} \times \left(\frac{0.50}{2}\right)^2 \quad (3.5.13)$$

各負荷ステップの相対分散から、相対合成不確かさ u_{c_tm} は、次式で算出される。

$$\begin{aligned} u_{c_tm} &= \pm \sqrt{u^2_{res} + u^2_{zer} + u^2_{rep} + u^2_{rev}} \\ &= \pm \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \left\{ \left(\frac{0.33}{2}\right)^2 + \left(\frac{0.50}{2}\right)^2 + \left(\frac{0}{2}\right)^2 + \left(\frac{0.50}{2}\right)^2 \right\}} \\ &= \pm 0.225 \end{aligned} \quad (3.5.14)$$

また力計を使用するときの合成標準不確かさは次によって算出される。

$$u_{c_std} = \pm \sqrt{u^2_{tra} + u^2_{tmp} + u^2_{ins}} = \pm \sqrt{0.05^2 + 0 + 0} = \pm 0.05 \quad (3.5.15)$$

ここで、

u_{tra} : トランスファの標準不確かさ

u_{tmp} : 温度変動の標準不確かさ

u_{ins} : 感度の不安定さの標準不確かさ

$k=2$ とした相対拡張不確かさ U_{tm} は、力計の合成不確かさを考慮して

$$\begin{aligned} U_{tm} &= \pm k \sqrt{u^2_{c_std} + u^2_{c_tm}} = \pm 2 \sqrt{u^2_{c_std} + u^2_{c_tm}} \\ &= \pm 2 \sqrt{(\pm 0.05)^2 + (\pm 0.225)^2} = \pm 2 \sqrt{0.0531} \end{aligned} \quad (3.5.16)$$

相対精度誤差の拡張不確かさ U_{acc} は、 $k=1$ 標準不確かさ u_{acc} として

$$U_{acc} = \pm k \sqrt{u^2_{acc}} = \pm \sqrt{u^2_{acc}} = \pm \sqrt{(0.24)^2} = \pm 0.24 \quad (3.5.17)$$

従って、一軸試験機の相対拡張不確かさ U (%) は

$$U = \pm \sqrt{U^2_{tm} + U^2_{acc}} = \sqrt{4 \times 0.0531 + 0.0576} = 0.520 \text{ (\%)} \quad (3.5.18)$$

3.5.2 測定器及び標準器の不確かさの評価

1) 標準温度計 標準温度計は推定区間の任意の点において等しい確率で存在できると仮定し、確率分布は一様分布(矩形分布)としたとき、標準不確かさは

$$\frac{(0.05^{\circ}\text{C})}{\sqrt{3}} = 0.029 (^{\circ}\text{C}) \quad (3.5.19)$$

また試験温度 $t^{\circ}\text{C}$ ($18^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$) における引張強さとの関係(4.4 試験温度の違いによる試験結果への影響参照)を用いて降伏時の u_{θ} は次のように算出される。

$$u_{\theta} = 0.029 \times 0.507(\text{MPa}) \times 1/\bar{\delta}_y \times 100 = 0.0297(\%) \quad (3.5.20)$$

ここで、

$\bar{\delta}_y$: 引張降伏強さの平均値 (MPa)

備考(1) 平均値は、均質性試験 VP50 の試験結果を適用した。(4.2 参照)

備考(2) 破壊時の強さ及び伸びは同様に次のように算出される。

$$u_{\theta} = \begin{cases} (\text{引張破壊強さ}) : 0.029 \times 0.781(\text{MPa}) \times 1/\bar{\delta}_B \times 100 = 0.0465(\%) \\ (\text{引張破壊伸び}) : 0.029 \times 1.021(\%) \times 1/\bar{\delta}_E \times 100 = 0.0216(\%) \end{cases}$$

ここで、

$\bar{\delta}_B$: 引張破壊強さの平均値 (MPa)

$\bar{\delta}_E$: 引張破壊伸び平均値 (MPa)

よって引張降伏強さにおける拡張不確かさ U_{θ} は、包含係数を $k=2$ として

$$U_{\theta} = k \cdot \sqrt{u_{\theta}^2} = 2 \cdot \sqrt{0.0297^2} = 0.0597 \quad (3.5.21)$$

備考(3) 破壊時の強さ及び伸びは同様に次のように算出される。

$$U_{\theta} = k \cdot \sqrt{u_{\theta}^2} = \begin{cases} (\text{引張破壊強さ}) : 2 \cdot \sqrt{0.0465^2} = 0.1788 \\ (\text{引張破壊伸び}) : 2 \cdot \sqrt{0.0216^2} = 0.0432 \end{cases}$$

3.6 計測器の使用における誤差の大きさを実験によって求める方法(Aタイプの不確かさ評価)

計測器の使用における誤差の大きさを実験によって求める方法(Aタイプの不確かさ評価)にあたり、引張試験の試験結果に大きく影響を与えると考えられる要因を抽出し、直交配列表を用いて評価する。

3.6.1 混合型直交配列表を用いた Aタイプ不確かさの評価 引張試験において試験結果に大きな影響を与えると考えられる因子を選び、田口の混合型直交配列表 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ (表 3.6.1 参照)に実験因子を割り付け、試験を実施する。この直交配列表は、2 水準因子と 3 水準因子を同時に割り付けることが可能である。

表 3.6.1 混合型直交配列表 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$

因子	A	B	C	D	E	F	G	H	データ
列番	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	Y_1
2	1	1	2	2	2	2	2	2	Y_2
3	1	1	3	3	3	3	3	3	Y_3
4	1	2	1	1	2	2	3	3	Y_4
5	1	2	2	2	3	3	1	1	Y_5
6	1	2	3	3	1	1	2	2	Y_6
7	1	3	1	2	1	3	2	3	Y_7
8	1	3	2	3	2	1	3	1	Y_8
9	1	3	3	1	3	2	1	2	Y_9
10	2	1	1	3	3	2	2	1	Y_{10}
11	2	1	2	1	1	3	3	2	Y_{11}
12	2	1	3	2	2	1	1	3	Y_{12}
13	2	2	1	2	3	1	3	2	Y_{13}
14	2	2	2	3	1	2	1	3	Y_{14}
15	2	2	3	1	2	3	2	1	Y_{15}
16	2	3	1	3	2	3	1	2	Y_{16}
17	2	3	2	1	3	1	2	3	Y_{17}
18	2	3	3	2	1	2	3	1	Y_{18}

3.6.2 試験実施内容 誤差因子の数を混合型直交配列表 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ に割り付けられるよう7つ以内とし、因子を3水準とする。(試料に関しては2水準)

1)誤差因子及び水準の選び方 実際の測定の際、測定結果に影響を与えると考えられる次の条件を誤差因子として取り上げる。

表 3.6.2 試験実施内容

作業工程	誤差因子	機械加工の場合	打抜きの場合
試料	種類	硬質塩化ビニル管(VP)及び耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)	
	呼び径	呼び径 50 及び 25	
試験片	プレス温度	125~130°C	
	プレス圧力	—	0.5~1.0MPa
	切削速度	5.0~10mm/sec	—
	切込みピッチ	0.5~1.0mm	—
試験方法	取付け角度	鉛直を基本に 0, 1.5 及び 3°	
	掴み距離	80±5mm	
	試験速度	5±0.5mm/min	
試験回数	n=3		
試験片数	54 片×2 種類=108 片		54 片×2 種類=108 片
試験片総数	216 片		

備考

(¹)試験片は、ランダムに採取する。

2) 因子の割付け 実験の因子を表 3.6.1 の直交表 $L_{18}(2^7 \times 3^1)$ の列番に対して割り付ける。直交表への因子の割付けにおいて、因子と列番との対応は任意で構わないが、列番 1 には 2 水準の因子を割り付ける。割り付ける因子がない場合は、誤差列(e)とする。

表 3.6.3 試験実施内容(機械加工の場合)

作業工程	因子	水準		
		1	2	3
試料	A 呼び径	呼び径 50	呼び径 25	-
試験片	B プレス温度	125°C	128°C	130°C
	C 切削速度	5.0mm/sec	8.0mm/sec	10mm/sec
	D 切込みピッチ	0.5mm	0.8mm	1.0mm
試験方法	E 取付け角度	0°	1.5°	3.0°
	F 掴み距離	75mm	80mm	85mm
	G 試験速度	4.5mm/min	5.0mm/min	5.5mm/min

表 3.6.4 試験実施内容(打抜き加工の場合)

作業工程	因子	水準		
		1	2	3
試料	A 呼び径	呼び径 50	呼び径 25	-
試験片	B プレス温度	125°C	128°C	130°C
	C プレス圧力	0.5MPa	0.8MPa	1.0MPa
	試験方法	D 取付け角度	0°	1.5°
E 掴み距離		75mm	80mm	85mm
F 試験速度		4.5mm/min	5.0mm/min	5.5mm/min
測定者	G 測定者による違い	測定者 a	測定者 b	測定者 c

3) 実験の実施 直交表の列によって定められた誤差因子の組み合わせの条件において測定を行う。行の実験の順序は、ランダム化するが、実験のやりやすい順序で行ってもよい。

3.6.3 試験結果 得られた試験結果より以下に示す方法で分散分析を行う。

1)引張降伏強さ

a)機械加工の場合

i)硬質塩化ビニル管(VP)

表 3.6.5 硬質塩化ビニル管(VP)試験結果(引張降伏強さ)

因子 列番	A	B	C	D	E	F	G	e	引張降伏点強さ(MPa)				y_i
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	平均	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	47.4	49.0	48.8	48.4	y_1
2	1	1	2	2	2	2	2	2	49.2	48.0	47.6	48.3	y_2
3	1	1	3	3	3	3	3	3	49.3	48.7	49.0	49.0	y_3
4	1	2	1	1	2	2	3	3	48.7	48.0	48.0	48.2	y_4
5	1	2	2	2	3	3	1	1	48.2	47.1	48.8	48.0	y_5
6	1	2	3	3	1	1	2	2	49.0	48.7	49.6	49.1	y_6
7	1	3	1	2	1	3	2	3	48.6	48.4	48.1	48.4	y_7
8	1	3	2	3	2	1	3	1	49.0	49.2	48.2	48.8	y_8
9	1	3	3	1	3	2	1	2	48.7	48.8	46.8	48.1	y_9
10	2	1	1	3	3	2	2	1	48.9	48.9	50.2	49.3	y_{10}
11	2	1	2	1	1	3	3	2	49.8	50.7	49.3	49.9	y_{11}
12	2	1	3	2	2	1	1	3	48.2	46.7	49.0	48.0	y_{12}
13	2	2	1	2	3	1	3	2	49.9	49.4	50.2	49.8	y_{13}
14	2	2	2	3	1	2	1	3	49.4	49.8	49.0	49.4	y_{14}
15	2	2	3	1	2	3	2	1	49.6	50.2	49.5	49.8	y_{15}
16	2	3	1	3	2	3	1	2	50.3	50.1	49.8	50.1	y_{16}
17	2	3	2	1	3	1	2	3	50.5	49.6	50.7	50.3	y_{17}
18	2	3	3	2	1	2	3	1	50.1	49.8	49.7	49.9	y_{18}

全体 平均値 48.5 標準偏差 0.692
 最小値 46.5 変動係数 1.43%
 最大値 50.0 分散(n-1) 0.241

各水準の和を計算し、補助表を作成する。

$$y_{A1} = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 = 436.3 \quad (3.6.1)$$

$$y_{A2} = y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15} + y_{16} + y_{17} + y_{18} = 446.4 \quad (3.6.2)$$

$$y_{B1} = y_1 + y_2 + y_3 + y_{10} + y_{11} + y_{12} = 292.9 \quad (3.6.3)$$

$$y_{B2} = y_4 + y_5 + y_6 + y_{13} + y_{14} + y_{15} = 294.4 \quad (3.6.4)$$

$$y_{B3} = y_7 + y_8 + y_9 + y_{16} + y_{17} + y_{18} = 295.5 \quad (3.6.5)$$

$$y_{C1} = y_1 + y_4 + y_7 + y_{10} + y_{13} + y_{16} = 294.2 \quad (3.6.6)$$

$$y_{C2} = y_2 + y_5 + y_8 + y_{11} + y_{14} + y_{17} = 294.7 \quad (3.6.7)$$

$$y_{C3} = y_3 + y_6 + y_9 + y_{12} + y_{15} + y_{18} = 293.8 \quad (3.6.8)$$

その他の因子についても同様の計算を行い、表 3.6.7 補助表(因子と水準ごとの y_k の和)を作成する。

表 3.6.6 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	y_{A1}	y_{A2}	
B	y_{B1}	y_{B2}	y_{B3}
C	y_{C1}	y_{C2}	y_{C3}
D	y_{D1}	y_{D2}	y_{D3}
E	y_{E1}	y_{E2}	y_{E3}
F	y_{F1}	y_{F2}	y_{F3}
G	y_{G1}	y_{G2}	y_{G3}
H	y_{H1}	y_{H2}	y_{H3}

表 3.6.7 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	436.3	446.4	
B	292.9	294.4	295.5
C	294.2	294.7	293.8
D	294.7	292.3	295.7
E	295.1	293.1	294.6
F	294.4	293.2	295.2
G	292.0	295.1	295.7

表 3.6.7 補助表の結果を用いて、各因子の効果の計算を行う。
一般平均の効果の大きさ及び各因子に対する効果の大きさを求める。

$$S_m = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_{18}}{18} = 43,289.9 \quad (3.6.9)$$

$$S_A = \frac{y_{A1}^2 + y_{A2}^2}{9} - S_m = 5.70469 \quad (3.6.10)$$

$$S_B = \frac{y_{B1}^2 + y_{B2}^2 + y_{B3}^2}{6} - S_m = 0.55272 \quad (3.6.11)$$

$$S_C = \frac{y_{C1}^2 + y_{C2}^2 + y_{C3}^2}{6} - S_m = 0.6753 \quad (3.6.12)$$

以下同様の計算を実施する。次いで、因子の効果の自由度及び分散を次のように算出する。

$$m \text{ の自由度: } f_m=1 \quad m \text{ の分散 } V_m = S_m = 43,289.9 \quad (3.6.13)$$

$$A \text{ の自由度: } f_A=1 \quad A \text{ の分散 } V_A = S_A = 5.7047 \quad (3.6.14)$$

$$B \text{ の自由度: } f_B=2 \quad B \text{ の分散 } V_B = \frac{S_B}{2} = 0.2764 \quad (3.6.15)$$

その他の因子に対して、同様の計算を実施する。全 2 乗和及び誤差の効果の計算を行う。

$$\text{全 2 乗和} \quad S_T = y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_{18}^2 = 43,301 \quad (3.6.16)$$

$$\text{誤差の効果の大きさ} \quad S_e = S_T - S_m - (S_A + S_B + \dots + S_G) = 1.317 \quad (3.6.17)$$

$$\text{誤差の自由度} \quad f_e = 18 - 1 - (f_A + f_B + \dots + f_G) = 4 \quad (3.6.18)$$

$$\text{誤差分散} \quad V_e = \frac{S_e}{f_e} = 0.3293 \quad (3.6.19)$$

$$\text{分散の合計} \quad V_T = \frac{S_T}{18} = 2,405.6 \quad (3.6.20)$$

各因子の分散 V_i が誤差分散 V_e に対して、2 倍以内 ($2 \cdot V_e = 0.6586$) のものは、誤差分散 V_e にプールして、プールした誤差分散 V_e' を次のように計算する。

$$S_e' = S_e + (\text{誤差分散が } V_e \text{ の 2 倍以内の総和}) = 3.608 \quad (3.6.21)$$

各因子の分散が V_e に対して 2 以内についての誤差分散 V_e'

$$V_e' = \frac{S_e + \text{プールする要因の } S \text{ の和}}{f_e + \text{プールする要因の自由度 } f \text{ の和}} = \frac{S_e'}{f_e'} = 0.02577 \quad (3.6.22)$$

分散が 2 倍以上の効果の寄与率 ρ の計算を次のように計算する。ただし、プールした要因については、 $\rho = 0$ とする。

$$\text{一般平均の寄与率} \quad \rho_m = \frac{S_m - V_e'}{S_T} \times 100(\%) = 99.97 \quad (3.6.23)$$

$$A \text{ の効果の寄与率 } \rho_A = \frac{S_m - f_A V_{e'}}{S_T} \times 100(\%)$$

$$B \text{ の効果の寄与率 } \rho_B = \frac{S_m - f_B V_{e'}}{S_T} \times 100(\%) \quad (3.6.24)$$

$$C \text{ の効果の寄与率 } \rho_C = \frac{S_m - f_C V_{e'}}{S_T} \times 100(\%)$$

以下、同様の計算を行う。プールした誤差の寄与率 $\rho_{e'}$ は、100%からプールしない要因の効果の寄与率差し引いて計算する。

$$\rho_{e'} = 100 - (\rho_m + \rho_A + \dots + \rho_G) = 0.011 \quad (3.6.25)$$

以上の結果から次の分散分析表を得る(表 3.6.8 及び表 3.6.9 参照)

表 3.6.8 分散分析表

要因	f	S	V	ρ
m	f_m	S_m	V_m	ρ_m
A	f_A	S_A	V_A	ρ_A
B	f_B	S_B	V_B	ρ_B
C	f_C	S_C	V_C	ρ_C
D	f_D	S_D	V_D	ρ_D
E	f_E	S_E	V_E	ρ_E
F	f_F	S_F	V_F	ρ_F
G	f_G	S_G	V_G	ρ_G
H	f_H	S_H	V_H	ρ_H
e	f_e	S_e	V_e	—
e'	$f_{e'}$	$S_{e'}$	$V_{e'}$	$\rho_{e'}$
T	f_T	S_T	V_T	100

表 3.6.9 分散分析表

要因	f	S	V	ρ
m	1	43290	43290	99.97
A	1	5.7047	5.7047	0.0126
B	2	0.5527	0.2764 ○	
C	2	0.0675	0.0338 ○	
D	2	0.9964	0.4982 ○	
E	2	0.3483	0.1741 ○	
F	2	0.3260	0.1630 ○	
G	2	1.3238	0.6619	0.0019
e	4	1.317	0.3293	—
e'	14	3.608	0.2577	0.011
T	18	43,301	2,405.6	100.0

備考 V 欄の○印は、プールした要因であることを意味する

ii)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)

表 3.6.10 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)試験結果(引張降伏強さ)

因子 列番	A	B	C	D	E	F	G	e	引張降伏点強さ(MPa)				y _i
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	平均	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	43.5	43.7	43.8	43.7	y ₁
2	1	1	2	2	2	2	2	2	43.7	43.7	44.4	43.9	y ₂
3	1	1	3	3	3	3	3	3	43.6	43.1	43.9	43.5	y ₃
4	1	2	1	1	2	2	3	3	44.0	44.6	43.5	44.0	y ₄
5	1	2	2	2	3	3	1	1	43.4	43.8	43.7	43.6	y ₅
6	1	2	3	3	1	1	2	2	43.8	43.4	43.1	43.4	y ₆
7	1	3	1	2	1	3	2	3	43.3	44.0	42.8	43.4	y ₇
8	1	3	2	3	2	1	3	1	43.6	43.7	43.4	43.6	y ₈
9	1	3	3	1	3	2	1	2	42.7	42.9	42.9	42.8	y ₉
10	2	1	1	3	3	2	2	1	42.8	43.5	43.7	43.3	y ₁₀
11	2	1	2	1	1	3	3	2	43.5	43.4	43.7	43.5	y ₁₁
12	2	1	3	2	2	1	1	3	43.8	43.8	44.4	44.0	y ₁₂
13	2	2	1	2	3	1	3	2	43.1	43.6	42.9	43.2	y ₁₃
14	2	2	2	3	1	2	1	3	42.8	42.5	41.9	42.4	y ₁₄
15	2	2	3	1	2	3	2	1	43.7	44.0	43.5	43.7	y ₁₅
16	2	3	1	3	2	3	1	2	44.3	43.6	43.4	43.8	y ₁₆
17	2	3	2	1	3	1	2	3	43.3	43.9	42.9	43.4	y ₁₇
18	2	3	3	2	1	2	3	1	44.3	42.9	44.3	43.8	y ₁₈

全体 平均値 43.5 標準偏差 0.527
 最小値 41.9 変動係数 1.21%
 最大値 44.6 分散(n-1) 0.166

表 3.6.11 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	392.0	391.2	-
B	262.0	260.4	260.7
C	261.4	260.4	261.4
D	261.2	262.0	260.0
E	260.2	263.0	259.9
F	261.2	260.4	261.6
G	260.3	261.2	261.7

表 3.6.12 分散分析表

要因	f	S	V	p
m	1	34075	34075	99.99
A	1	0.0386	0.0386	○
B	2	0.2305	0.1152	○
C	2	0.0968	0.0484	○
D	2	0.3146	0.1573	○
E	2	0.9872	0.4936	○
F	2	0.1279	0.0640	○
G	2	0.1664	0.0832	○
e	4	0.860	0.215	
e'	15	1.835	0.1223	0.006
T	18	34078	1893.2	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

b)打抜き加工の場合
i)硬質塩化ビニル管(VP)

表 3.6.13 硬質塩化ビニル管(VP)試験結果(引張降伏強さ)

因子 列番	A	B	C	D	E	F	G	e	引張降伏点強さ(MPa)				Y _i
									1	2	3	平均	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	49.1	49.0	48.8	49.0	Y ₁
2	1	1	2	2	2	2	2	2	47.2	49.2	49.0	48.5	Y ₂
3	1	1	3	3	3	3	3	3	48.5	49.5	49.0	49.0	Y ₃
4	1	2	1	1	2	2	3	3	49.3	48.3	49.2	48.9	Y ₄
5	1	2	2	2	3	3	1	1	48.6	48.6	47.9	48.4	Y ₅
6	1	2	3	3	1	1	2	2	48.4	48.8	49.3	48.8	Y ₆
7	1	3	1	2	1	3	2	3	48.5	50.0	48.8	49.1	Y ₇
8	1	3	2	3	2	1	3	1	48.2	48.1	47.8	48.0	Y ₈
9	1	3	3	1	3	2	1	2	49.0	48.3	49.6	49.0	Y ₉
10	2	1	1	3	3	2	2	1	46.5	48.6	48.7	47.9	Y ₁₀
11	2	1	2	1	1	3	3	2	47.6	48.3	49.2	48.4	Y ₁₁
12	2	1	3	2	2	1	1	3	47.5	47.9	47.3	47.6	Y ₁₂
13	2	2	1	2	3	1	3	2	47.6	47.6	47.8	47.7	Y ₁₃
14	2	2	2	3	1	2	1	3	48.9	49.0	49.2	49.0	Y ₁₄
15	2	2	3	1	2	3	2	1	47.8	48.5	49.0	48.4	Y ₁₅
16	2	3	1	3	2	3	1	2	48.5	47.3	48.0	47.9	Y ₁₆
17	2	3	2	1	3	1	2	3	48.7	48.0	48.5	48.4	Y ₁₇
18	2	3	3	2	1	2	3	1	48.8	48.1	48.5	48.5	Y ₁₈

全体 平均値 48.5 標準偏差 0.692
 最小値 46.5 変動係数 1.43%
 最大値 50.0 分散(n-1) 0.241

表 3.6.14 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	438.7	433.8	-
B	290.3	291.3	290.9
C	290.5	290.7	291.3
D	292.1	289.6	290.8
E	292.8	289.4	290.3
F	289.5	291.8	291.2
G	290.8	291.2	290.5

表 3.6.15 分散分析表

要因	f	S	V	p	
m	1	42289	42289	99.99	
A	1	1.3158	1.3158	0.0028	
B	2	0.0794	0.0397		○
C	2	0.0509	0.0254		○
D	2	0.4942	0.2471		○
E	2	1.0231	0.5115		○
F	2	0.4894	0.2447		○
G	2	0.0409	0.0204		○
e	4	0.597	0.1493	0.005	
e'	14	1.752	0.1251		
T	18	42293	2349.6	100.0	

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

ii)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)

表 3.6.16 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)試験結果(引張降伏強さ)

因子 列番	A	B	C	D	E	F	G	e	引張降伏点強さ(MPa)				y _i
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	平均	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	42.3	42.4	42.9	42.5	y ₁
2	1	1	2	2	2	2	2	2	42.5	42.5	43.1	42.7	y ₂
3	1	1	3	3	3	3	3	3	43.0	42.6	42.8	42.8	y ₃
4	1	2	1	1	2	2	3	3	43.3	41.8	45.1	43.4	y ₄
5	1	2	2	2	3	3	1	1	43.1	43.6	43.4	43.4	y ₅
6	1	2	3	3	1	1	2	2	41.8	43.1	42.3	42.4	y ₆
7	1	3	1	2	1	3	2	3	42.4	43.1	42.7	42.7	y ₇
8	1	3	2	3	2	1	3	1	42.5	42.6	42.6	42.6	y ₈
9	1	3	3	1	3	2	1	2	42.4	43.1	42.6	42.7	y ₉
10	2	1	1	3	3	2	2	1	41.2	42.4	42.8	42.1	y ₁₀
11	2	1	2	1	1	3	3	2	41.9	42.0	42.2	42.0	y ₁₁
12	2	1	3	2	2	1	1	3	42.5	42.1	41.3	42.0	y ₁₂
13	2	2	1	2	3	1	3	2	41.1	41.8	40.9	41.3	y ₁₃
14	2	2	2	3	1	2	1	3	41.8	42.1	42.6	42.2	y ₁₄
15	2	2	3	1	2	3	2	1	42.5	42.7	42.0	42.4	y ₁₅
16	2	3	1	3	2	3	1	2	42.3	42.1	42.2	42.2	y ₁₆
17	2	3	2	1	3	1	2	3	42.2	42.6	41.9	42.2	y ₁₇
18	2	3	3	2	1	2	3	1	42.1	41.9	41.8	41.9	y ₁₈

全体 平均値 42.4 標準偏差 0.678
 最小値 40.9 変動係数 1.60%
 最大値 45.1 分散(n-1) 0.261

表 3.6.17 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	385.2	378.3	-
B	254.2	255.0	254.4
C	254.3	255.1	254.2
D	255.3	254.0	254.3
E	253.8	255.2	254.5
F	253.0	255.0	255.5
G	254.9	254.6	254.0

表 3.6.18 分散分析表

要因	f	S	V	ρ	
m	1	32388	32388	99.99	
A	1	2.6195	2.6195	0.0077	
B	2	0.0631	0.0315		○
C	2	0.0775	0.0388		○
D	2	0.1631	0.0815		○
E	2	0.1712	0.0856		○
F	2	0.6172	0.3086		○
G	2	0.0746	0.0373		○
e	4	0.657	0.1641	-	
e'	16	1.823	0.114	0.006	
T	18	32392	1799.6	100.0	

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

2)引張破壊強さ及び引張破壊伸びについて(参考データ)

a)機械加工の場合

i)硬質塩化ビニル管(VP)

表 3.6.19 硬質塩化ビニル管(VP)試験結果(引張破壊強さ)

因子 列番	A	B	C	D	E	F	G	e	引張破壊強さ(MPa)				y _i
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	平均	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	52.0	48.6	47.8	49.5	y ₁
2	1	1	2	2	2	2	2	2	52.6	48.4	51.1	50.7	y ₂
3	1	1	3	3	3	3	3	3	47.2	54.4	47.8	49.8	y ₃
4	1	2	1	1	2	2	3	3	48.4	47.4	39.8	45.2	y ₄
5	1	2	2	2	3	3	1	1	48.2	51.4	48.8	49.5	y ₅
6	1	2	3	3	1	1	2	2	48.4	52.0	50.5	50.3	y ₆
7	1	3	1	2	1	3	2	3	48.6	48.4	49.5	48.8	y ₇
8	1	3	2	3	2	1	3	1	47.4	47.2	41.9	45.5	y ₈
9	1	3	3	1	3	2	1	2	47.3	53.7	50.2	50.4	y ₉
10	2	1	1	3	3	2	2	1	53.9	53.6	48.8	52.1	y ₁₀
11	2	1	2	1	1	3	3	2	48.7	48.6	46.0	47.8	y ₁₁
12	2	1	3	2	2	1	1	3	46.4	55.6	52.3	51.4	y ₁₂
13	2	2	1	2	3	1	3	2	49.9	49.3	50.2	49.8	y ₁₃
14	2	2	2	3	1	2	1	3	51.5	46.7	45.2	47.8	y ₁₄
15	2	2	3	1	2	3	2	1	49.2	46.1	51.6	49.0	y ₁₅
16	2	3	1	3	2	3	1	2	50.9	51.7	42.3	48.3	y ₁₆
17	2	3	2	1	3	1	2	3	45.3	49.9	48.7	48.0	y ₁₇
18	2	3	3	2	1	2	3	1	49.3	44.2	48.9	47.5	y ₁₈
									全体	平均値	49.0	標準偏差	3.083
										最小値	39.8	変動係数	6.30%
										最大値	55.6	分散(n-1)	3.373

表 3.6.20 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	439.7	441.6	-
B	301.3	291.5	288.5
C	293.7	289.2	298.4
D	289.8	297.7	293.8
E	291.6	290.1	299.5
F	294.5	293.7	293.1
G	296.9	298.9	285.5

表 3.6.21 分散分析表

要因	f	S	V	ρ
m	1	43146	43146	99.87
A	1	0.2077	0.2077	○
B	2	14.888	7.4440	0.0315
C	2	7.0031	3.5015	0.0133
D	2	5.2453	2.6227	0.0092
E	2	8.5416	4.2708	0.0168
F	2	0.1501	0.0751	○
G	2	17.235	8.6173	0.037
e	4	4.075	1.0189	-
e'	7	4.433	0.6333	0.026
T	18	43204	2400.2	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

表 3.6.22 硬質塩化ビニル管(VP)試験結果(引張破壊伸び)

因子 列番	A	B	C	D	E	F	G	e	引張破壊伸び(%)				y _i
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	平均	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	150	128	125	134	y ₁
2	1	1	2	2	2	2	2	2	164	134	150	149	y ₂
3	1	1	3	3	3	3	3	3	126	180	119	142	y ₃
4	1	2	1	1	2	2	3	3	126	121	18	88	y ₄
5	1	2	2	2	3	3	1	1	136	154	142	144	y ₅
6	1	2	3	3	1	1	2	2	129	159	154	147	y ₆
7	1	3	1	2	1	3	2	3	126	94	152	124	y ₇
8	1	3	2	3	2	1	3	1	120	121	88	110	y ₈
9	1	3	3	1	3	2	1	2	116	178	148	147	y ₉
10	2	1	1	3	3	2	2	1	194	185	150	176	y ₁₀
11	2	1	2	1	1	3	3	2	142	152	122	139	y ₁₁
12	2	1	3	2	2	1	1	3	133	188	176	166	y ₁₂
13	2	2	1	2	3	1	3	2	166	166	154	162	y ₁₃
14	2	2	2	3	1	2	1	3	166	136	131	144	y ₁₄
15	2	2	3	1	2	3	2	1	161	133	176	157	y ₁₅
16	2	3	1	3	2	3	1	2	172	170	105	149	y ₁₆
17	2	3	2	1	3	1	2	3	124	165	156	148	y ₁₇
18	2	3	3	2	1	2	3	1	158	119	158	145	y ₁₈

全体 平均値 143 標準偏差 29.445
 最小値 18 変動係数 20.61%
 最大値 194 分散(n-1) 404.6

表 3.6.23 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	1186.0	1386.0	-
B	906.0	842.7	823.3
C	834.0	834.3	903.7
D	813.7	890.0	868.3
E	833.7	818.7	919.7
F	867.3	850.7	854.0
G	884.7	902.0	785.3

表 3.6.24 分散分析表

要因	f	S	V	p
m	1	367510	367510	98.09
A	1	2222.22	2222.22	0.5236
B	2	623.259	311.630	○
C	2	536.704	268.352	○
D	2	515.815	257.907	○
E	2	990.111	495.056	0.1246
F	2	25.9260	12.9630	○
G	2	1321.04	660.519	0.2130
e	4	642.48	160.62	-
e'	14	3665.2	261.802	1.259
T	18	374388	20799.3	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

ii)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)

表 3.6.25 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)試験結果(引張破壊強さ)

因子 列番	A	B	C	D	E	F	G	e	引張破壊強さ(MPa)				Y _i
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	平均	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	47.2	45.9	49.9	47.7	Y ₁
2	1	1	2	2	2	2	2	2	49.9	46.1	47.8	47.9	Y ₂
3	1	1	3	3	3	3	3	3	45.7	50.9	46.6	47.7	Y ₃
4	1	2	1	1	2	2	3	3	50.6	50.5	45.1	48.7	Y ₄
5	1	2	2	2	3	3	1	1	40.1	40.8	43.5	41.5	Y ₅
6	1	2	3	3	1	1	2	2	49.5	52.1	48.3	50.0	Y ₆
7	1	3	1	2	1	3	2	3	41.5	44.5	46.0	44.0	Y ₇
8	1	3	2	3	2	1	3	1	48.2	45.4	50.1	47.9	Y ₈
9	1	3	3	1	3	2	1	2	48.5	49.7	45.2	47.8	Y ₉
10	2	1	1	3	3	2	2	1	44.1	40.1	47.2	43.8	Y ₁₀
11	2	1	2	1	1	3	3	2	42.8	48.6	40.0	43.8	Y ₁₁
12	2	1	3	2	2	1	1	3	49.2	40.4	43.7	44.4	Y ₁₂
13	2	2	1	2	3	1	3	2	40.5	41.6	45.8	42.6	Y ₁₃
14	2	2	2	3	1	2	1	3	42.4	43.0	45.1	43.5	Y ₁₄
15	2	2	3	1	2	3	2	1	38.6	46.1	43.0	42.6	Y ₁₅
16	2	3	1	3	2	3	1	2	41.7	44.3	35.9	40.6	Y ₁₆
17	2	3	2	1	3	1	2	3	46.0	44.4	45.5	45.3	Y ₁₇
18	2	3	3	2	1	2	3	1	45.6	44.9	44.0	44.8	Y ₁₈

全体 平均値 45.3 標準偏差 3.550
 最小値 35.9 変動係数 7.84%
 最大値 52.1 分散(n-1) 7.439

表 3.6.26 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	423.2	391.5	-
B	275.4	268.9	270.5
C	267.5	269.9	277.3
D	275.9	265.3	273.5
E	273.8	272.2	268.7
F	277.9	276.6	260.2
G	265.5	273.6	275.6

表 3.6.27 分散分析表

要因	f	S	V	p
m	1	36874	36874	99.66
A	1	55.827	55.827	0.1483
B	2	3.8233	1.9117	0.0052
C	2	8.807	4.4035	0.0186
D	2	10.271	5.1357	0.0226
E	2	2.2115	1.1057	○
F	2	32.441	16.221	0.0825
G	2	9.557	4.7785	0.0207
e	4	3.520	0.8799	-
e'	6	5.731	0.9552	0.046
T	18	37001	2055.6	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

表 3.6.28 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)試験結果(引張破壊伸び)

因子 列番	A	B	C	D	E	F	G	e	引張破壊伸び(%)				y _i
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	平均	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	196	189	212	199	y ₁
2	1	1	2	2	2	2	2	2	214	188	198	200	y ₂
3	1	1	3	3	3	3	3	3	187	218	187	197	y ₃
4	1	2	1	1	2	2	3	3	210	218	176	201	y ₄
5	1	2	2	2	3	3	1	1	142	138	161	147	y ₅
6	1	2	3	3	1	1	2	2	221	227	212	220	y ₆
7	1	3	1	2	1	3	2	3	154	176	189	173	y ₇
8	1	3	2	3	2	1	3	1	200	181	216	199	y ₈
9	1	3	3	1	3	2	1	2	206	216	181	201	y ₉
10	2	1	1	3	3	2	2	1	160	126	177	154	y ₁₀
11	2	1	2	1	1	3	3	2	138	185	122	148	y ₁₁
12	2	1	3	2	2	1	1	3	192	120	152	155	y ₁₂
13	2	2	1	2	3	1	3	2	130	140	173	148	y ₁₃
14	2	2	2	3	1	2	1	3	156	158	169	161	y ₁₄
15	2	2	3	1	2	3	2	1	127	180	158	155	y ₁₅
16	2	3	1	3	2	3	1	2	138	160	66	121	y ₁₆
17	2	3	2	1	3	1	2	3	164	166	163	164	y ₁₇
18	2	3	3	2	1	2	3	1	158	155	160	158	y ₁₈

全体 平均値 172.3 標準偏差 32.389
 最小値 66 変動係数 18.79%
 最大値 227 分散(n-1) 736.43

表 3.6.29 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	1737.7	1364.3	-
B	1053.7	1032.0	1016.3
C	996.7	1019.7	1085.7
D	1069.0	980.0	1053.0
E	1059.0	1031.3	1011.7
F	1084.7	1075.3	942.0
G	984.0	1066.7	1051.3

表 3.6.30 分散分析表

要因	f	S	V	p
m	1	534578	534578	97.70
A	1	7743.21	7743.21	1.4028
B	2	117.148	58.5741	○
C	2	711.444	355.722	0.1051
D	2	750.333	375.167	0.1122
E	2	188.481	94.2407	○
F	2	2123.3	1061.60	0.3631
G	2	644.593	322.296	0.0928
e	4	240.86	60.216	-
e'	8	546.5	68.3117	0.225
T	18	547097	30394	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

b)打抜き加工の場合
i)硬質塩化ビニル管(VP)

表 3.6.31 硬質塩化ビニル管(VP)試験結果(引張破壊強さ)

因子 列番	A	B	C	D	E	F	G	e	引張破壊強さ(MPa)				平均	Y _i
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	46.0	46.9	45.5	46.1	Y ₁	
2	1	1	2	2	2	2	2	2	47.9	48.8	46.0	47.6	Y ₂	
3	1	1	3	3	3	3	3	3	47.2	52.4	49.3	49.6	Y ₃	
4	1	2	1	1	2	2	3	3	48.8	46.4	46.4	47.2	Y ₄	
5	1	2	2	2	3	3	1	1	49.2	43.3	45.4	46.0	Y ₅	
6	1	2	3	3	1	1	2	2	47.8	45.3	43.1	45.4	Y ₆	
7	1	3	1	2	1	3	2	3	48.6	50.2	47.7	48.8	Y ₇	
8	1	3	2	3	2	1	3	1	48.1	45.6	46.4	46.7	Y ₈	
9	1	3	3	1	3	2	1	2	47.6	47.9	43.0	46.2	Y ₉	
10	2	1	1	3	3	2	2	1	48.1	44.2	49.7	47.3	Y ₁₀	
11	2	1	2	1	1	3	3	2	48.0	44.3	52.8	48.4	Y ₁₁	
12	2	1	3	2	2	1	1	3	55.1	45.2	48.8	49.7	Y ₁₂	
13	2	2	1	2	3	1	3	2	49.9	47.8	49.7	49.1	Y ₁₃	
14	2	2	2	3	1	2	1	3	46.4	44.3	47.7	46.1	Y ₁₄	
15	2	2	3	1	2	3	2	1	51.5	44.8	52.6	49.6	Y ₁₅	
16	2	3	1	3	2	3	1	2	41.0	46.0	46.6	44.5	Y ₁₆	
17	2	3	2	1	3	1	2	3	49.1	47.9	47.5	48.2	Y ₁₇	
18	2	3	3	2	1	2	3	1	45.7	47.8	44.8	46.1	Y ₁₈	

全体 平均値 47.4 標準偏差 2.657
 最小値 41.0 変動係数 5.61%
 最大値 55.1 分散(n-1) 2.535

表 3.6.32 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	423.6	429.1	-
B	288.7	283.5	280.5
C	283.2	282.9	286.6
D	285.7	287.3	279.7
E	281.0	285.3	286.4
F	285.2	280.5	287.0
G	278.6	286.9	287.1

表 3.6.33 分散分析表

要因	f	S	V	ρ
m	1	40394	40394	99.89
A	1	1.6806	1.6806	○
B	2	5.7959	2.898	○
C	2	1.4459	0.723	○
D	2	5.2848	2.6424	○
E	2	2.7626	1.3813	○
F	2	3.7348	1.8674	○
G	2	7.8433	3.9217	○
e	4	14.539	3.6348	-
e'	17	43.087	2.5345	0.113
T	18	40437	2246.5	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

表 3.6.34 硬質塩化ビニル管(VP)試験結果(引張破壊伸び)

因子 列番	A	B	C	D	E	F	G	e	引張破壊伸び(%)				y _i
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	平均	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	126	136	124	129	y ₁
2	1	1	2	2	2	2	2	2	144	140	122	135	y ₂
3	1	1	3	3	3	3	3	3	128	176	146	150	y ₃
4	1	2	1	1	2	2	3	3	142	133	130	135	y ₄
5	1	2	2	2	3	3	1	1	150	114	132	132	y ₅
6	1	2	3	3	1	1	2	2	133	131	112	125	y ₆
7	1	3	1	2	1	3	2	3	132	154	124	137	y ₇
8	1	3	2	3	2	1	3	1	144	121	132	132	y ₈
9	1	3	3	1	3	2	1	2	133	136	102	124	y ₉
10	2	1	1	3	3	2	2	1	169	119	174	154	y ₁₀
11	2	1	2	1	1	3	3	2	149	141	200	163	y ₁₁
12	2	1	3	2	2	1	1	3	202	132	160	165	y ₁₂
13	2	2	1	2	3	1	3	2	186	163	182	177	y ₁₃
14	2	2	2	3	1	2	1	3	144	132	150	142	y ₁₄
15	2	2	3	1	2	3	2	1	195	146	234	192	y ₁₅
16	2	3	1	3	2	3	1	2	70	147	153	123	y ₁₆
17	2	3	2	1	3	1	2	3	171	165	164	167	y ₁₇
18	2	3	3	2	1	2	3	1	140	150	144	145	y ₁₈

全体 平均値 146 標準偏差 27.155
 最小値 70 変動係数 18.61%
 最大値 234 分散(n-1) 392.0

表 3.6.35 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	1199.0	1427.3	-
B	896.0	903.0	827.3
C	854.7	871.7	900.0
D	909.0	890.3	827.0
E	840.7	882.3	903.3
F	894.7	834.7	897.0
G	814.3	909.7	902.3

表 3.6.36 分散分析表

要因	f	S	V	ρ
m	1	383201	383201	98.24
A	1	2896.45	2896.45	0.6911
B	2	582.753	291.377	○
C	2	174.827	87.4136	○
D	2	615.753	307.877	○
E	2	339.123	169.562	-0.0167
F	2	416.16	208.08	○
G	2	938.123	469.062	0.1369
e	4	701.65	175.414	-
e'	14	2830.3	202.162	0.933
T	18	389866	21659.2	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

ii)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)

表 3.6.37 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP)試験結果(引張破壊強さ)

因子 列番									引張破壊強さ(MPa)				y_i
	A	B	C	D	E	F	G	e	1	2	3	平均	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	45.1	43.4	43.6	44.0	y_1
2	1	1	2	2	2	2	2	2	42.3	45.7	43.9	44.0	y_2
3	1	1	3	3	3	3	3	3	39.5	45.1	44.3	43.0	y_3
4	1	2	1	1	2	2	3	3	48.1	32.3	47.6	42.7	y_4
5	1	2	2	2	3	3	1	1	43.8	43.5	42.8	43.4	y_5
6	1	2	3	3	1	1	2	2	42.4	42.1	41.3	41.9	y_6
7	1	3	1	2	1	3	2	3	43.0	38.2	43.0	41.4	y_7
8	1	3	2	3	2	1	3	1	35.2	34.9	40.9	37.0	y_8
9	1	3	3	1	3	2	1	2	43.8	34.0	44.2	40.7	y_9
10	2	1	1	3	3	2	2	1	42.4	44.4	44.5	43.8	y_{10}
11	2	1	2	1	1	3	3	2	39.9	42.3	44.8	42.3	y_{11}
12	2	1	3	2	2	1	1	3	42.4	43.7	37.9	41.3	y_{12}
13	2	2	1	2	3	1	3	2	35.5	39.7	40.3	38.5	y_{13}
14	2	2	2	3	1	2	1	3	38.4	38.9	39.9	39.1	y_{14}
15	2	2	3	1	2	3	2	1	42.0	37.0	39.8	39.6	y_{15}
16	2	3	1	3	2	3	1	2	41.3	41.8	41.9	41.7	y_{16}
17	2	3	2	1	3	1	2	3	33.5	39.7	37.1	36.8	y_{17}
18	2	3	3	2	1	2	3	1	41.2	41.5	41.0	41.2	y_{18}

全体 平均値 41.2 標準偏差 3.455
 最小値 32.3 変動係数 8.38%
 最大値 48.1 分散(n-1) 5.076

表 3.6.38 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	378.0	364.3	-
B	258.4	245.1	238.7
C	252.0	242.5	247.7
D	246.1	249.8	246.4
E	250.0	246.2	246.0
F	239.6	251.4	251.3
G	250.1	247.4	244.7

表 3.6.39 分散分析表

要因	f	S	V	p
m	1	30609	30609	99.71
A	1	10.478	10.478	0.0268
B	2	33.541	16.771	0.0947
C	2	7.5979	3.7990	○
D	2	1.4227	0.7114	○
E	2	1.6646	0.8323	○
F	2	15.428	7.7138	0.0357
G	2	2.4601	1.2301	○
e	4	13.699	3.4247	-
e'	12	26.844	2.237	0.131
T	18	30695	1705.3	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

表 3.6.40 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HVP)試験結果(引張破壊伸び)

因子 列番	A	B	C	D	E	F	G	e	引張破壊伸び(%)				y _i
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	平均	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	211	191	189	197	y ₁
2	1	1	2	2	2	2	2	2	180	210	183	191	y ₂
3	1	1	3	3	3	3	3	3	162	192	205	186	y ₃
4	1	2	1	1	2	2	3	3	218	47	209	158	y ₄
5	1	2	2	2	3	3	1	1	182	186	183	184	y ₅
6	1	2	3	3	1	1	2	2	171	174	161	169	y ₆
7	1	3	1	2	1	3	2	3	186	140	176	167	y ₇
8	1	3	2	3	2	1	3	1	114	82	118	105	y ₈
9	1	3	3	1	3	2	1	2	192	47	186	142	y ₉
10	2	1	1	3	3	2	2	1	177	180	177	178	y ₁₀
11	2	1	2	1	1	3	3	2	148	164	186	166	y ₁₁
12	2	1	3	2	2	1	1	3	173	184	134	164	y ₁₂
13	2	2	1	2	3	1	3	2	106	142	159	136	y ₁₃
14	2	2	2	3	1	2	1	3	125	134	140	133	y ₁₄
15	2	2	3	1	2	3	2	1	164	117	147	143	y ₁₅
16	2	3	1	3	2	3	1	2	148	157	163	156	y ₁₆
17	2	3	2	1	3	1	2	3	60	132	122	105	y ₁₇
18	2	3	3	2	1	2	3	1	148	162	151	154	y ₁₈

全体 平均値 157.3 標準偏差 38.908
 最小値 47 変動係数 24.73%
 最大値 218 分散(n-1) 711.61

表 3.6.41 補助表

因子	水準		
	1	2	3
A	1498.3	1333.3	-
B	1082.0	921.7	828.0
C	992.0	883.0	956.7
D	910.0	995.0	926.7
E	985.7	916.0	930.0
F	874.3	955.3	1002.0
G	975.0	952.3	904.3

表 3.6.42 分散分析表

要因	f	S	V	ρ
m	1	445463	445463	97.29
A	1	1512.50	1512.5	0.2633
B	2	5499.79	2749.9	1.0674
C	2	1030.90	515.451 ○	
D	2	676.235	338.117 ○	
E	2	452.679	226.34 ○	
F	2	1391.0 0	695.49	0.1694
G	2	433.975	216.988 ○	
e	4	1100.4	275.096	-
e'	12	3694	307.848	1.211
T	18	457561	25420	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

3.7 要因と不確かさへの寄与率の検討及び値付け

ここでは、前章までに得られた分散分析の結果を用いて要因と不確かさへの寄与率の検討及び値付けの検討を行う。

3.7.1 引張降伏強さ

1)機械加工の場合

a)硬質塩化ビニル管(VP) 分散分析及び予備試験の結果から有意となる要因及び不確かさへの寄与結果を表 3.7.1 に示す。

表 3.7.1 有意となる要因及び不確かさへの寄与(機械加工の場合)

作業工程	因子	不確かさへの寄与	評価対象
試験片	A:試料	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与えるため不確かさに含める。	○
	B:プレス温度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	C:切削速度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	D:切込みピッチ	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
試験方法	E:取付け角度	鉛直方向に取り付けることを前提にしているが多少のずれが生じることを考慮し、不確かさに含める	○
	F:掴み距離	規格どおりに試験を実施するため項目には含めない。	-
	G:試験速度	一定で設定するため項目には含めない。	-
誤差		不確かさに含める	○

また、表 3.6.9 より分散分析表を得ていることから

表 3.7.2 分散分析表

要因	f	S	V	ρ
m 一般平均	1	43290	43290	99.97
A 試料	1	5.7047	5.7047	0.0126
B プレス温度	2	0.5527	0.2764	○
C 切削速度	2	0.0675	0.0338	○
D 切込みピッチ	2	0.9964	0.4982	○
E 取付け角度	2	0.3483	0.1741	○
F 掴み距離	2	0.3260	0.1630	○
G 試験速度	2	1.3238	0.6619	0.0019
e 誤差	4	1.317	0.3293	-
e' 誤差プール	14	3.608	0.2577	0.011
T 合計	18	43,301	2,405.6	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

以上の結果から実験による標準不確かさは、次のように算出する。
 要因を含めた誤差分散は、次式により算出されることから

$$\begin{aligned} V'' &= \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_E + \rho_e) = \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_e) \\ &= \frac{2405.6}{100} \times (0.0126 + 0.011) = 0.5603 \text{ (MPa)}^2 \end{aligned} \quad (3.7.1)$$

よって、実験による試験の標準不確かさ u_e は、

$$u_e = \sqrt{V''} = \sqrt{0.5603} = 0.7486 \text{ (MPa)} \quad (3.7.2)$$

となる。また、一軸試験機及び基準器を考慮した標準不確かさの成分である(3.5.9)式、(3.5.14)式、(3.5.15)式及び(3.5.20)式を用いて

$$\sqrt{(+0.24)^2 + (\pm 0.225)^2 + (\pm 0.05)^2 + 0.0297^2 (\%) \times \text{引張降伏応力の平均値}(49.50 \text{ MPa})} = 0.1653 \text{ (MPa)} \quad (3.7.3)$$

とすると合成不確かさ u_T は、

$$u_T = \sqrt{0.7486^2 + 0.165^2} = 0.7666 \quad (3.7.4)$$

となり、包含係数を $k=2$ とすると拡張不確かさ U は

$$U = 2 \times u_T = 2 \times 0.7666 = 1.53 \text{ (MPa)} \quad (3.7.5)$$

となる。このときの相対誤差 q_y は

$$q_y = \frac{\text{拡張不確かさ(MPa)}}{\text{引張降伏応力の平均値(MPa)}} \times 100 = \frac{1.53}{49.5} \times 100 = 3.09 (\%) \quad (3.7.6)$$

で表わされる。

b)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP) 分散分析及び予備試験の結果から有意となる要因及び不確かさへの寄与結果を表 3.7.3 に示す。

表 3.7.3 有意となる要因及び不確かさへの寄与(機械加工の場合)

作業工程	因子	不確かさへの寄与	評価対象
試験片	A:試料	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与えるため不確かさに含める。	○
	B:プレス温度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	C:切削速度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	D:切込みピッチ	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
試験方法	E:取付け角度	鉛直方向に取り付けることを前提にしているが多少のずれが生じることを考慮し、不確かさに含める	○
	F:掴み距離	規格どおりに試験を実施するため項目には含めない。	-
	G:試験速度	一定で設定するため項目には含めない。	-
誤差		不確かさに含める	○

また、表 3.6.12 より分散分析表を得ていることから

表 3.7.4 分散分析表

要因	f	S	V	ρ
m 一般平均	1	34075	34075	99.99
A 試料	1	0.0386	0.0386 ○	
B プレス温度	2	0.2305	0.1152 ○	
C 切削速度	2	0.0968	0.0484 ○	
D 切込みピッチ	2	0.3146	0.1573 ○	
E 取付け角度	2	0.9872	0.4936 ○	0.0022
F 掴み距離	2	0.1279	0.0640 ○	
G 試験速度	2	0.1664	0.0832 ○	
e 誤差	4	0.860	0.215	
e' 誤差プール	15	1.835	0.1223	0.006
T 合計	18	34078	1893.2	100.0

備考 V 欄の○印は、プールした要因であることを意味する

以上の結果から実験による標準不確かさは、次のように算出する。
 要因を含めた誤差分散は、次式により算出されることから

$$\begin{aligned} V'' &= \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_E + \rho_{e'}) = \frac{V_T}{100} \times (\rho_E + \rho_{e'}) \\ &= \frac{1893.2}{100} \times (0.0022 + 0.006) = 0.1552 \text{ (MPa)}^2 \end{aligned} \quad (3.7.7)$$

よって、実験による試験の標準不確かさ u_e は、

$$u_e = \sqrt{V''} = \sqrt{0.1552} = 0.3940 \text{ (MPa)} \quad (3.7.8)$$

となる。また、一軸試験機及び基準器を考慮した標準不確かさの成分である(3.5.9)式、(3.5.14)式、(3.5.15)式及び(3.5.20)式を用いて

$$\sqrt{(+0.24)^2 + (\pm 0.225)^2 + (\pm 0.05)^2 + 0.0297^2 (\%) \times \text{引張降伏応力の平均値}(44.24 \text{ MPa})} = 0.1478 \text{ (MPa)} \quad (3.7.3)$$

とすると合成不確かさ u_T は、

$$u_T = \sqrt{0.3940^2 + 0.1478^2} = 0.4208 \quad (3.7.9)$$

となり、包含係数を $k=2$ とすると拡張不確かさ U は

$$U = 2 \times u_T = 2 \times 0.4208 = 0.842 \text{ (MPa)} \quad (3.7.10)$$

となる。このときの相対誤差 q_y は

$$q_y = \frac{\text{拡張不確かさ(MPa)}}{\text{引張降伏応力の平均値(MPa)}} \times 100 = \frac{0.842}{44.2} \times 100 = 1.90(\%) \quad (3.7.11)$$

で表わされる。

2)打抜き加工の場合

a)硬質塩化ビニル管(VP) 分散分析及び予備試験の結果から有意となる要因及び不確かさへの寄与結果を表 3.7.5 に示す。

表 3.7.5 有意となる要因及び不確かさへの寄与(打抜き加工の場合)

作業工程	因子	不確かさへの寄与	評価対象
試験片	A:試料	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与えるため不確かさに含める。	○
	B:プレス温度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲で変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	C:プレス圧力	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲で変更もあり得るため不確かさに含める。	○
試験方法	D:取付け角度	鉛直方向に取り付けることを前提にしているが多少のずれが生じることを考慮し、不確かさに含める	○
	E:掴み距離	規格どおりに試験を実施するため項目には含めない。	-
	F:試験速度	一定で設定するため項目には含めない。	-
測定者	G:測定者による違い	不確かさに含める	○
誤差		不確かさに含める	○

また、表 3.6.15 より分散分析表を得ていることから

表 3.7.6 分散分析表

要因	f	S	V	ρ
m 一般平均	1	42289	42289	99.99
A 試料	1	1.3158	1.3158	0.0028
B プレス温度	2	0.0794	0.0397	○
C プレス圧力	2	0.0509	0.0254	○
D 取付け角度	2	0.4942	0.2471	○
E 掴み距離	2	1.0231	0.5115	0.0018
F 試験速度	2	0.4894	0.2447	○
G 測定者による違い	2	0.0409	0.0204	○
e 誤差	4	0.597	0.1493	
e' 誤差プール	14	1.752	0.1251	0.005
T 合計	18	42293	2349.6	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

以上の結果から実験による標準不確かさは、次のように算出する。
 要因を含めた誤差分散は、次式により算出されることから

$$\begin{aligned}
 V'' &= \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_E + \rho_e) = \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_E + \rho_e) \\
 &= \frac{2349.6}{100} \times (0.0028 + 0.0018 + 0.005) = 0.2256 \text{ (MPa)}^2 \\
 &\text{(3.7.1)}
 \end{aligned}$$

よって、実験による試験の標準不確かさ u_e は、

$$u_e = \sqrt{V''} = \sqrt{0.2256} = 0.4750 \text{ (MPa)} \quad (3.7.12)$$

となる。また、一軸試験機及び基準器を考慮した標準不確かさの成分である(3.5.9)式、(3.5.14)式、(3.5.15)式及び(3.5.20)式を用いて

$$\sqrt{(+0.24)^2 + (\pm 0.225)^2 + (\pm 0.05)^2 + 0.0297^2 (\%) \times \text{引張降伏応力の平均値}(49.50 \text{ MPa})} = 0.1654 \text{ (MPa)} \quad (3.7.13)$$

とすると合成不確かさ u_T は、

$$u_T = \sqrt{0.4750^2 + 0.1654^2} = 0.5030 \quad (3.7.14)$$

となり、包含係数を $k=2$ とすると拡張不確かさ U は

$$U = 2 \times u_T = 2 \times 0.5030 = 1.01 \text{ (MPa)} \quad (3.7.15)$$

となる。このときの相対誤差 q_y は

$$q_y = \frac{\text{拡張不確かさ(MPa)}}{\text{引張降伏応力の平均値(MPa)}} \times 100 = \frac{1.01}{49.5} \times 100 = 2.04 (\%) \quad (3.7.16)$$

で表わされる。

b)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP) 分散分析及び予備試験の結果から有意となる要因及び不確かさへの寄与結果を表 3.7.7 に示す。

表 3.7.7 有意となる要因及び不確かさへの寄与(打抜き加工の場合)

作業工程	因子	不確かさへの寄与	評価対象
試験片	A:試料	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与えるため不確かさに含める。	○
	B:プレス温度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲で変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	C:プレス圧力	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲で変更もあり得るため不確かさに含める。	○
試験方法	D:取付け角度	鉛直方向に取り付けることを前提にしているが多少のずれが生じることを考慮し、不確かさに含める	○
	E:掴み距離	規格どおりに試験を実施するため項目には含めない。	-
	F:試験速度	一定で設定するため項目には含めない。	-
測定者	G:測定者による違い	不確かさに含める	○
誤差		不確かさに含める	○

また、表 3.6.18 より分散分析表を得ていることから

表 3.7.8 分散分析表

	要因	f	S	V	ρ
m	一般平均	1	32388	32388	99.99
A	試料	1	2.6195	2.6195	0.0077
B	プレス温度	2	0.0631	0.0315	○
C	プレス圧力	2	0.0775	0.0388	○
D	取付け角度	2	0.1631	0.0815	○
E	掴み距離	2	0.1712	0.0856	○
F	試験速度	2	0.6172	0.3086	○
G	測定者による違い	2	0.0746	0.0373	○
e	誤差	4	0.657	0.1641	-
e'	誤差プール	16	1.823	0.114	0.006
T	合計	18	32392	1799.6	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

以上の結果から実験による標準不確かさは、次のように算出する。
 要因を含めた誤差分散は、次式により算出されることから

$$V'' = \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_E + \rho_{e'}) = \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_{e'})$$

$$= \frac{1799.6}{100} \times (0.0077 + 0.006) = 0.2465 \text{ (MPa)}^2 \quad (3.7.17)$$

よって、実験による試験の標準不確かさ u_e は、

$$u_e = \sqrt{V''} = \sqrt{0.2465} = 0.4965 \text{ (MPa)} \quad (3.7.18)$$

となる。また、一軸試験機及び基準器を考慮した標準不確かさの成分である(3.5.9)式、(3.5.14)式、(3.5.15)式及び(3.5.20)式を用いて

$$\sqrt{(+0.24)^2 + (\pm 0.225)^2 + (\pm 0.05)^2 + 0.0297^2 (\%) \times \text{引張降伏応力の平均値}(44.24 \text{ MPa})} = 0.1478 \text{ (MPa)}$$

(3.7.3)

とすると合成不確かさ u_T は、

$$u_T = \sqrt{0.4965^2 + 0.1478^2} = 0.5180 \quad (3.7.19)$$

となり、包含係数を $k=2$ とすると拡張不確かさ U は

$$U = 2 \times u_T = 2 \times 0.5180 = 1.04 \text{ (MPa)} \quad (3.7.20)$$

となる。このときの相対誤差 q_y は

$$q_y = \frac{\text{拡張不確かさ(MPa)}}{\text{引張降伏応力の平均値(MPa)}} \times 100 = \frac{1.04}{44.2} \times 100 = 2.35(\%) \quad (3.7.21)$$

で表わされる。

3.7.2 引張破壊強さ

1)機械加工の場合

a)硬質塩化ビニル管(VP) 分散分析及び予備試験の結果から有意となる要因及び不確かさへの寄与結果を表 3.7.9 に示す。

表 3.7.9 有意となる要因及び不確かさへの寄与(機械加工の場合)

作業工程	因子	不確かさへの寄与	評価対象
試験片	A:試料	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与えるため不確かさに含める。	○
	B:プレス温度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	C:切削速度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	D:切込みピッチ	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
試験方法	E:取付け角度	鉛直方向に取り付けることを前提にしているが多少のずれが生じることを考慮し、不確かさに含める	○
	F:掴み距離	規格どおりに試験を実施するため項目には含めない。	-
	G:試験速度	一定で設定するため項目には含めない。	-
誤差		不確かさに含める	○

また、表 3.6.21 より分散分析表を得ていることから

表 3.7.10 分散分析表

	要因	f	S	V	ρ
m	一般平均	1	43146	43146	99.87
A	試料	1	0.2077	0.2077 ○	
B	プレス温度	2	14.888	7.4440	0.0315
C	切削速度	2	7.0031	3.5015	0.0133
D	切込みピッチ	2	5.2453	2.6227	0.0092
E	取付け角度	2	8.5416	4.2708	0.0168
F	掴み距離	2	0.1501	0.0751 ○	
G	試験速度	2	17.235	8.6173	0.0370
e	誤差	4	4.075	1.0189	-
e'	誤差プール	7	4.433	0.6333	0.026
T	合計	18	43204	2400.2	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

以上の結果から実験による標準不確かさは、次のように算出する。
 要因を含めた誤差分散は、次式により算出されることから

$$\begin{aligned}
 V'' &= \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_E + \rho_F) = \frac{V_T}{100} \times (\rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_E + \rho_F) \\
 &= \frac{2400.2}{100} \times (0.0315 + 0.0133 + 0.0092 + 0.0168 + 0.037 + 0.026) = 3.211 (\text{MPa})^2
 \end{aligned}
 \tag{3.7.1}$$

よって、実験による試験の標準不確かさ u_e は、

$$u_e = \sqrt{V''} = \sqrt{3.211} = 1.792 (\text{MPa}) \tag{3.7.22}$$

となる。また、一軸試験機及び基準器を考慮した標準不確かさの成分である(3.5.9)式、(3.5.14)式、(3.5.15)式及び(3.5.20)式を用いて

$$\sqrt{(+0.24)^2 + (\pm 0.225)^2 + (\pm 0.05)^2 + 0.0465^2 (\%) \times \text{引張破壊強さの平均値}(49.0 \text{MPa})} = 0.1646 (\text{MPa})
 \tag{3.7.23}$$

とすると合成不確かさ u_T は、

$$u_T = \sqrt{1.792^2 + 0.1646^2} = 1.800 \tag{3.7.24}$$

となり、包含係数を $k = 2$ とすると拡張不確かさ U は

$$U = 2 \times u_T = 2 \times 1.800 = 3.60 (\text{MPa}) \tag{3.7.25}$$

となる。このときの相対誤差 q_y は

$$q_y = \frac{\text{拡張不確かさ}(\text{MPa})}{\text{引張降伏応力の平均値}(\text{MPa})} \times 100 = \frac{3.60}{49.0} \times 100 = 7.35 (\%)
 \tag{3.7.26}$$

で表わされる。

b)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP) 分散分析及び予備試験の結果から有意となる要因及び不確かさへの寄与結果を表 3.7.11 に示す。

表 3.7.11 有意となる要因及び不確かさへの寄与(機械加工の場合)

作業工程	因子	不確かさへの寄与	評価対象
試験片	A:試料	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与えるため不確かさに含める。	○
	B:プレス温度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	C:切削速度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	D:切込みピッチ	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
試験方法	E:取付け角度	鉛直方向に取り付けることを前提にしているが多少のずれが生じることを考慮し、不確かさに含める	○
	F:掴み距離	規格どおりに試験を実施するため項目には含めない。	-
	G:試験速度	一定で設定するため項目には含めない。	-
誤差		不確かさに含める	○

また、表 3.6.27 より分散分析表を得ていることから

表 3.7.12 分散分析表

要因	f	S	V	p
m 一般平均	1	36874	36874	99.66
A 試料	1	55.827	55.827	0.1483
B プレス温度	2	3.8233	1.9117	0.0052
C 切削速度	2	8.807	4.4035	0.0186
D 切込みピッチ	2	10.271	5.1357	0.0226
E 取付け角度	2	2.2115	1.1057	○
F 掴み距離	2	32.441	16.221	0.0825
G 試験速度	2	9.557	4.7785	0.0207
e 誤差	4	3.520	0.8799	-
e 誤差プール	6	5.731	0.9552	0.046
T 合計	18	37001	2055.6	100.0

備考 V 欄の○印は、プールした要因であることを意味する

以上の結果から実験による標準不確かさは、次のように算出する。
 要因を含めた誤差分散は、次式により算出されることから

$$\begin{aligned}
 V'' &= \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_E + \rho_e) = \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_e) \\
 &= \frac{2055.6}{100} \times (0.1483 + 0.0052 + 0.0186 + 0.0226) = 4.002 \text{ (MPa)}^2
 \end{aligned}
 \tag{3.7.27}$$

よって、実験による試験の標準不確かさ u_e は、

$$u_e = \sqrt{V''} = \sqrt{4.002} = 2.000 \text{ (MPa)} \tag{3.7.28}$$

となる。また、一軸試験機及び基準器を考慮した標準不確かさの成分である(3.5.9)式、(3.5.14)式、(3.5.15)式及び(3.5.20)式を用いて

$$\sqrt{(+0.24)^2 + (\pm 0.225)^2 + (\pm 0.05)^2 + 0.0465^2 (\%) \times \text{引張破壊強さの平均値}(45.3 \text{ MPa})} = 0.1522 \text{ (MPa)} \tag{3.7.29}$$

とすると合成不確かさ u_T は、

$$u_T = \sqrt{2.000^2 + 0.1522^2} = 2.006 \tag{3.7.30}$$

となり、包含係数を $k=2$ とすると拡張不確かさ U は

$$U = 2 \times u_T = 2 \times 2.006 = 4.012 \text{ (MPa)} \tag{3.7.31}$$

となる。このときの相対誤差 q_y は

$$q_y = \frac{\text{拡張不確かさ(MPa)}}{\text{引張破壊強さの平均値(MPa)}} \times 100 = \frac{4.012}{45.3} \times 100 = 8.86 (\%) \tag{3.7.32}$$

で表わされる。

2)打抜き加工の場合

a)硬質塩化ビニル管(VP) 分散分析及び予備試験の結果から有意となる要因及び不確かさへの寄与結果を表 3.7.13 に示す。

表 3.7.13 有意となる要因及び不確かさへの寄与(打抜き加工の場合)

作業工程	因子	不確かさへの寄与	評価対象
試験片	A:試料	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与えるため不確かさに含める。	○
	B:プレス温度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲で変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	C:プレス圧力	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲で変更もあり得るため不確かさに含める。	○
試験方法	D:取付け角度	鉛直方向に取り付けることを前提にしているが多少のずれが生じることを考慮し、不確かさに含める	○
	E:掴み距離	規格どおりに試験を実施するため項目には含めない。	-
	F:試験速度	一定で設定するため項目には含めない。	-
測定者	G:測定者による違い	不確かさに含める	○
誤差		不確かさに含める	○

また、表 3.6.33 より分散分析表を得ていることから

表 3.7.14 分散分析表

	要因	f	S	V	ρ
m	一般平均	1	40394	40394	99.89
A	試料	1	1.6806	1.6806 ○	
B	プレス温度	2	5.7959	2.898 ○	
C	プレス圧力	2	1.4459	0.723 ○	
D	取付け角度	2	5.2848	2.6424 ○	
E	掴み距離	2	2.7626	1.3813 ○	
F	試験速度	2	3.7348	1.8674 ○	
G	測定者による違い	2	7.8433	3.9217 ○	
e	誤差	4	14.539	3.6348	-
e'	誤差プール	17	43.087	2.5345	0.113
T	合計	18	40437	2246.5	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

以上の結果から実験による標準不確かさは、次のように算出する。
 要因を含めた誤差分散は、次式により算出されることから

$$\begin{aligned} V'' &= \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_G + \rho_e) = \frac{V_T}{100} \times \rho_e \\ &= \frac{2246.5}{100} \times 0.113 = 2.538 \text{ (MPa)}^2 \end{aligned} \quad (3.7.33)$$

よって、実験による試験の標準不確かさ u_e は、

$$u_e = \sqrt{V''} = \sqrt{2.538} = 1.593 \text{ (MPa)} \quad (3.7.34)$$

となる。また、一軸試験機及び基準器を考慮した標準不確かさの成分である(3.5.9)式、(3.5.14)式、(3.5.15)式及び(3.5.20)式を用いて

$$\sqrt{(+0.24)^2 + (\pm 0.225)^2 + (\pm 0.05)^2 + 0.0465^2 (\%) \times \text{引張降伏応力の平均値}(47.4 \text{ MPa})} = 0.1592 \text{ (MPa)} \quad (3.7.35)$$

とすると合成不確かさ u_T は、

$$u_T = \sqrt{1.593^2 + 0.1592^2} = 1.601 \quad (3.7.36)$$

となり、包含係数を $k=2$ とすると拡張不確かさ U は

$$U = 2 \times u_T = 2 \times 1.601 = 3.20 \text{ (MPa)} \quad (3.7.37)$$

となる。このときの相対誤差 q_y は

$$q_y = \frac{\text{拡張不確かさ(MPa)}}{\text{引張破壊強さの平均値(MPa)}} \times 100 = \frac{3.20}{47.4} \times 100 = 6.75(\%) \quad (3.7.38)$$

で表わされる。

b)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP) 分散分析及び予備試験の結果から有意となる要因及び不確かさへの寄与結果を表 3.7.15 に示す。

表 3.7.15 有意となる要因及び不確かさへの寄与(打抜き加工の場合)

作業工程	因子	不確かさへの寄与	評価対象
試験片	A:試料	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与えるため不確かさに含める。	○
	B:プレス温度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲で変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	C:プレス圧力	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲で変更もあり得るため不確かさに含める。	○
試験方法	D:取付け角度	鉛直方向に取り付けることを前提にしているが多少のずれが生じることを考慮し、不確かさに含める	○
	E:掴み距離	規格どおりに試験を実施するため項目には含めない。	-
	F:試験速度	一定で設定するため項目には含めない。	-
測定者	G:測定者による違い	不確かさに含める	○
誤差		不確かさに含める	○

また、表 3.6.39 より分散分析表を得ていることから

表 3.7.16 分散分析表

	要因	f	S	V	p
m	一般平均	1	30609	30609	99.71
A	試料	1	10.478	10.478	0.0268
B	プレス温度	2	33.541	16.771	0.0947
C	プレス圧力	2	7.5979	3.7990	○
D	取付け角度	2	1.4227	0.7114	○
E	掴み距離	2	1.6646	0.8323	○
F	試験速度	2	15.428	7.7138	0.0357
G	測定者による違い	2	2.4601	1.2301	○
e	誤差	4	13.699	3.4247	-
e'	誤差プール	12	26.844	2.237	0.131
T	合計	18	30695	1705.3	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

以上の結果から実験による標準不確かさは、次のように算出する。
 要因を含めた誤差分散は、次式により算出されることから

$$\begin{aligned}
 V'' &= \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_G + \rho_e) = \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_e) \\
 &= \frac{1705.3}{100} \times (0.0268 + 0.0947 + 0.131) = 4.306 \text{ (MPa)}^2 \\
 &\text{(3.7.17)}
 \end{aligned}$$

よって、実験による試験の標準不確かさ u_e は、

$$u_e = \sqrt{V''} = \sqrt{4.306} = 2.075 \text{ (MPa)} \quad (3.7.39)$$

となる。また、一軸試験機及び基準器を考慮した標準不確かさの成分である(3.5.9)式,(3.5.14)式,(3.5.15)式及び(3.5.20)式を用いて

$$\sqrt{(+0.24)^2 + (\pm 0.225)^2 + (\pm 0.05)^2 + 0.0465^2 (\%) \times \text{引張破壊強さの平均値}(41.2 \text{ MPa})} = 0.1384 \text{ (MPa)} \quad (3.7.40)$$

とすると合成不確かさ u_T は、

$$u_T = \sqrt{2.075^2 + 0.1384^2} = 2.080 \quad (3.7.41)$$

となり、包含係数を $k=2$ とすると拡張不確かさ U は

$$U = 2 \times u_T = 2 \times 2.080 = 4.160 \text{ (MPa)} \quad (3.7.42)$$

となる。このときの相対誤差 q_y は

$$q_y = \frac{\text{拡張不確かさ(MPa)}}{\text{引張破壊強さの平均値(MPa)}} \times 100 = \frac{4.16}{41.2} \times 100 = 10.1(\%) \quad (3.7.43)$$

で表わされる。

3.7.3 引張破壊伸び

1) 機械加工の場合

a) 硬質塩化ビニル管(VP) 分散分析及び予備試験の結果から有意となる要因及び不確かさへの寄与結果を表 3.7.17 に示す。

表 3.7.17 有意となる要因及び不確かさへの寄与(機械加工の場合)

作業工程	因子	不確かさへの寄与	評価対象
試験片	A: 試料	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与えるため不確かさに含める。	○
	B: プレス温度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	C: 切削速度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	D: 切込みピッチ	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
試験方法	E: 取付け角度	鉛直方向に取り付けることを前提にしているが多少のずれが生じることを考慮し、不確かさに含める	○
	F: 掴み距離	規格どおりに試験を実施するため項目には含めない。	-
	G: 試験速度	一定で設定するため項目には含めない。	-
誤差		不確かさに含める	○

また、表 3.6.24 より分散分析表を得ていることから

表 3.7.18 分散分析表

	要因	f	S	V	p
m	一般平均	1	367510	367510	98.09
A	試料	1	2222.22	2222.22	0.5236
B	プレス温度	2	623.259	311.630 ○	
C	切削速度	2	536.704	268.352 ○	
D	切込みピッチ	2	515.815	257.907 ○	
E	取付け角度	2	990.111	495.056	0.1246
F	掴み距離	2	25.9260	12.9630 ○	
G	試験速度	2	1321.04	660.519	0.2130
e	誤差	4	642.48	160.62	-
e'	誤差プール	14	3665.2	261.802	1.259
T	合計	18	374388	20799.3	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

以上の結果から実験による標準不確かさは、次のように算出する。
 要因を含めた誤差分散は、次式により算出されることから

$$\begin{aligned}
 V'' &= \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_E + \rho_e) = \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_E + \rho_e) \\
 &= \frac{20799.3}{100} \times (0.5236 + 0.1246 + 1.259) = 396.7 (\%)^2 \\
 (3.7.1)
 \end{aligned}$$

よって、実験による試験の標準不確かさ u_e は、

$$u_e = \sqrt{V''} = \sqrt{396.7} = 19.91 (\%) \quad (3.7.44)$$

となる。また、一軸試験機及び基準器を考慮した標準不確かさの成分である(3.5.9)式、(3.5.14)式、(3.5.15)式及び(3.5.20)式を用いて

$$\sqrt{(+0.24)^2 + (\pm 0.225)^2 + (\pm 0.05)^2 + 0.0216^2 (\%) \times \text{引張破壊伸びの平均値}(143\%)} = 0.4768 (\%) \quad (3.7.45)$$

とすると合成不確かさ u_T は、

$$u_T = \sqrt{19.91^2 + 0.4768^2} = 19.92 \quad (3.7.46)$$

となり、包含係数を $k=2$ とすると拡張不確かさ U は

$$U = 2 \times u_T = 2 \times 19.92 = 39.84 (\%) \quad (3.7.47)$$

となる。このときの相対誤差 q_y は

$$q_y = \frac{\text{拡張不確かさ}(\%)}{\text{引張破壊伸びの平均値}(\%)} \times 100 = \frac{39.8}{143} \times 100 = 27.8 (\%) \quad (3.7.48)$$

で表わされる。

b)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP) 分散分析及び予備試験の結果から有意となる要因及び不確かさへの寄与結果を表 3.7.19 に示す。

表 3.7.19 有意となる要因及び不確かさへの寄与(機械加工の場合)

作業工程	因子	不確かさへの寄与	評価対象
試験片	A:試料	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与えるため不確かさに含める。	○
	B:プレス温度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	C:切削速度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	D:切込みピッチ	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲内での変更もあり得るため不確かさに含める。	○
試験方法	E:取付け角度	鉛直方向に取り付けることを前提にしているが多少のずれが生じることを考慮し、不確かさに含める	○
	F:掴み距離	規格どおりに試験を実施するため項目には含めない。	-
	G:試験速度	一定で設定するため項目には含めない。	-
誤差		不確かさに含める	○

また、表 3.6.30 より分散分析表を得ていることから

表 3.7.20 分散分析表

	要因	f	S	V	ρ
m	一般平均	1	534578	534578	97.70
A	試料	1	7743.21	7743.21	1.4028
B	プレス温度	2	117.148	58.5741 ○	
C	切削速度	2	711.444	355.722	0.1051
D	切込みピッチ	2	750.333	375.167	0.1122
E	取付け角度	2	188.481	94.2407 ○	
F	掴み距離	2	2123.3	1061.60	0.3631
G	試験速度	2	644.593	322.296	0.0928
e	誤差	4	240.86	60.216	-
e'	誤差プール	8	546.5	68.3117	0.225
T	合計	18	547097	30394	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

以上の結果から実験による標準不確かさは、次のように算出する。
 要因を含めた誤差分散は、次式により算出されることから

$$\begin{aligned} V'' &= \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_E + \rho_e) = \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_C + \rho_D + \rho_e) \\ &= \frac{30,394}{100} \times (1.4028 + 0.1051 + 0.1122 + 0.225) = 560.8 (\%)^2 \end{aligned} \quad (3.7.49)$$

よって、実験による試験の標準不確かさ u_e は、

$$u_e = \sqrt{V''} = \sqrt{560.8} = 23.68 (\%) \quad (3.7.50)$$

となる。また、一軸試験機及び基準器を考慮した標準不確かさの成分である(3.5.9)式、(3.5.14)式、(3.5.15)式及び(3.5.20)式を用いて

$$\sqrt{(+0.24)^2 + (\pm 0.225)^2 + (\pm 0.05)^2 + 0.0216^2 (\%) \times \text{引張破壊伸びの平均値}(172\%)} = 0.5735 (\%) \quad (3.7.51)$$

とすると合成不確かさ u_T は、

$$u_T = \sqrt{23.68^2 + 0.5735^2} = 23.69 \quad (3.7.52)$$

となり、包含係数を $k=2$ とすると拡張不確かさ U は

$$U = 2 \times u_T = 2 \times 23.69 = 47.38 (\%) \quad (3.7.53)$$

となる。このときの相対誤差 q_y は

$$q_y = \frac{\text{拡張不確かさ}(\%)}{\text{引張破壊伸びの平均値}(\%)} \times 100 = \frac{47.38}{172} \times 100 = 27.5 (\%) \quad (3.7.54)$$

で表わされる。

2)打抜き加工の場合

a)硬質塩化ビニル管(VP) 分散分析及び予備試験の結果から有意となる要因及び不確かさへの寄与結果を表 3.7.21 に示す。

表 3.7.21 有意となる要因及び不確かさへの寄与(打抜き加工の場合)

作業工程	因子	不確かさへの寄与	評価対象
試験片	A:試料	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与えるため不確かさに含める。	○
	B:プレス温度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲で変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	C:プレス圧力	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲で変更もあり得るため不確かさに含める。	○
試験方法	D:取付け角度	鉛直方向に取り付けることを前提にしているが多少のずれが生じることを考慮し、不確かさに含める	○
	E:掴み距離	規格どおりに試験を実施するため項目には含めない。	-
	F:試験速度	一定で設定するため項目には含めない。	-
測定者	G:測定者による違い	不確かさに含める	○
誤差		不確かさに含める	○

また、表 3.6.36 より分散分析表を得ていることから

表 3.7.22 分散分析表

要因	f	S	V	ρ
m 一般平均	1	383201	383201	98.24
A 試料	1	2896.45	2896.45	0.6911
B プレス温度	2	582.753	291.377	○
C プレス圧力	2	174.827	87.4136	○
D 取付け角度	2	615.753	307.877	○
E 掴み距離	2	339.123	169.562	-0.0167
F 試験速度	2	416.16	208.08	○
G 測定者による違い	2	938.123	469.062	0.1369
e 誤差	4	701.65	175.414	-
e' 誤差プール	14	2830.3	202.162	0.933
T 合計	18	389866	21659.2	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

以上の結果から実験による標準不確かさは、次のように算出する。
 要因を含めた誤差分散は、次式により算出されることから

$$\begin{aligned} V'' &= \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_G + \rho_e) = \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_e) \\ &= \frac{21,659}{100} \times (0.6911 + 0.933) = 351.8 (\%)^2 \end{aligned} \quad (3.7.55)$$

よって、実験による試験の標準不確かさ u_e は、

$$u_e = \sqrt{V''} = \sqrt{351.8} = 18.76 (\%) \quad (3.7.56)$$

となる。また、一軸試験機及び基準器を考慮した標準不確かさの成分である(3.5.9)式、(3.5.14)式、(3.5.15)式及び(3.5.20)式を用いて

$$\sqrt{(+0.24)^2 + (\pm 0.225)^2 + (\pm 0.05)^2 + 0.0216^2 (\%) \times \text{引張破壊伸びの平均値}(146\%)} = 0.5792 (\%) \quad (3.7.57)$$

とすると合成不確かさ u_T は、

$$u_T = \sqrt{18.76^2 + 0.5792^2} = 18.77 \quad (3.7.58)$$

となり、包含係数を $k=2$ とすると拡張不確かさ U は

$$U = 2 \times u_T = 2 \times 18.77 = 37.54 (\%) \quad (3.7.59)$$

となる。このときの相対誤差 q_y は

$$q_y = \frac{\text{拡張不確かさ}(\%)}{\text{引張破壊伸びの平均値}(\%)} \times 100 = \frac{37.5}{146} \times 100 = 25.7 (\%) \quad (3.7.60)$$

で表わされる。

b)耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HIVP) 分散分析及び予備試験の結果から有意となる要因及び不確かさへの寄与結果を表 3.7.23 に示す。

表 3.7.23 有意となる要因及び不確かさへの寄与(打抜き加工の場合)

作業工程	因子	不確かさへの寄与	評価対象
試験片	A:試料	材料の固有のばらつきが負荷にばらつきを与えるため不確かさに含める。	○
	B:プレス温度	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲で変更もあり得るため不確かさに含める。	○
	C:プレス圧力	試験片の仕上がりの状況によっては実施した範囲で変更もあり得るため不確かさに含める。	○
試験方法	D:取付け角度	鉛直方向に取り付けることを前提にしているが多少のずれが生じることを考慮し、不確かさに含める	○
	E:掴み距離	規格どおりに試験を実施するため項目には含めない。	-
	F:試験速度	一定で設定するため項目には含めない。	-
測定者	G:測定者による違い	不確かさに含める	○
誤差		不確かさに含める	○

また、表 3.6.42 より分散分析表を得ていることから

表 3.7.24 分散分析表

	要因	f	S	V	ρ
m	一般平均	1	445463	445463	97.29
A	試料	1	1512.50	1512.5	0.2633
B	プレス温度	2	5499.79	2749.9	1.0674
C	プレス圧力	2	1030.90	515.451	○
D	取付け角度	2	676.235	338.117	○
E	掴み距離	2	452.679	226.34	○
F	試験速度	2	1391.00	695.49	0.1694
G	測定者による違い	2	433.975	216.988	○
e	誤差	4	1100.4	275.096	-
e'	誤差プール	12	3694	307.848	1.211
T	合計	18	457561	25420	100.0

備考 V欄の○印は、プールした要因であることを意味する

以上の結果から実験による標準不確かさは、次のように算出する。
 要因を含めた誤差分散は、次式により算出されることから

$$\begin{aligned} V'' &= \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_G + \rho_e) = \frac{V_T}{100} \times (\rho_A + \rho_B + \rho_e) \\ &= \frac{25,420}{100} \times (0.2633 + 1.067 + 1.211) = 646.1 (\%)^2 \end{aligned} \quad (3.7.61)$$

よって、実験による試験の標準不確かさ u_e は、

$$u_e = \sqrt{V''} = \sqrt{646.1} = 25.42 (\%) \quad (3.7.62)$$

となる。また、一軸試験機及び基準器を考慮した標準不確かさの成分である(3.5.9)式、(3.5.14)式、(3.5.15)式及び(3.5.20)式を用いて

$$\sqrt{(+0.24)^2 + (\pm 0.225)^2 + (\pm 0.05)^2 + 0.0216^2} (\%) \times \text{引張破壊伸びの平均値}(157\%) = 0.5235 (\%) \quad (3.7.63)$$

とすると合成不確かさ u_T は、

$$u_T = \sqrt{25.42^2 + 0.5235^2} = 25.42 \quad (3.7.64)$$

となり、包含係数を $k=2$ とすると拡張不確かさ U は

$$U = 2 \times u_T = 2 \times 25.42 = 50.84 (\%) \quad (3.7.65)$$

となる。このときの相対誤差 q_y は

$$q_y = \frac{\text{拡張不確かさ}(\%)}{\text{引張破壊伸びの平均値}(\%)} \times 100 = \frac{50.84}{157} \times 100 = (\%) \quad (3.7.66)$$

で表わされる。

3.8 結 論 以上の結果から本引張試験において引張降伏強さの拡張不確かさは次のとおり。

1)引張降伏強さ

表 3.8.1 解析結果(引張降伏強さ)

試験片作製方法	試 料 (記号)	拡張不確かさ	相対誤差
機械加工	硬質塩化ビニル管 (VP)	1.53(MPa)	3.09(%)
	耐衝撃性硬質塩化ビニル管 (HIVP)	0.842(MPa)	1.90(%)
打抜加工	硬質塩化ビニル管 (VP)	1.01(MPa)	2.04(%)
	耐衝撃性硬質塩化ビニル管 (HIVP)	1.04(MPa)	2.35(%)

2)引張破壊強さ

表 3.8.2 解析結果(引張破壊強さ)

試験片作製方法	試 料 (記号)	拡張不確かさ	相対誤差
機械加工	硬質塩化ビニル管 (VP)	3.60(MPa)	7.35(%)
	耐衝撃性硬質塩化ビニル管 (HIVP)	4.01(MPa)	8.86(%)
打抜加工	硬質塩化ビニル管 (VP)	3.20(MPa)	6.75(%)
	耐衝撃性硬質塩化ビニル管 (HIVP)	4.16(MPa)	10.1(%)

3)引張破壊伸び

表 3.8.3 解析結果(引張破壊伸び)

試験片作製方法	試 料 (記号)	拡張不確かさ	相対誤差
機械加工	硬質塩化ビニル管 (VP)	39.8(%)	27.8(%)
	耐衝撃性硬質塩化ビニル管 (HIVP)	47.4(%)	27.5(%)
打抜加工	硬質塩化ビニル管 (VP)	37.5(%)	25.7(%)
	耐衝撃性硬質塩化ビニル管 (HIVP)	50.8(%)	32.4(%)

4.1 均質性試験 均質性試験実施の目的は、試験片の採取位置の違いにより試験結果に差があるかを確認するためのものである。また本事業で複数本の製品を購入していることから製品ごとに差が生じるかも併せて確認する。

4.1.1 実施内容 均質性試験の実施内容を表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 実施内容

項目		実施内容詳細
試料	種類	硬質塩化ビニル管(VP)及び 耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HVP)
	呼び径	50 及び 25
プレス条件	加熱温度	128°C(中間値を採用)
	加熱時間	4 分 30 秒(呼び径 50),3 分 30 秒(呼び径 25)
試験片	試験片形状	JIS K 6815-2 機械加工による試験片(タイプ 1)
切削条件	エンドミル	φ 3.0
	回転数	50 × 100rpm
	切削速度	5mm/sec
	切り込みピッチ	1.0mm
試験条件	状態調節及び 試験雰囲気	試験温度 23±2°C,相対湿度(50±5)%,48 時間以上状態調節
	試験速度	5.0mm/min
	掴み距離	80mm
	試験回数	呼び径 50 については周方向に 4 片に長さ方向に 24 列(長さ 160mm)に分割し,1 つおきに測定を実施する。(長さ方向に 12 列) 呼び径 25 については周方向に 2 片に長さ方向に 24 列(長さ 160mm)に分割し,1 つおきに測定を実施する。(長さ方向に 12 列) 製品の評価については,各種 5 本について各 n=5 実施
測定項目	引張降伏強さ,引張破壊強さ及び引張破壊伸び	
試験片数		呼び径 50:(4(周方向)× 12(長さ方向))× 2 種類=96 片
		呼び径 25:(2(周方向)× 12(長さ方向))× 2 種類=48 片
		製品の評価: (5 本 × n=5) × 4 種類=100 片
		総計:244 片

備考

(1)試験作製方法を機械加工による方法とした理由は,厚さ 12mm 以下の管にあって「試験所間の比較及び参照試験に用いる試験片は,機械加工によって作製する」の記述が,JIS K 6815-2 になされているため。

(2)切削条件は,最適条件と一致する。

4.1.2 試験方法

サンプリング グレーで色分けされている箇所は、均質性で評価する試料番号と一致する。

図 4.1.1 試験片採取箇所(呼び径 50)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
1																									
2																									
3																									
4																									

図 4.1.2 試験片採取箇所(呼び径 25)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1																								
2																								

4.1.3 試験結果 試料内及び試料間における引張降伏強さ、引張破壊強さ及び引張破壊伸びの各測定結果及び引張降伏強さの解析結果を以下に示す。

表4.1.2 VP50における試料内の試験結果(引張降伏強さ)

試験項目	試料	円周方向				解析						
		1	2	3	4	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数	
引張降伏強さ (MPa)	流れ	A	48.1	48.0	49.3	49.1	48.0	49.3	48.63	0.449	0.670	1.38%
		C	48.7	48.7	49.8	50.1	48.7	50.1	49.33	0.536	0.732	1.48%
		E	49.6	49.5	48.0	49.6	48.0	49.6	49.18	0.616	0.785	1.60%
		G	50.2	51.0	49.8	49.1	49.1	51.0	50.03	0.629	0.793	1.59%
		I	50.0	50.6	50.5	49.7	49.7	50.6	50.20	0.180	0.424	0.85%
		K	49.4	50.5	49.4	49.5	49.4	50.5	49.70	0.287	0.535	1.08%
	方向	M	49.3	49.6	49.5	49.9	49.3	49.9	49.58	0.062	0.250	0.50%
		O	50.8	50.2	49.8	50.0	49.8	50.8	50.20	0.187	0.432	0.86%
		Q	49.9	49.8	49.9	49.4	49.4	49.9	49.75	0.057	0.238	0.48%
		S	49.0	49.1	49.0	48.9	48.9	49.1	49.00	0.007	0.082	0.17%
		U	49.4	49.4	48.9	50.2	48.9	50.2	49.48	0.289	0.538	1.09%
		W	49.0	49.0	48.6	49.1	48.6	49.1	48.93	0.049	0.222	0.45%
	解析	最小値	48.1	48.0	48.0	48.9						
		最大値	50.8	51.0	50.5	50.2						
平均値		49.45	49.62	49.38	49.55							
分散(n-1)		0.521	0.745	0.451	0.194							
標準偏差		0.722	0.863	0.672	0.440							
変動係数	1.46%	1.74%	1.36%	0.89%								
						全体						
						最大値	51.0	分散(n-1)	0.456			
						最小値	48.0	標準偏差	0.675			
						平均値	49.5	変動係数	1.36%			

図4.1.3 VP50における試料内の材質均質性(引張降伏強さ)

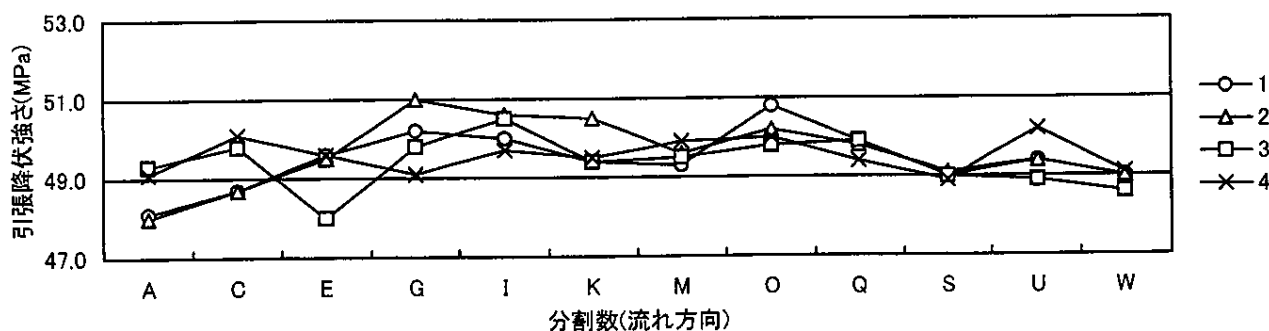


図4.1.4 VP50における試料内の材質均質性(引張降伏強さ)

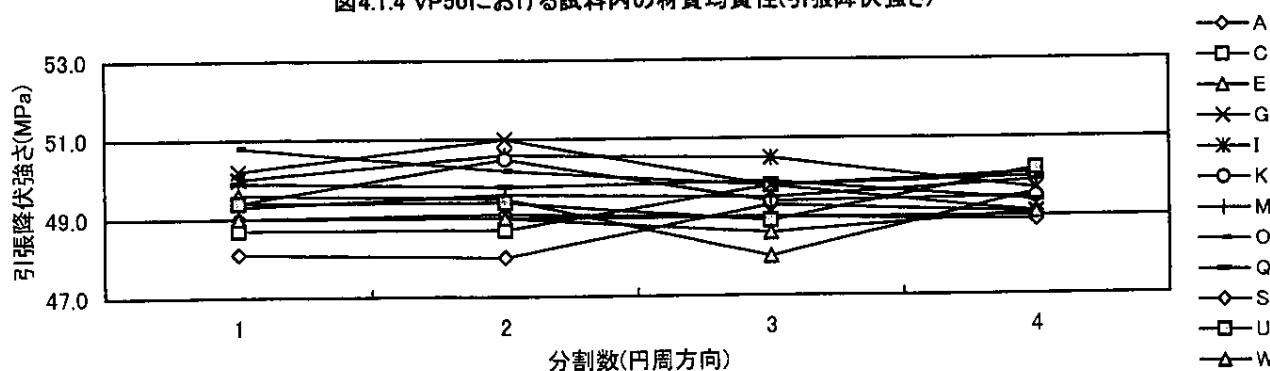


表4.1.3 VP50における試料内の試験結果(引張破壊強さ)

試験項目	試料	円周方向				解析																					
		1	2	3	4	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数																
引張破壊強さ (MPa)	流れ 方向	A	50.2	46.7	49.6	48.8	46.7	50.2	48.83	2.336	1.528	3.13%															
		C	47.3	46.1	49.8	46.9	46.1	49.8	47.53	2.549	1.597	3.36%															
		E	53.0	47.5	48.8	47.0	47.0	53.0	49.08	7.422	2.724	5.55%															
		G	51.8	47.1	50.5	48.9	47.1	51.8	49.58	4.129	2.032	4.10%															
		I	50.1	50.7	49.9	49.8	49.8	50.7	50.13	0.162	0.403	0.80%															
		K	51.1	44.3	48.9	48.8	44.3	51.1	48.28	8.149	2.855	5.91%															
	解 析	M	50.7	47.0	48.3	49.2	47.0	50.7	48.80	2.420	1.556	3.19%															
		O	53.4	43.4	49.7	49.0	43.4	53.4	48.88	17.05	4.129	8.45%															
		Q	51.8	48.5	49.0	47.4	47.4	51.8	49.18	3.509	1.873	3.81%															
		S	48.6	43.6	45.5	46.3	43.6	48.6	46.00	4.287	2.070	4.50%															
		U	49.4	45.4	49.7	47.1	45.4	49.7	47.90	4.127	2.031	4.24%															
		W	48.0	49.7	52.7	48.5	48.0	52.7	49.73	4.443	2.108	4.24%															
	最小値		47.3	43.4	45.5	46.3	<table border="1"> <tr> <td colspan="4">全体</td> </tr> <tr> <td>最大値</td> <td>53.4</td> <td>分散(n-1)</td> <td>5.036</td> </tr> <tr> <td>最小値</td> <td>43.4</td> <td>標準偏差</td> <td>2.244</td> </tr> <tr> <td>平均値</td> <td>48.7</td> <td>変動係数</td> <td>4.61%</td> </tr> </table>						全体				最大値	53.4	分散(n-1)	5.036	最小値	43.4	標準偏差	2.244	平均値	48.7	変動係数
全体																											
最大値	53.4	分散(n-1)	5.036																								
最小値	43.4	標準偏差	2.244																								
平均値	48.7	変動係数	4.61%																								
最大値		53.4	50.7	52.7	49.8																						
平均値		50.45	46.67	49.37	48.14																						
分散(n-1)		3.634	5.221	2.719	1.277																						
標準偏差		1.906	2.285	1.649	1.130																						
変動係数		3.78%	4.90%	3.34%	2.35%																						

図4.1.5 VP50における試料内の材質均質性(引張破壊強さ)

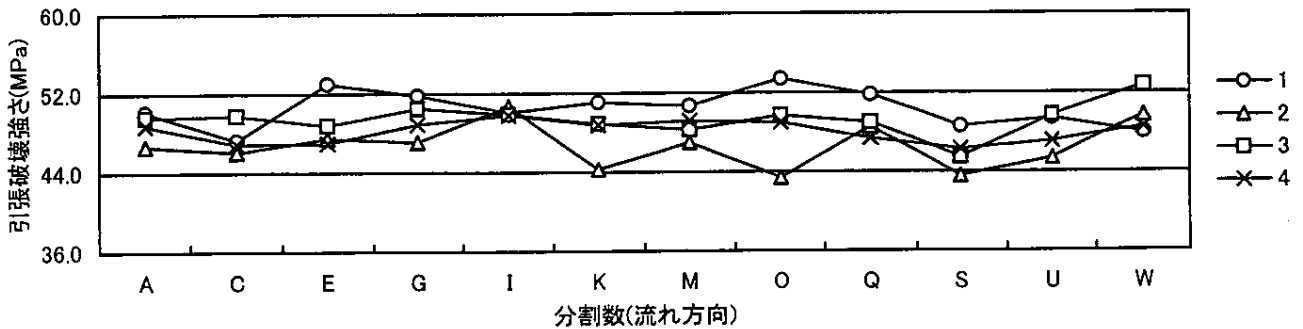


図4.1.6 VP50における試料内の材質均質性(引張破壊強さ)

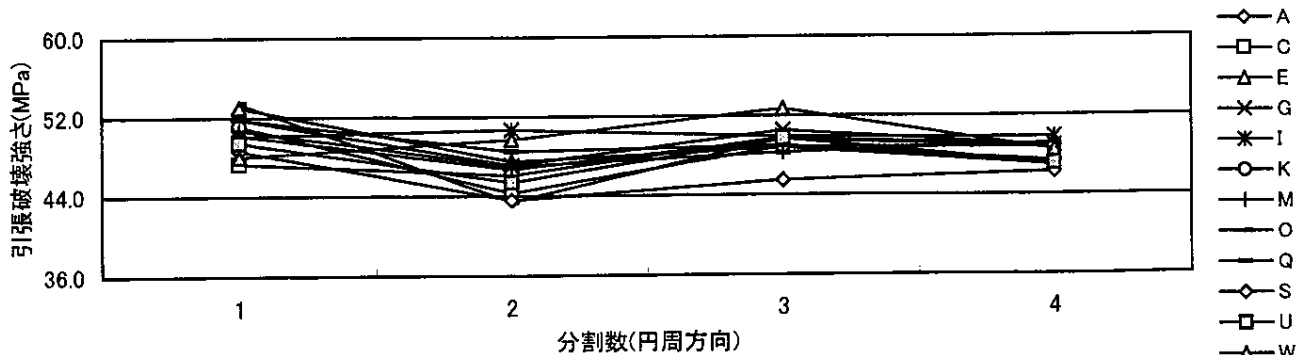


表4.1.4 VP50における試料内の試験結果(引張破壊伸び)

試験項目	試料	円周方向				解析						
		1	2	3	4	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数	
引張破壊伸び (%)	流れ方向	A	154	118	148	133	118	154	138.3	260.3	16.13	11.7%
		C	118	110	153	130	110	153	127.8	350.9	18.73	14.7%
		E	169	124	169	122	122	169	146.0	706.0	26.57	18.2%
		G	158	123	158	139	123	158	144.5	285.7	16.90	11.7%
		I	146	155	152	148	146	155	150.3	16.25	4.031	2.68%
		K	155	106	132	133	106	155	131.5	401.7	20.04	15.2%
		M	140	131	131	142	131	142	136.0	34.00	5.831	4.29%
		O	164	112	144	137	112	164	139.3	460.9	21.47	15.4%
		Q	156	130	145	126	126	156	139.3	191.6	13.84	9.94%
		S	132	110	121	126	110	132	122.3	86.92	9.323	7.63%
	U	145	114	145	121	114	145	131.3	260.3	16.13	12.3%	
	W	131	139	169	122	122	169	140.3	415.6	20.39	14.5%	
	解析	最小値	118.0	106.0	121.0	121.0						
		最大値	169.0	155.0	169.0	148.0						
平均値		147.3	122.7	147.3	131.6							
分散(n-1)		223.9	204.2	211.3	75.17							
標準偏差		14.96	14.29	14.54	8.670							

全体			
最大値	169.0	分散(n-1)	281.2
最小値	106.0	標準偏差	16.77
平均値	137.2	変動係数	12.2%

図4.1.7 VP50における試料内の材質均質性(引張破壊伸び)

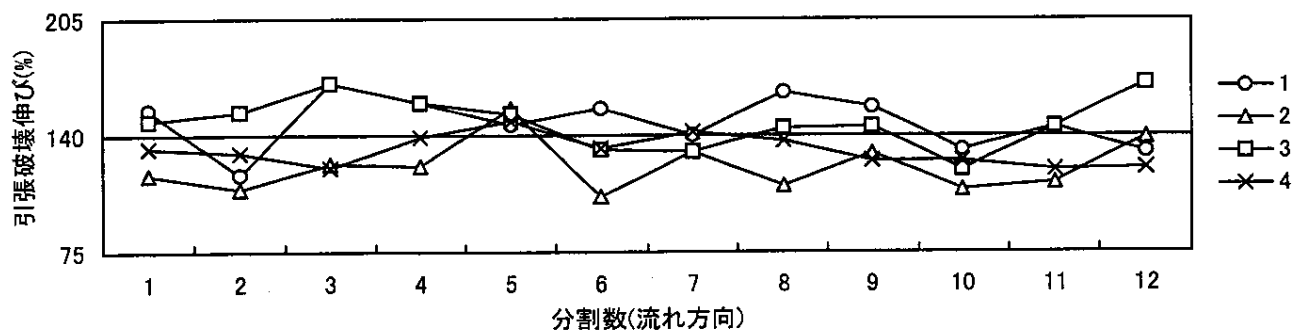


図4.1.8 VP50における試料内の材質均質性(引張破壊伸び)

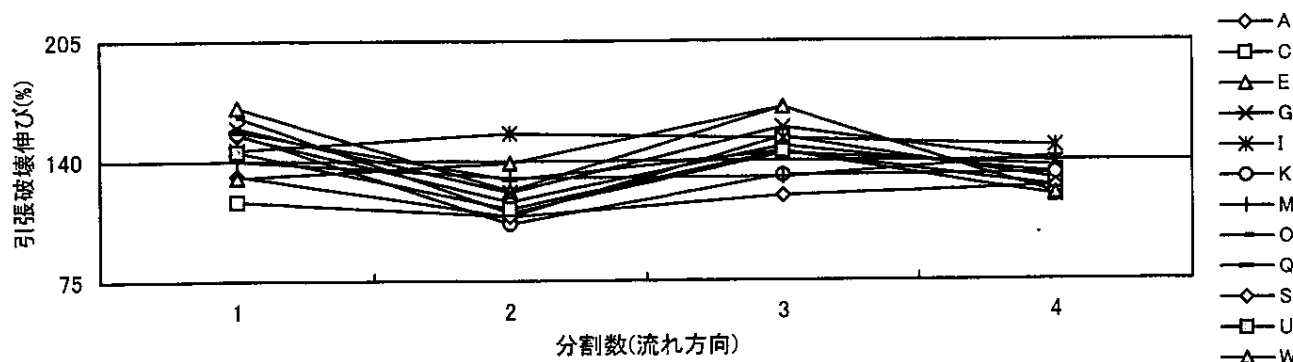


表4.1.5 HIVP50における試料内の試験結果(引張降伏強さ)

試験項目	試料	円周方向				解 析						
		1	2	3	4	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数	
引張降伏強さ (MPa)	流 れ 方 向	A	44.2	44.6	43.9	43.7	43.7	44.6	44.10	0.153	0.392	0.89%
		C	44.0	43.9	43.5	42.6	42.6	44.0	43.50	0.407	0.638	1.47%
		E	44.1	44.2	43.5	43.6	43.5	44.2	43.85	0.123	0.351	0.80%
		G	44.1	44.3	44.2	44.3	44.1	44.3	44.23	0.009	0.096	0.22%
		I	44.0	44.4	44.2	43.7	43.7	44.4	44.08	0.089	0.299	0.68%
		K	44.2	44.8	44.0	43.8	43.8	44.8	44.20	0.187	0.432	0.98%
		M	44.4	44.1	44.2	44.4	44.1	44.4	44.28	0.022	0.150	0.34%
		O	44.6	44.6	44.2	44.1	44.1	44.6	44.38	0.069	0.263	0.59%
		Q	44.7	45.0	44.5	44.0	44.0	45.0	44.55	0.177	0.420	0.94%
		S	44.6	45.1	44.5	43.4	43.4	45.1	44.40	0.513	0.716	1.61%
	U	44.1	44.7	44.5	44.4	44.1	44.7	44.43	0.062	0.250	0.56%	
	W	44.9	45.1	45.0	44.7	44.7	45.1	44.93	0.029	0.171	0.38%	
	解 析	最小値	44.0	43.9	43.5	42.6						
		最大値	44.9	45.1	45.0	44.7						
平均値		44.33	44.57	44.18	43.89							
分散(n-1)		0.093	0.157	0.183	0.315							
標準偏差 変動係数		0.305 0.69%	0.396 0.89%	0.428 0.97%	0.562 1.28%							

全体

最大値	45.1	分散(n-1)	0.236
最小値	42.6	標準偏差	0.486
平均値	44.2	変動係数	1.10%

図4.1.9 HIVP50における試料内の材質均質性(引張降伏強さ)

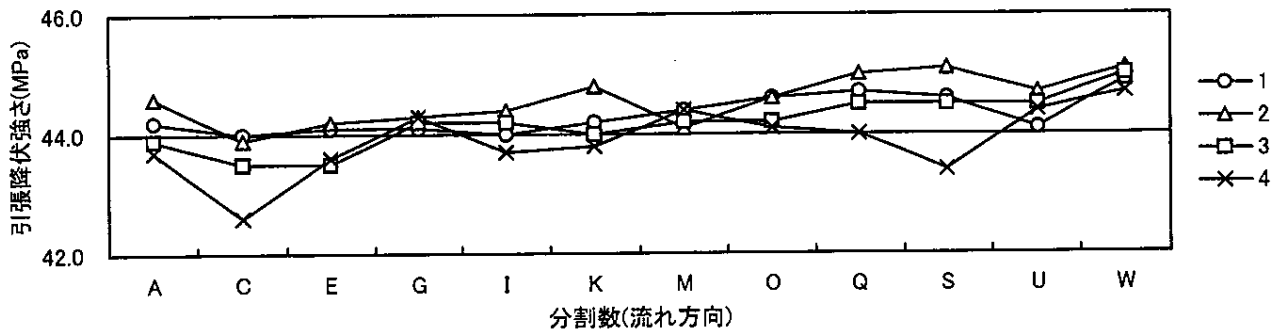


図4.1.10 HIVP50における試料内の材質均質性(引張降伏強さ)

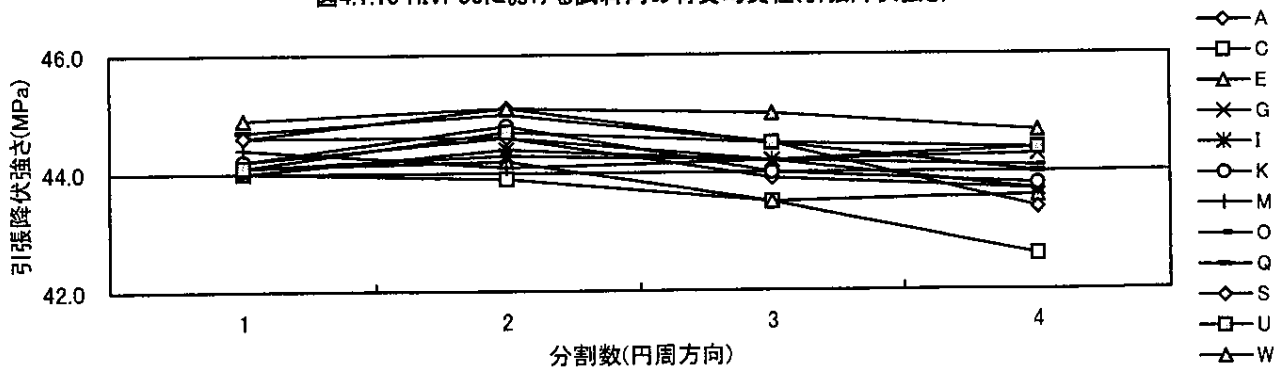


表4.1.6 HIVP50における試料内の試験結果(引張破壊強さ)

試験項目	試料		円周方向				解析						
			1	2	3	4	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数	
引張破壊強さ (MPa)	流れ方向	A	38.2	45.2	40.1	50.8	38.2	50.8	43.58	31.936	5.651	12.97%	
		C	41.9	51.7	38.3	50.5	38.3	51.7	45.60	42.733	6.537	14.34%	
		E	46.5	45.5	45.4	47.0	45.4	47.0	46.10	0.607	0.779	1.69%	
		G	47.4	46.1	39.0	48.7	39.0	48.7	45.30	18.767	4.332	9.56%	
		I	48.1	50.2	46.1	49.8	46.1	50.2	48.55	3.497	1.870	3.85%	
		K	48.8	47.2	47.5	43.0	43.0	48.8	46.63	6.322	2.514	5.39%	
		M	47.2	49.7	48.8	44.0	44.0	49.7	47.43	6.282	2.506	5.29%	
		O	49.1	44.9	47.3	41.9	41.9	49.1	45.80	9.72	3.118	6.81%	
		Q	46.6	49.6	46.7	49.9	46.6	49.9	48.20	3.220	1.794	3.72%	
		S	47.8	49.0	49.3	46.8	46.8	49.3	48.23	1.323	1.150	2.38%	
	U	48.8	50.5	45.4	38.8	38.8	50.5	45.88	26.742	5.171	11.27%		
	W	49.4	49.0	47.4	47.5	47.4	49.4	48.33	1.049	1.024	2.12%		
	解析	最小値		38.2	44.9	38.3	38.8						
		最大値		49.4	51.7	49.3	50.8						
		平均値		46.65	48.22	45.11	46.56						
		分散(n-1)		11.01	5.420	14.49	14.73						
		標準偏差		3.318	2.328	3.807	3.838						
変動係数		7.11%	4.83%	8.44%	8.24%								
							全体						
							最大値	51.7	分散(n-1)	11.92			
							最小値	38.2	標準偏差	3.452			
							平均値	46.6	変動係数	7.40%			

図4.1.11 HIVP50における試料内の材質均質性(引張破壊強さ)

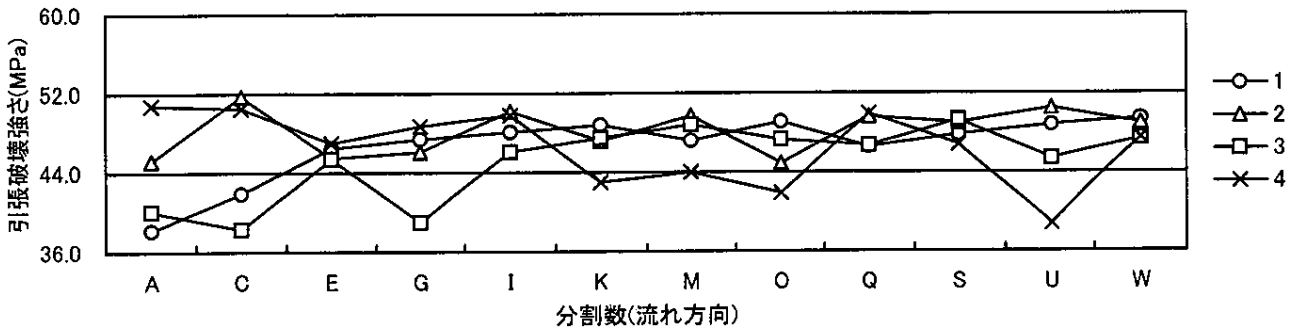


図4.1.12 HIVP50における試料内の材質均質性(引張破壊強さ)

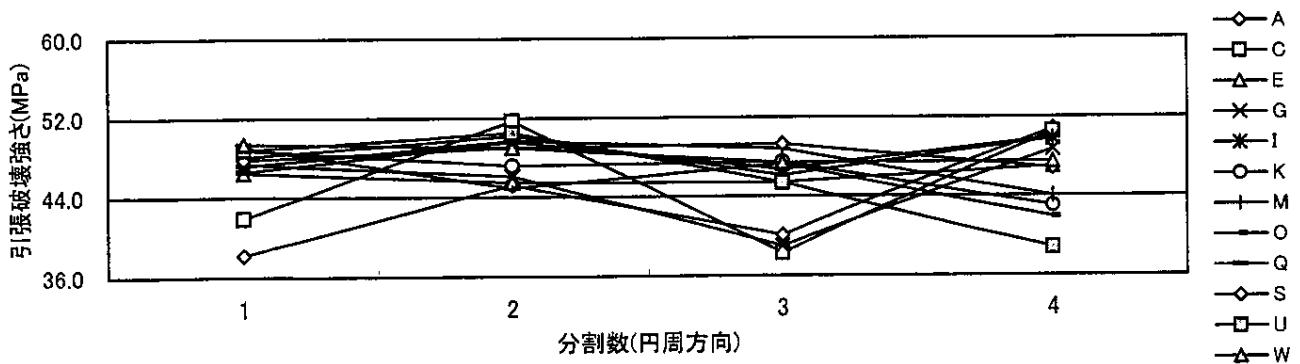


表4.1.7 H1VP50における試料内の試験結果(引張破壊伸び)

試験項目	試料	円周方向				解析						
		1	2	3	4	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数	
引張破壊伸び (%)	流れ方向	A	130	187	148	229	130	229	173.5	1935.0	43.99	25.4%
		C	161	237	139	229	139	237	191.5	2387.7	48.86	25.5%
		E	219	189	192	203	189	219	200.8	184.3	13.57	6.8%
		G	208	209	151	217	151	217	196.3	926.3	30.43	15.5%
		I	209	233	196	231	196	233	217.3	318.92	17.858	8.22%
		K	213	188	217	163	163	217	195.3	626.9	25.04	12.8%
	解析	最小値	130.0	178.0	139.0	125.0						
		最大値	219.0	237.0	218.0	231.0						
		平均値	197.2	207.5	190.6	194.7						
		分散(n-1)	668.2	349.4	807.5	1196						
		標準偏差	25.85	18.69	28.42	34.58						
		変動係数	13.11%	9.01%	14.91%	17.76%						

全体			
最大値	237.0	分散(n-1)	746.8
最小値	125.0	標準偏差	27.33
平均値	197.5	変動係数	13.84%

図4.1.13 H1VP50における試料内の材質均質性(引張破壊伸び)

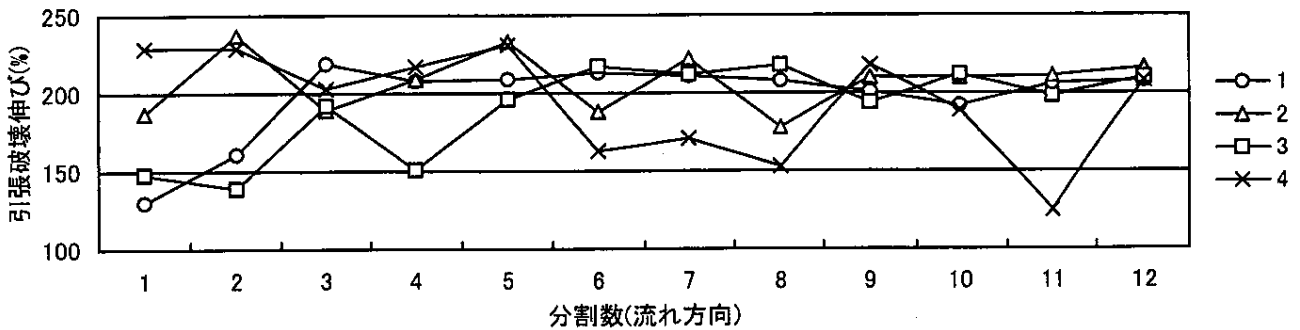


図4.1.14 H1VP50における試料内の材質均質性(引張破壊伸び)

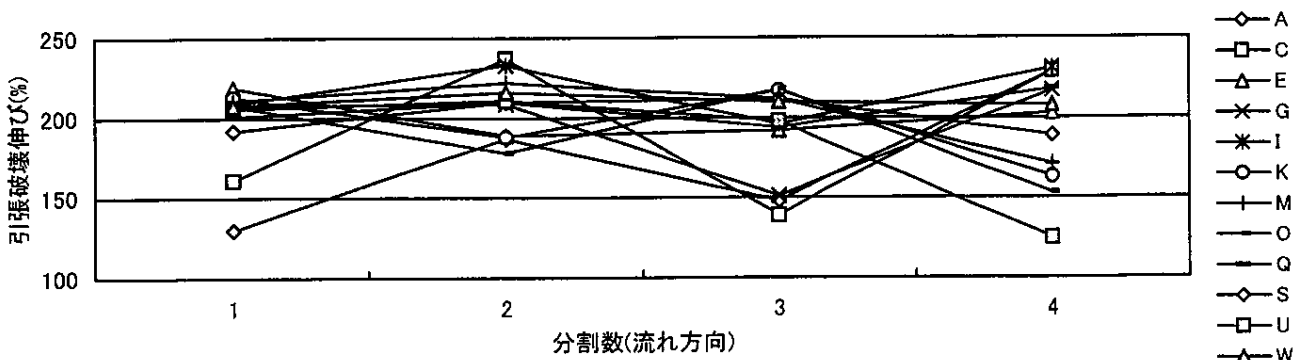


表4.1.8 VP25における試料内の試験結果

項目	引張降伏強さ(MPa)		引張破壊強さ(MPa)		引張破壊伸び(%)	
	1	2	1	2	1	2
A	50.6	47.7	54.7	55.1	198	202
C	48.0	49.4	50.9	48.9	179	152
E	49.2	48.2	50.2	47.6	168	147
G	48.1	48.6	50.9	47.0	174	143
I	47.9	49.2	50.3	50.2	153	169
K	49.9	49.5	52.6	47.9	182	138
M	49.7	48.7	49.9	53.2	166	194
O	48.5	49.8	50.1	47.9	174	150
Q	49.4	48.1	54.4	53.6	198	189
S	48.0	48.3	48.8	45.2	162	126
U	48.7	48.8	47.5	47.0	148	129
W	49.1	49.4	48.1	45.3	148	128
平均値	48.93	48.81	50.70	49.08	170.8	155.6
分散(n-1)	0.760	0.430	5.036	10.72	287.1	714.1
標準偏差	0.872	0.656	2.244	3.274	16.94	26.72
変動係数	1.78%	1.34%	4.43%	6.67%	9.92%	17.2%

全体	平均値	48.87	標準偏差	0.757	平均値	49.89	標準偏差	2.868	平均値	163.2	標準偏差	23.23
	分散(n-1)	0.573	変動係数	1.55%	分散(n-1)	8.224	変動係数	5.75%	分散(n-1)	539.5	変動係数	14.2%

図4.1.15 VP25における試料内の材質均質性(引張降伏強さ)

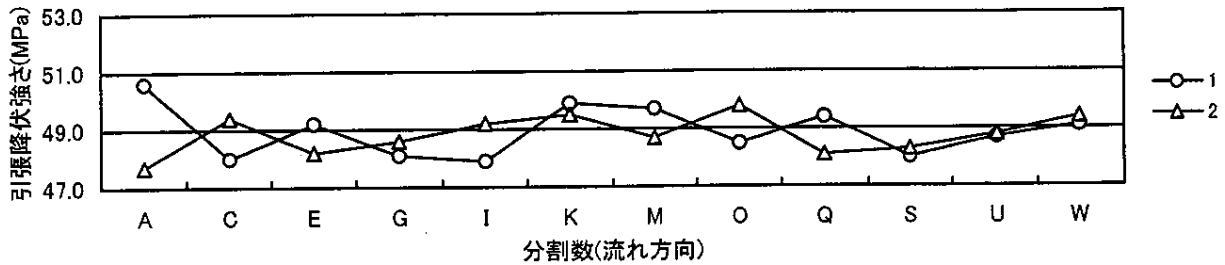


図4.1.16 VP25における試料内の材質均質性(引張破壊強さ)

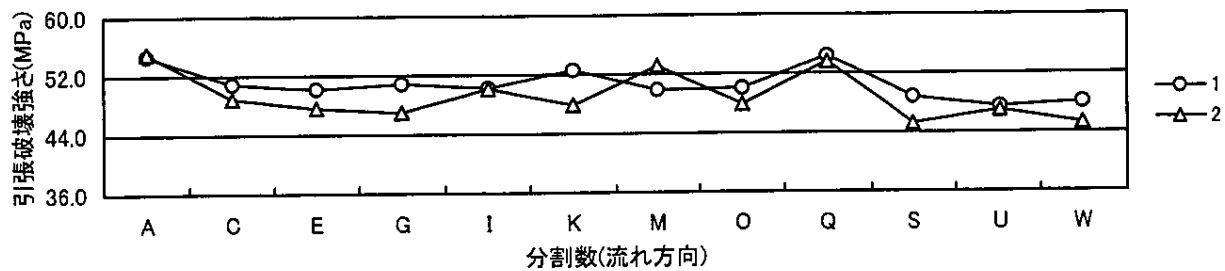


図4.1.17 VP25における試料内の材質均質性(引張破壊伸び)

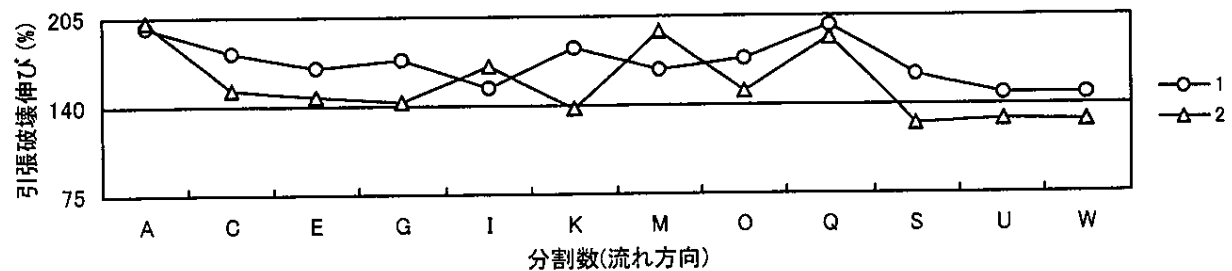


表4.1.9 HIVP25における試料内の試験結果

項目	引張降伏強さ(MPa)		引張破壊強さ(MPa)		引張破壊伸び(%)	
	1	2	1	2	1	2
A	43.5	43.7	41.1	46.2	142	172
C	43.3	43.9	41.5	43.6	142	154
E	44.1	43.1	44.7	49.5	171	200
G	43.1	43.3	44.3	41.9	171	146
I	43.4	42.8	43.5	47.0	162	186
K	44.3	43.8	47.2	36.0	182	103
M	43.4	43.9	47.0	45.6	189	179
O	43.9	43.9	38.7	42.3	116	150
Q	43.6	43.5	47.1	43.5	194	162
S	44.0	43.7	39.8	40.7	129	141
U	43.8	44.2	42.0	43.6	142	145
W	43.8	43.9	41.6	37.3	136	123
平均値	43.68	43.64	43.21	43.10	156.3	155.1
分散(n-1)	0.129	0.159	8.392	14.96	637.3	730.1
標準偏差	0.359	0.399	2.897	3.868	25.25	27.02
変動係数	0.82%	0.91%	6.70%	8.97%	16.1%	17.4%

全体	平均値	43.66	標準偏差	0.372	平均値	43.15	標準偏差	3.342	平均値	155.7	標準偏差	25.58
	分散(n-1)	0.138	変動係数	0.85%	分散(n-1)	11.17	変動係数	7.75%	分散(n-1)	654.4	変動係数	16.4%

図4.1.18 HIVP25における試料内の材質均質性(引張降伏強さ)

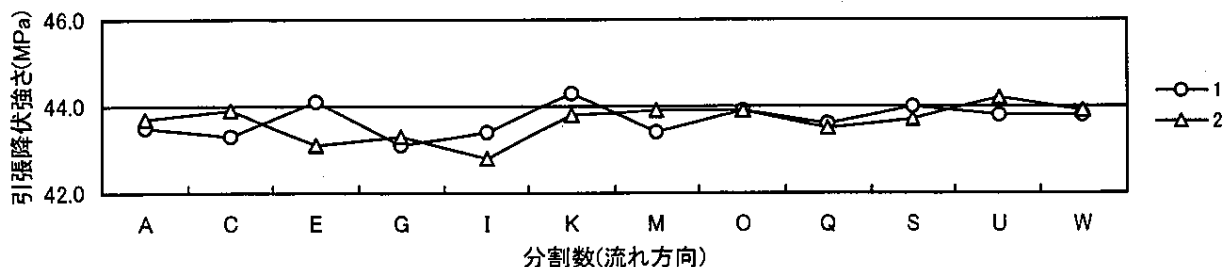


図4.1.19 HIVP25における試料内の材質均質性(引張破壊強さ)

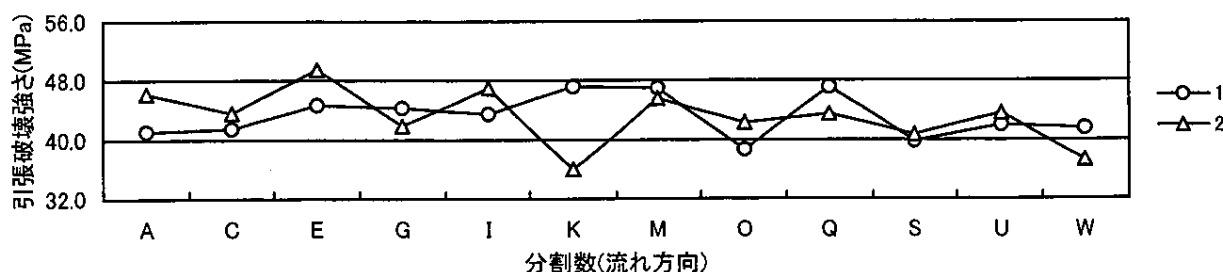


図4.1.20 HIVP25における試料内の材質均質性(引張破壊伸び)

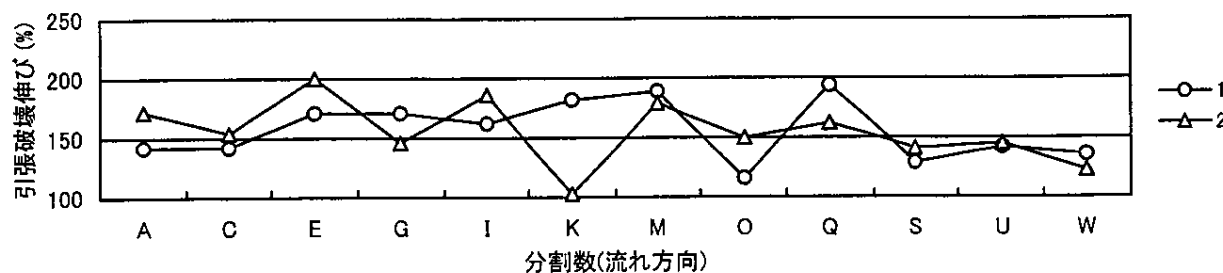


表4.1.10 VP50における試料間の試験結果

試験項目	試料	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数
引張降伏強さ (MPa)	a	48.6	49.4	49.3	48.5	48.1	48.1	49.4	48.78	0.307	0.554	1.14%
	b	49.4	49.0	48.4	49.3	49.1	48.4	49.4	49.04	0.153	0.391	0.80%
	c	48.5	49.0	48.9	48.8	49.2	48.5	49.2	48.88	0.067	0.259	0.53%
	d	48.3	48.5	48.4	49.2	48.4	48.3	49.2	48.56	0.133	0.365	0.75%
	e	48.2	49.2	48.7	49.0	49.0	48.2	49.2	48.82	0.152	0.390	0.80%
引張破壊強さ (MPa)	a	46.7	48.7	47.4	45.3	50.8	45.3	50.8	47.78	4.357	2.087	4.37%
	b	46.2	44.4	48.6	47.3	43.3	43.3	48.6	45.96	4.583	2.141	4.66%
	c	47.7	51.6	47.1	49.0	49.6	47.1	51.6	49.00	3.105	1.762	3.60%
	d	49.7	42.2	51.1	51.4	51.3	42.2	51.4	49.14	15.52	3.940	8.02%
	e	49.4	52.7	50.1	51.1	49.0	49.0	52.7	50.46	2.203	1.484	2.94%
引張破壊伸び (%)	a	126	133	118	115	156	115	156	129.6	267.3	16.35	12.6%
	b	117	107	140	116	106	106	140	117.2	187.7	13.70	11.7%
	c	131	159	129	136	146	129	159	140.2	153.7	12.40	8.84%
	d	134	104	148	159	145	104	159	138.0	440.5	20.99	15.2%
	e	140	160	154	148	131	131	160	146.6	130.8	11.44	7.80%

全体	試験項目	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数
	引張降伏強さ	48.1	49.4	48.82	0.161	0.401	0.82%
	引張破壊強さ	42.2	52.7	48.47	7.351	2.711	5.59%
	引張破壊伸び	104	160	134.3	303.8	17.43	13.0%

図4.1.21 VP50における試料間の材質均質性(引張降伏強さ)

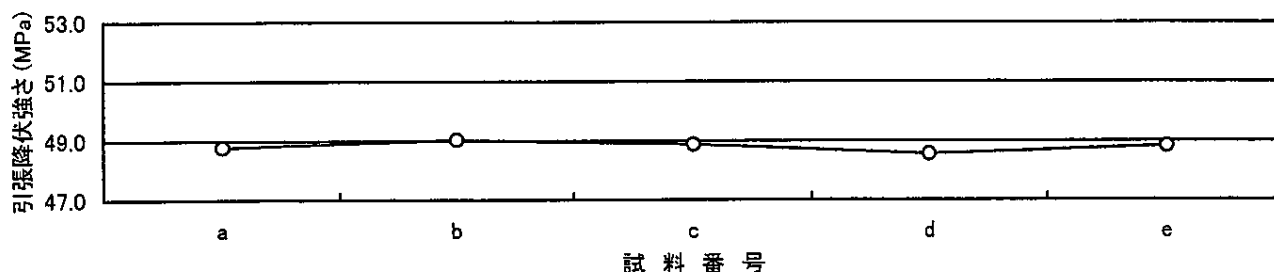


図4.1.22 VP50における試料間の材質均質性(引張破壊強さ)

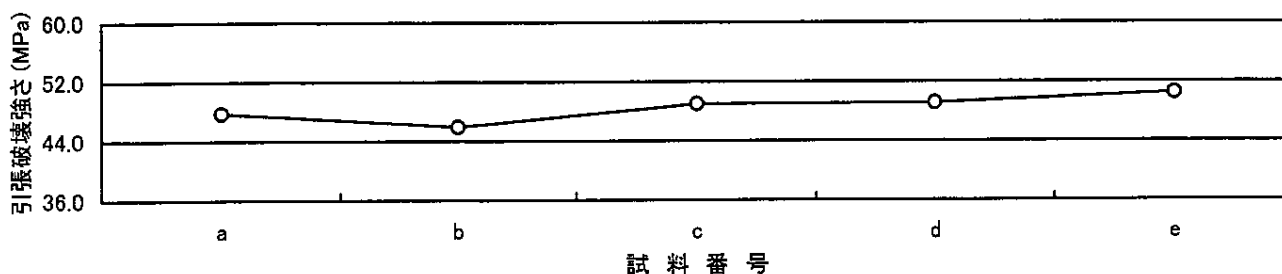


図4.1.23 VP50における試料間の材質均質性(引張破壊伸び)

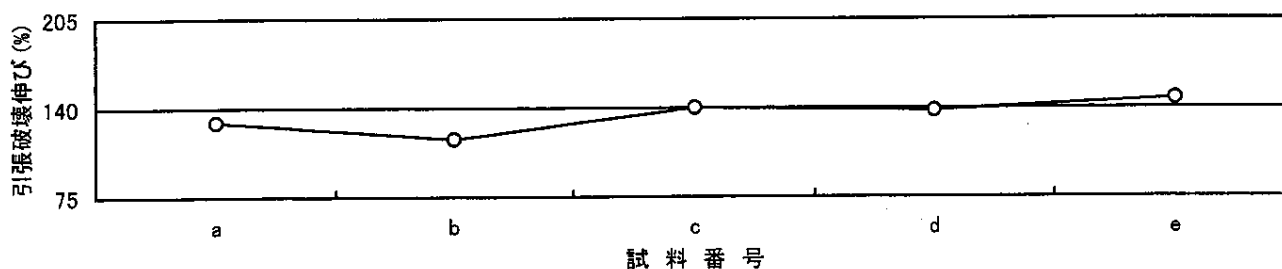


表4.1.11 VP25における試料間の試験結果

試験項目	試料	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数
引張降伏強さ (MPa)	a	50.0	50.6	50.5	50.4	50.7	50.0	50.7	50.44	0.073	0.270	0.54%
	b	49.5	49.7	50.7	50.3	49.8	49.5	50.7	50.00	0.240	0.490	0.98%
	c	49.0	49.8	48.7	49.3	48.5	48.5	49.8	49.06	0.263	0.513	1.05%
	d	49.8	49.6	49.6	48.9	49.9	48.9	49.9	49.56	0.153	0.391	0.79%
	e	49.6	49.8	49.8	50.0	49.5	49.5	50.0	49.74	0.038	0.195	0.39%
引張破壊強さ (MPa)	a	50.9	50.1	42.6	51.2	43.3	42.6	51.2	47.62	18.40	4.289	9.01%
	b	50.9	46.6	46.9	46.5	47.9	46.5	50.9	47.76	3.388	1.841	3.85%
	c	47.9	41.8	45.1	48.8	50.3	41.8	50.3	46.78	11.34	3.367	7.20%
	d	51.4	46.3	46.6	51.9	45.4	45.4	51.9	48.32	9.467	3.077	6.37%
	e	46.6	53.6	47.7	49.5	44.7	44.7	53.6	48.42	11.42	3.379	6.98%
引張破壊伸び (%)	a	167	170	118	168	116	116	170	147.8	792.2	28.15	19.0%
	b	168	140	144	142	141	140	168	147.0	140.0	11.83	8.05%
	c	151	111	134	163	168	111	168	145.4	541.3	23.27	16.0%
	d	168	136	141	186	140	136	186	154.2	477.2	21.84	14.2%
	e	142	186	154	172	127	127	186	156.2	549.2	23.44	15.0%

全体	試験項目	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数
	引張降伏強さ	48.5	50.7	49.76	0.347	0.589	1.18%
	引張破壊強さ	41.8	53.6	47.78	9.361	3.060	6.40%
	引張破壊伸び	111	186	150.1	435.6	20.87	13.9%

図4.1.24 VP25における試料間の材質均質性(引張降伏強さ)

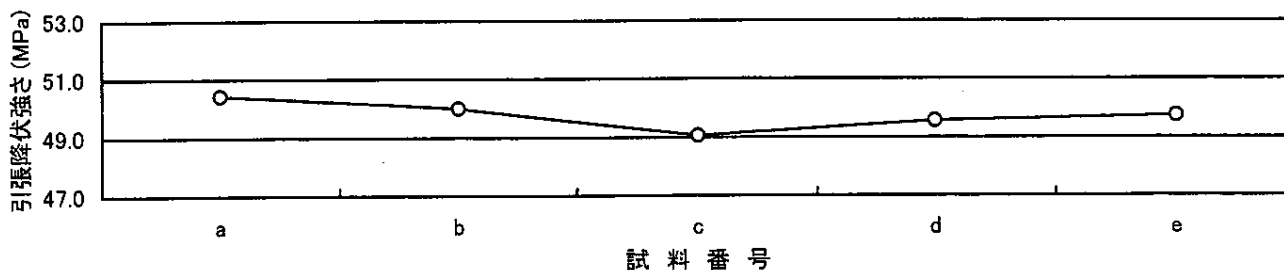


図4.1.25 VP25における試料間の材質均質性(引張破壊強さ)

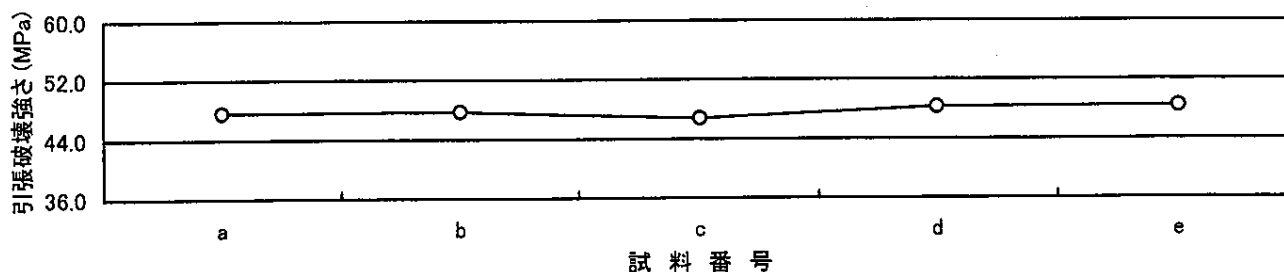


図4.1.26 VP25における試料間の材質均質性(引張破壊伸び)

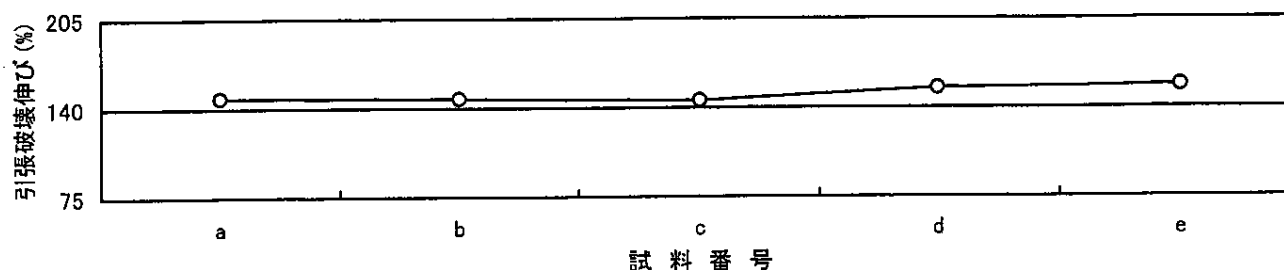


表4.1.12 H1VP50における試料間の試験結果

試験項目	試料	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数
引張降伏強さ (MPa)	a	43.2	44.0	44.2	43.5	44.2	43.2	44.2	43.82	0.202	0.449	1.03%
	b	44.3	43.6	42.6	44.0	44.9	42.6	44.9	43.88	0.737	0.858	1.96%
	c	44.3	44.2	43.8	44.3	43.7	43.7	44.3	44.06	0.083	0.288	0.65%
	d	43.5	43.4	43.5	43.0	43.5	43.0	43.5	43.38	0.047	0.217	0.50%
	e	43.6	44.0	44.3	44.0	44.5	43.6	44.5	44.08	0.117	0.342	0.78%
引張破壊強さ (MPa)	a	42.0	46.7	36.1	46.9	48.8	36.1	48.8	44.10	26.275	5.126	11.6%
	b	49.6	42.1	44.5	47.7	50.3	42.1	50.3	46.84	12.068	3.474	7.42%
	c	46.8	41.3	41.2	47.2	43.6	41.2	47.2	44.02	8.342	2.888	6.56%
	d	49.5	48.0	45.2	46.4	42.5	42.5	49.5	46.32	7.197	2.683	5.79%
	e	43.0	46.5	47.1	48.4	49.6	43.0	49.6	46.92	6.237	2.497	5.32%
引張破壊伸び (%)	a	170	202	112	200	215	112	215	179.8	1708	41.33	23.0%
	b	222	152	188	205	214	152	222	196.2	770.2	27.75	14.1%
	c	211	152	145	200	180	145	211	177.6	835.3	28.90	16.3%
	d	221	209	209	196	155	155	221	198.0	656.0	25.61	12.9%
	e	165	191	207	217	210	165	217	198.0	431.0	20.76	10.5%

全体

試験項目	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数
引張降伏強さ	42.6	44.9	43.84	0.264	0.514	1.17%
引張破壊強さ	36.1	50.3	45.64	11.798	3.435	7.53%
引張破壊伸び	112	222	189.9	821.8	28.67	15.1%

図4.1.27 H1VP50における試料間の材質均質性(引張降伏強さ)

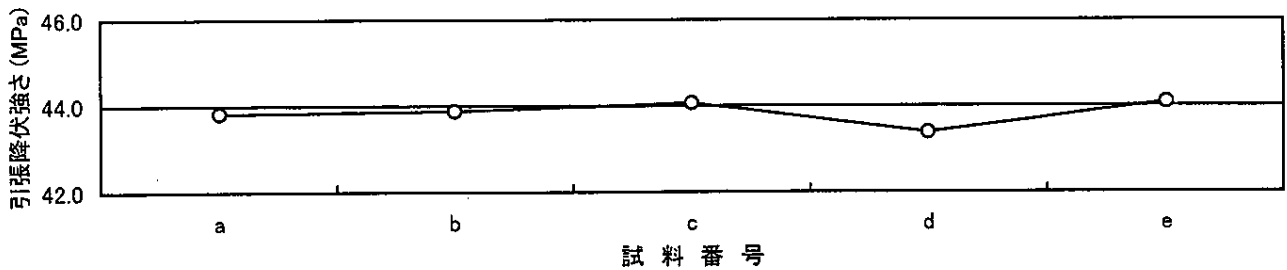


図4.1.28 H1VP50における試料間の材質均質性(引張破壊強さ)

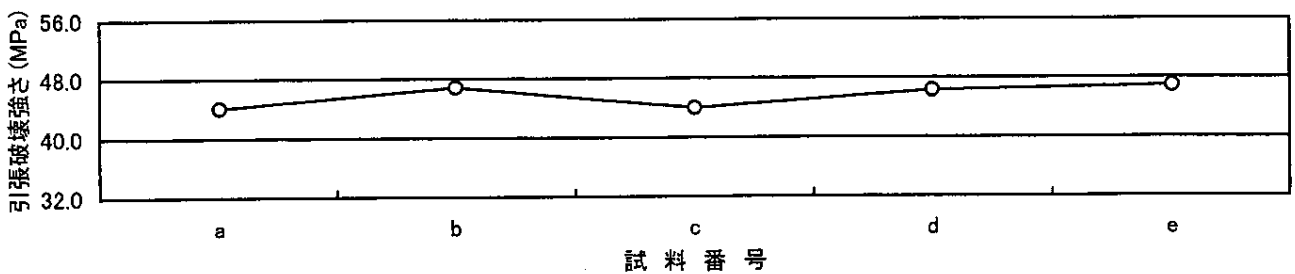


図4.1.29 H1VP50における試料間の材質均質性(引張破壊伸び)

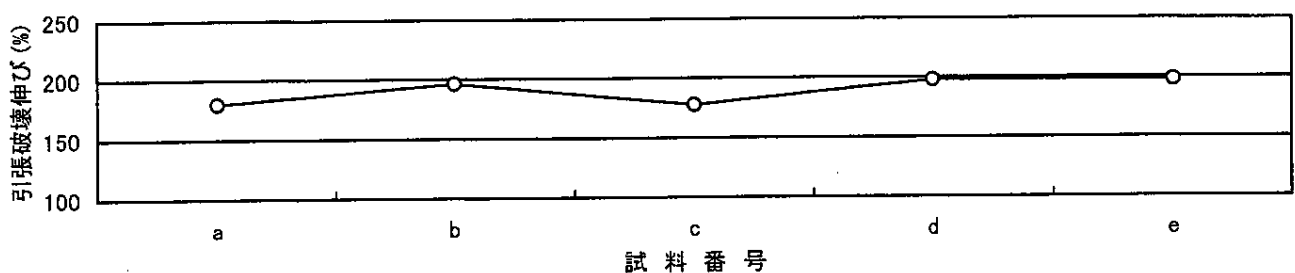


表4.1.13 HIVP25における試料間の試験結果

試験項目	試料	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数
引張降伏強さ (MPa)	a	44.2	43.9	43.2	43.9	43.6	43.2	44.2	43.76	0.143	0.378	0.86%
	b	43.1	43.5	42.7	43.7	43.6	42.7	43.7	43.32	0.172	0.415	0.96%
	c	43.1	42.7	42.6	43.2	43.3	42.6	43.3	42.98	0.097	0.311	0.72%
	d	43.4	43.3	43.0	43.8	43.3	43.0	43.8	43.36	0.083	0.288	0.66%
	e	43.3	43.7	43.4	43.8	43.6	43.3	43.8	43.56	0.043	0.207	0.48%
引張破壊強さ (MPa)	a	43.4	43.9	39.2	41.6	39.4	39.2	43.9	41.50	4.770	2.184	5.3%
	b	46.2	43.4	38.3	42.2	44.6	38.3	46.2	42.94	8.918	2.986	6.95%
	c	37.4	35.8	42.1	43.9	44.7	35.8	44.7	40.78	15.77	3.971	9.74%
	d	48.4	45.0	39.8	46.6	42.9	39.8	48.4	44.54	11.13	3.336	7.49%
	e	39.7	41.9	47.5	47.8	41.2	39.7	47.8	43.62	14.18	3.765	8.63%
引張破壊伸び (%)	a	166	170	124	146	140	124	170	149.2	361.2	19.01	12.7%
	b	190	169	127	157	176	127	190	163.8	565.7	23.78	14.5%
	c	130	102	152	172	181	102	181	147.4	1030	32.09	21.8%
	d	205	184	132	193	165	132	205	175.8	812.7	28.51	16.2%
	e	128	160	196	197	151	128	197	166.4	891.3	29.85	17.9%

全体

試験項目	最小値	最大値	平均値	分散(n-1)	標準偏差	変動係数
引張降伏強さ	42.6	44.2	43.40	0.160	0.400	0.92%
引張破壊強さ	35.8	48.4	42.68	11.088	3.330	7.80%
引張破壊伸び	102	205	160.5	730.8	27.03	16.8%

図4.1.30 HIVP25における試料間の材質均質性(引張降伏強さ)

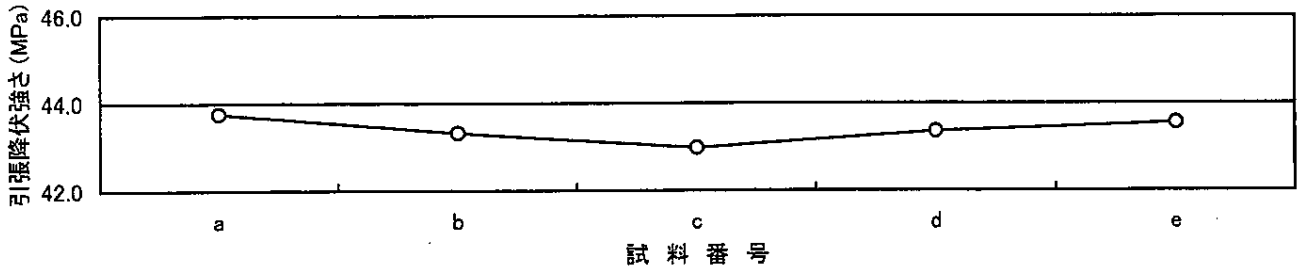


図4.1.31 HIVP25における試料間の材質均質性(引張破壊強さ)

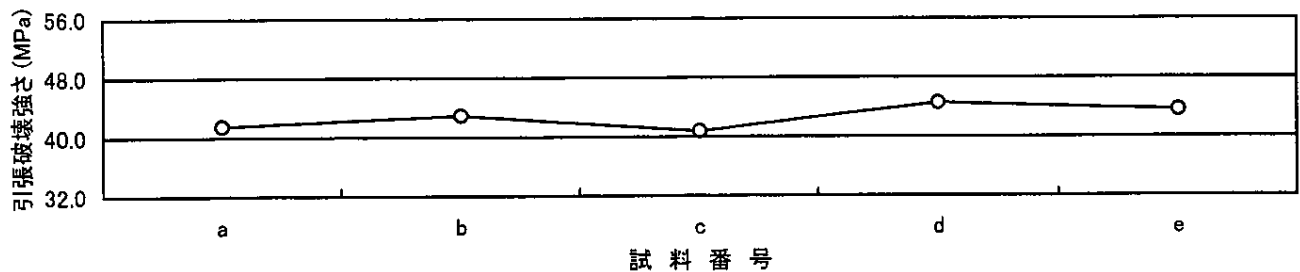


図4.1.32 HIVP25における試料間の材質均質性(引張破壊伸び)

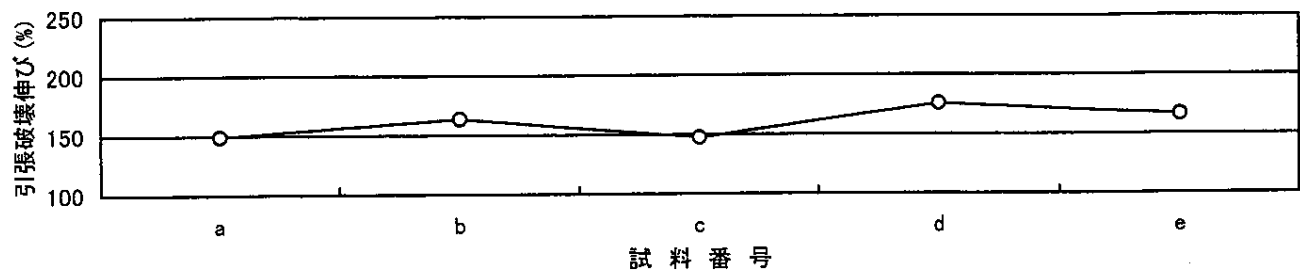


表 4.1.14 多元比較法に基づく解析結果(VP50 引張降伏強さ,流れ方向)

a)バートレットの検定

採取位置	n数	分散(n-1)	分布	χ^2 分布
A	4	0.449	統計量	17.68
C	4	0.536	自由度	11
E	4	0.616	5%点	19.68
G	4	0.629	1%点	24.73
I	4	0.180	確率	0.089
K	4	0.287	検定マーク	[]
M	4	0.062		
O	4	0.187		
Q	4	0.057		
S	4	0.007		
U	4	0.289		
W	4	0.049		

b)分散分析法

変動因子	自由度	標準平方和	不偏分散	分散比	P値	判定
全体(T)	47	21.43				
因子(A)	11	11.39	1.035	3.711	0.001	[]
誤差(E)	36	10.04	0.279			

c)検定結果

$\alpha(0.01)$	1.52E-04	0.001	$t(\alpha(0.01), n-k)$	4.234
$\alpha(0.05)$	7.58E-04	0.005	$t(\alpha(0.05), n-k)$	3.680

(全群比較)

採取位置 (流れ方向)		n_i	n_j	X_i	X_j	$ X_i - X_j $	$\sqrt{(1/n_i + 1/n_j) \times V_e}$	T	P値	判定
A	C	4	4	48.63	49.33	0.700	0.373	1.874	0.069	[]
A	E	4	4	48.63	49.18	0.550	0.373	1.473	0.150	[]
A	G	4	4	48.63	50.03	1.400	0.373	3.749	0.001	[*]
A	I	4	4	48.63	50.20	1.575	0.373	4.217	0.000	[*]
A	K	4	4	48.63	49.70	1.075	0.373	2.878	0.007	[]
A	M	4	4	48.63	49.58	0.950	0.373	2.544	0.015	[]
A	O	4	4	48.63	50.20	1.575	0.373	4.217	0.000	[*]
A	Q	4	4	48.63	49.75	1.125	0.373	3.012	0.005	[]
A	S	4	4	48.63	49.00	0.375	0.373	1.004	0.322	[]
A	U	4	4	48.63	49.48	0.850	0.373	2.276	0.029	[]
A	W	4	4	48.63	48.93	0.300	0.373	0.803	0.427	[]

(全群比較 続き)

採取位置 (流れ方向)		n_i	n_j	X_i	X_j	$ X_i - X_j $	$\sqrt{(1/n_i + 1/n_j) \times V_e}$	T	P 値	判定
C	E	4	4	49.33	49.18	0.150	0.373	0.402	0.690	[]
C	G	4	4	49.33	50.03	0.700	0.373	1.874	0.069	[]
C	I	4	4	49.33	50.20	0.875	0.373	2.343	0.025	[]
C	K	4	4	49.33	49.70	0.375	0.373	1.004	0.322	[]
C	M	4	4	49.33	49.58	0.250	0.373	0.669	0.508	[]
C	O	4	4	49.33	50.20	0.875	0.373	2.343	0.025	[]
C	Q	4	4	49.33	49.75	0.425	0.373	1.138	0.263	[]
C	S	4	4	49.33	49.00	0.325	0.373	0.870	0.390	[]
C	U	4	4	49.33	49.48	0.150	0.373	0.402	0.690	[]
C	W	4	4	49.33	48.93	0.400	0.373	1.071	0.291	[]
E	G	4	4	49.18	50.03	0.850	0.373	2.276	0.029	[]
E	I	4	4	49.18	50.20	1.025	0.373	2.745	0.009	[]
E	K	4	4	49.18	49.70	0.525	0.373	1.406	0.168	[]
E	M	4	4	49.18	49.58	0.400	0.373	1.071	0.291	[]
E	O	4	4	49.18	50.20	1.025	0.373	2.745	0.009	[]
E	Q	4	4	49.18	49.75	0.575	0.373	1.540	0.132	[]
E	S	4	4	49.18	49.00	0.175	0.373	0.469	0.642	[]
E	U	4	4	49.18	49.48	0.300	0.373	0.803	0.427	[]
E	W	4	4	49.18	48.93	0.250	0.373	0.669	0.508	[]
G	I	4	4	50.03	50.20	0.175	0.373	0.469	0.642	[]
G	K	4	4	50.03	49.70	0.325	0.373	0.870	0.390	[]
G	M	4	4	50.03	49.58	0.450	0.373	1.205	0.236	[]
G	O	4	4	50.03	50.20	0.175	0.373	0.469	0.642	[]
G	Q	4	4	50.03	49.75	0.275	0.373	0.736	0.466	[]
G	S	4	4	50.03	49.00	1.025	0.373	2.745	0.009	[]
G	U	4	4	50.03	49.48	0.550	0.373	1.473	0.150	[]
G	W	4	4	50.03	48.93	1.100	0.373	2.945	0.006	[]
I	K	4	4	50.20	49.70	0.500	0.373	1.339	0.189	[]
I	M	4	4	50.20	49.58	0.625	0.373	1.673	0.103	[]
I	O	4	4	50.20	50.20	0.000	0.3735	0.000	1.000	[]
I	Q	4	4	50.20	49.75	0.450	0.3735	1.205	0.236	[]
I	S	4	4	50.20	49.00	1.200	0.3735	3.213	0.003	[]
I	U	4	4	50.20	49.48	0.725	0.3735	1.941	0.060	[]
I	W	4	4	50.20	48.93	1.275	0.3735	3.414	0.002	[]
K	M	4	4	49.70	49.58	0.125	0.3735	0.335	0.740	[]
K	O	4	4	49.70	50.20	0.500	0.3735	1.339	0.189	[]
K	Q	4	4	49.70	49.75	0.050	0.3735	0.134	0.894	[]
K	S	4	4	49.70	49.00	0.700	0.3735	1.874	0.069	[]
K	U	4	4	49.70	49.48	0.225	0.3735	0.602	0.551	[]
K	W	4	4	49.70	48.93	0.775	0.3735	2.075	0.045	[]

(全群比較 続き)

採取位置 (流れ方向)		n_i	n_j	X_i	X_j	$ X_i - X_j $	$\sqrt{(1/n_i + 1/n_j) \times V_e}$	T	P 値	判定
M	O	4	4	49.58	50.20	0.625	0.3735	1.673	0.103	[]
M	Q	4	4	49.58	49.75	0.175	0.3735	0.469	0.642	[]
M	S	4	4	49.58	49.00	0.575	0.3735	1.540	0.132	[]
M	U	4	4	49.58	49.48	0.100	0.3735	0.268	0.790	[]
M	W	4	4	49.58	48.93	0.650	0.3735	1.740	0.090	[]
O	Q	4	4	50.20	49.75	0.450	0.3735	1.205	0.236	[]
O	S	4	4	50.20	49.00	1.200	0.3735	3.213	0.003	[]
O	U	4	4	50.20	49.48	0.725	0.3735	1.941	0.060	[]
O	W	4	4	50.20	48.93	1.275	0.3735	3.414	0.002	[]
Q	S	4	4	49.75	49.00	0.750	0.3735	2.008	0.052	[]
Q	U	4	4	49.75	49.48	0.275	0.3735	0.736	0.466	[]
Q	W	4	4	49.75	48.93	0.825	0.3735	2.209	0.034	[]
S	U	4	4	49.00	49.48	0.475	0.3735	1.272	0.212	[]
S	W	4	4	49.00	48.93	0.075	0.3735	0.201	0.842	[]
U	W	4	4	49.48	48.93	0.550	0.3735	1.473	0.150	[]

表 4.1.15 多元比較法に基づく解析結果(引張降伏強さ,円周方向)

a)バートレットの検定

採取位置	n 数	分散(n-1)	分布	χ^2 分布
1	12	0.5209	統計量	4.5477
2	12	0.7452	自由度	3
3	12	0.4511	5%点	7.8147
4	12	0.1936	1%点	11.345
			確率	0.2081
			検定マーク	[]

b)分散分析法

変動因子	自由度	標準平方和	不偏分散	分散比	P値	判定
全体(T)	47	21.43				
因子(A)	3	0.4106	0.1369	0.2865	0.8349	[]
誤差(E)	44	21.019	0.4777			

c)検定結果

$\alpha(0.01)$	1.67E-03	0.001	$t(\alpha(0.01), n-k)$	3.3499
$\alpha(0.05)$	8.33E-03	0.005	$t(\alpha(0.05), n-k)$	2.7628

(全群比較)

採取位置 (円周方向)	n_i	n_j	X_i	X_j	$ X_i - X_j $	$\sqrt{(1/n_i + 1/n_j) \times V_e}$	T	P値	判定	
1	2	12	12	49.45	49.617	0.1667	0.2822	0.5907	0.5578	[]
1	3	12	12	49.45	49.375	0.0750	0.2822	0.2658	0.7916	[]
1	4	12	12	49.45	49.55	0.1000	0.2822	0.3544	0.7247	[]
2	3	12	12	49.617	49.375	0.2417	0.2822	0.8565	0.3964	[]
2	4	12	12	49.617	49.55	0.0667	0.2822	0.2363	0.8143	[]
3	4	12	12	49.375	49.55	0.1750	0.2822	0.6202	0.5383	[]

4.3 試験速度の違いによる試験結果への影響 試験温度は、試験結果に大きな影響が考えられることから試験速度の違いがどの程度試験結果へ影響を及ぼすかについての確認試験を実施する。

4.3.1 実施内容 試験実施内容については次のとおり。

表 4.3.1 実施内容

項目		実施内容詳細
試料	種類	硬質塩化ビニル管(VP)
	呼び径	50
プレス条件	加熱温度	128°C(中間値を採用)
	加熱時間	4分30秒
試験片	試験片形状	JIS K 6815-2 機械加工による試験片(タイプ 1)
切削条件	エンドミル	φ3.0
	回転数	50×100rpm
	切削速度	5mm/sec
	切り込みピッチ	1.0mm
試験条件	状態調節及び試験雰囲気	試験温度 23±2°C, 相対湿度(50±5)%, 48 時間以上状態調節
	試験速度	2.0, 3.0, 5.0, 7.0 及び 8.0mm/min
	掴み距離	80mm
	試験回数	各水準において n=5
	測定項目	引張降伏強さ, 引張破壊強さ及び引張破壊伸び
試験片数	全 25 片	

備考

- (1)本予備試験は代表サイズ硬質塩化ビニル管(VP)呼び径 50 のみで実施する。
- (2)切削条件は最適条件と一致する。
- (3)試験片はランダムに採取する。
- (4)引張降伏強さに関して多元比較法に基づいて評価を実施する。測定値は、正規分布に従っていると仮定し、各集団の分散が等しいかバートレットの検定で調べ、各水準における結果の平均に差があるか一元配置法を用いて評価する。

4.3.2 試験結果 試験速度の違いによる引張降伏強さ, 引張破壊強さ及び引張破壊伸びの各測定結果及び引張降伏強さの解析結果を表 4.3.2 に多元比較法に基づく解析結果を表 4.3.4 示す。また, 図 4.3.1 より引張降伏強さは, 試験速度が増すと大きくなる傾向にある。表 4.3.4 の多元比較法に基づく解析結果では, 試験速度(5±2)mm/min の範囲では有意差は認められなかった。

表4.3.2 試験速度の違いによる試験結果への影響

試験項目	(mm/min)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	最小値	最大値	平均値	分散	標準偏差	変動係数
引張降伏強さ (MPa)	2.0	48.0	47.5	47.5	46.7	46.2	46.2	48.0	47.18	0.517	0.719	1.52%
	3.0	48.7	48.1	48.4	47.7	48.4	47.7	48.7	48.26	0.143	0.378	0.78%
	5.0	48.6	49.4	49.3	48.5	48.1	48.1	49.4	48.78	0.307	0.554	1.14%
	7.0	49.8	49.7	49.5	49.2	50.2	49.2	50.2	49.68	0.137	0.370	0.75%
	8.0	49.6	49.7	51.5	51.1	49.9	49.6	51.5	50.36	0.768	0.876	1.74%
引張破壊強さ (MPa)	2.0	48.2	46.7	47.3	47.5	46.0	46.0	48.2	47.14	0.693	0.832	1.77%
	3.0	47.8	46.7	48.2	46.5	47.8	46.5	48.2	47.40	0.565	0.752	1.59%
	5.0	46.7	48.7	47.4	45.3	50.8	45.3	50.8	47.78	4.357	2.087	4.37%
	7.0	50.1	41.4	49.0	48.6	48.6	41.4	50.1	47.54	12.16	3.487	7.33%
	8.0	48.8	49.6	44.4	45.4	43.4	43.4	49.6	46.32	7.492	2.737	5.91%
引張破壊伸び (%)	2.0	135	129	132	138	128	128	138	132.4	17.30	4.159	3.14%
	3.0	138	120	133	123	138	120	138	130.4	71.30	8.444	6.48%
	5.0	126	133	118	115	156	115	156	129.6	267.3	16.35	12.6%
	7.0	131	74	124	131	126	74.0	131	117.2	592.7	24.35	20.8%
	8.0	126	131	124	132	124	124	132	127.4	14.80	3.847	3.02%

図4.3.1 試験速度と引張降伏強さとの関係

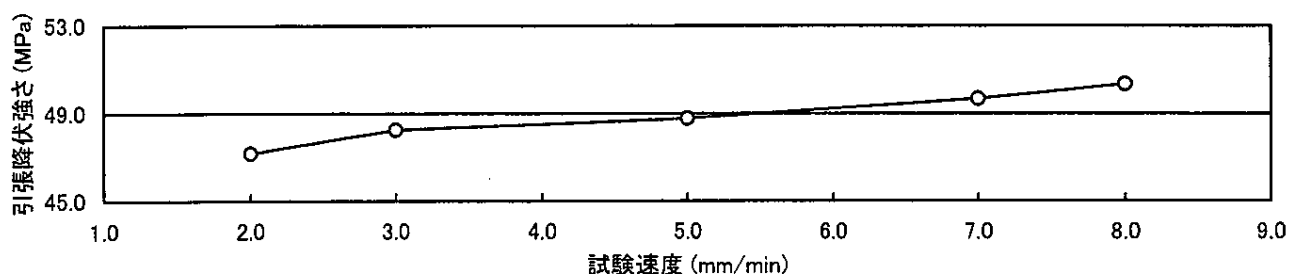


図4.3.2 引張速度と引張破壊強さとの関係

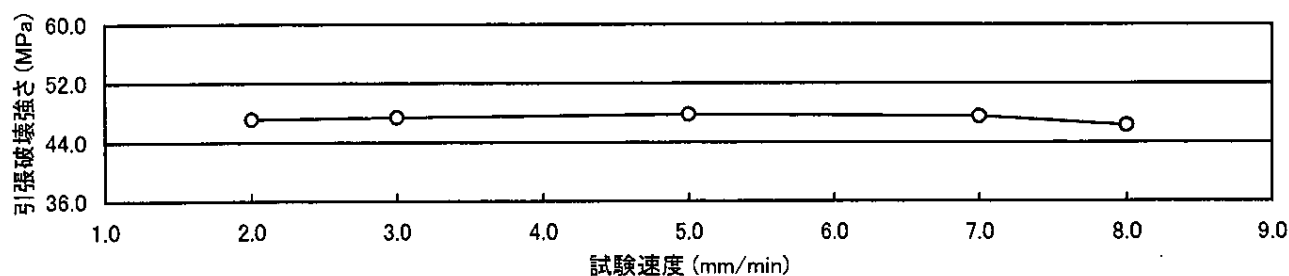


図4.3.3 試験速度と引張破壊伸びとの関係

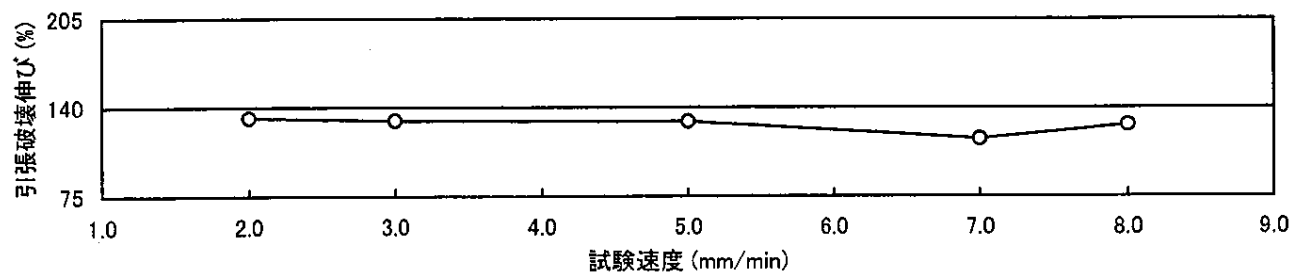


表 4.3.4 多元比較法に基づく解析結果(引張降伏強さ)

a)バートレットの検定

試験速度	n 数	分散(n-1)	分布	χ^2 分布
2(mm/min)	5	0.517	統計量	4.091337
3(mm/min)	5	0.143	自由度	4
5(mm/min)	5	0.307	5%点	9.487729
7(mm/min)	5	0.137	1%点	13.2767
8(mm/min)	5	0.768	確率	0.393786
			検定マーク	[]

b)分散分析法

変動因子	自由度	標準平方和	不偏分散	分散比	P値	判定
全体(T)	24	38.0424				
因子(A)	4	30.5544	7.6386	20.40224	7.88E-07	[**]
誤差(E)	20	7.488	0.3744			

c)検定結果

$\alpha(0.01)$	0.001	$t(\alpha(0.01), n-k)$	3.849516
$\alpha(0.05)$	0.005	$t(\alpha(0.05), n-k)$	3.153401

(全群比較)

試験速度 (mm/min)	n_i	n_j	X_i	X_j	$ X_i - X_j $	$\sqrt{(1/n_i + 1/n_j) \times V_e}$	T	P値	判定
2	5	5	47.18	48.78	1.6	0.386988	4.134491	0.000514	[**]
3	5	5	48.26	48.78	0.52	0.386988	1.34371	0.19409	[]
5	7	5	48.78	49.68	0.9	0.386988	2.325651	0.030669	[]
5	8	5	48.78	50.36	1.58	0.386988	4.08281	0.00058	[**]

4.4 試験温度の違いによる試験結果への影響 試験温度は、試験結果に大きな影響が考えられることから試験温度の違いがどの程度試験結果へ影響を及ぼすかについての確認試験を実施する。

4.4.1 実施内容 試験実施内容については次のとおり。

表 4.4.1 実施内容

項目		実施内容詳細
試料	種類	硬質塩化ビニル管(VP)
	呼び径	50
プレス条件	加熱温度	128°C(中間値を採用)
	加熱時間	4分30秒
試験片	試験片形状	JIS K 6815-2 機械加工による試験片(タイプ1)
切削条件	エンドミル	φ3.0
	回転数	50×100rpm
	切削速度	5mm/sec
	切り込みピッチ	1.0mm
試験条件	試験温度	試験温度 23°Cを基準に 4水準(18,21,25 及び 28°C)
	試験速度	5.0mm/min
	掴み距離	80mm
	試験回数	各水準において n=5
	測定項目	引張降伏応力,引張破壊応力及び引張破壊ひずみ
試験片数	全 20 片	

備考

(¹)本予備試験は代表サイズ硬質塩化ビニル管(VP)呼び径 50 のみで実施する。

(²)切削条件は最適条件と一致する。

(³)試験片はランダムに採取する。

(⁴)引張降伏強さに関して多元比較法に基づいて評価を実施する。測定値は、正規分布に従っていると仮定し、各集団の分散が等しいかパートレットの検定で調べ、各水準における結果の平均に差があるか一元配置法を用いて評価する。

4.4.2 試験結果 試験温度の違いによる引張降伏強さ、引張破壊強さ及び引張破壊伸びの各測定結果及び引張降伏強さの解析結果を表 4.4.2 に多元比較法に基づく解析結果を表 4.4.4 示す。

表 4.4.2 で得られた結果を基に 1 次の近似曲線を求め、表 4.4.3 に示す係数を得る。

表 4.4.3 試験温度と引張試験との関係

試験項目	温度に対する係数
引張降伏強さ	0.507(MPa)
引張破壊強さ	0.781(MPa)
引張破壊伸び	1.021(%)

表4.4.2 試験温度の違いによる試験結果への影響

試験項目	(°C)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	最小値	最大値	平均値	分散	標準偏差	変動係数
引張降伏強さ (MPa)	18	51.8	51.6	51.5	52.0	52.1	51.5	52.1	51.80	0.065	0.255	0.49%
	21	50.3	51	50.5	50.8	50.7	50.3	51.0	50.66	0.073	0.270	0.53%
	23	48.6	49.4	49.3	48.5	48.1	48.1	49.4	48.78	0.307	0.554	1.14%
	25	47.8	48.5	48.1	48.0	47.9	47.8	48.5	48.06	0.073	0.270	0.56%
	28	46.5	46.9	47.4	47.5	46.5	46.5	47.5	46.96	0.228	0.477	1.02%
引張破壊強さ (MPa)	18	54.4	51.1	48.6	49.3	54.0	48.6	54.4	51.48	7.017	2.649	5.15%
	21	52.9	49	51.1	48	48.2	48.0	52.9	49.84	4.433	2.105	4.22%
	23	46.7	48.7	47.4	45.3	50.8	45.3	50.8	47.78	4.357	2.087	4.37%
	25	41.0	32.1	47.8	49.3	49.0	32.1	49.3	43.84	54.50	7.383	16.84%
	28	44.3	48.4	42.8	42.4	46.2	42.4	48.4	44.82	6.232	2.496	5.57%
引張破壊伸び (%)	18	144	136	112	116	148	112	148	131.2	267.2	16.35	12.5%
	21	140	132	148	124	116	116	148	132.0	160.0	12.65	9.58%
	23	126	133	118	115	156	115	156	129.6	267.3	16.35	12.6%
	25	124	104	128	136	140	104	140	126.4	196.8	14.03	11.1%
	28	112	148	112	108	128	108	148	121.6	276.8	16.64	13.7%

図4.4.1 試験温度と引張降伏強さとの関係

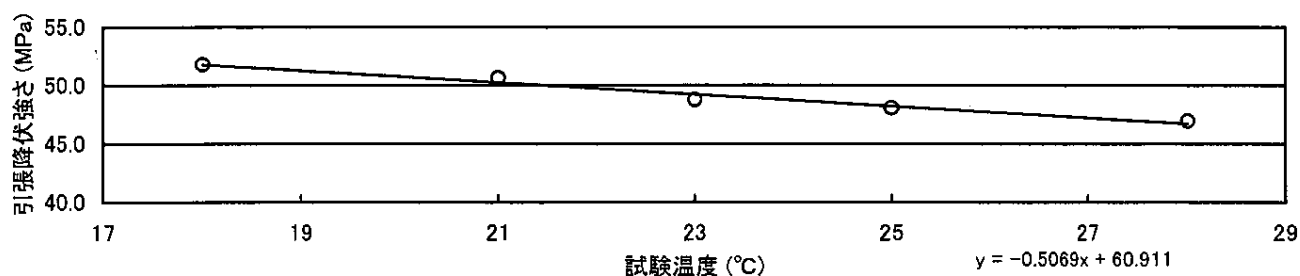


図4.4.2 試験温度と引張破壊強さとの関係

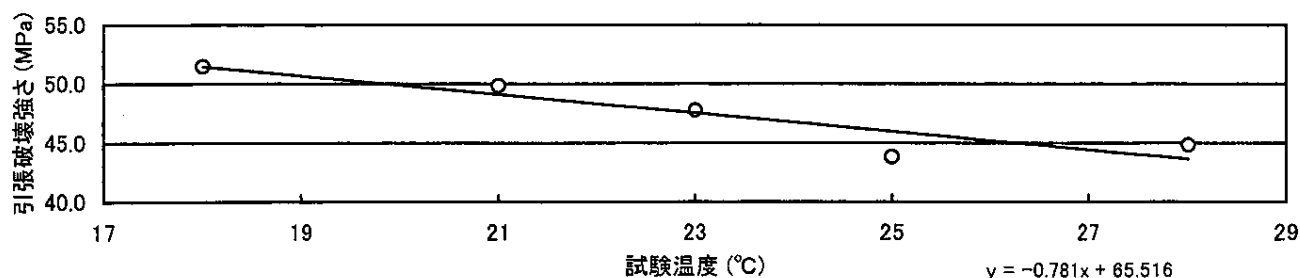


図4.4.3 試験温度と引張破壊伸びとの関係

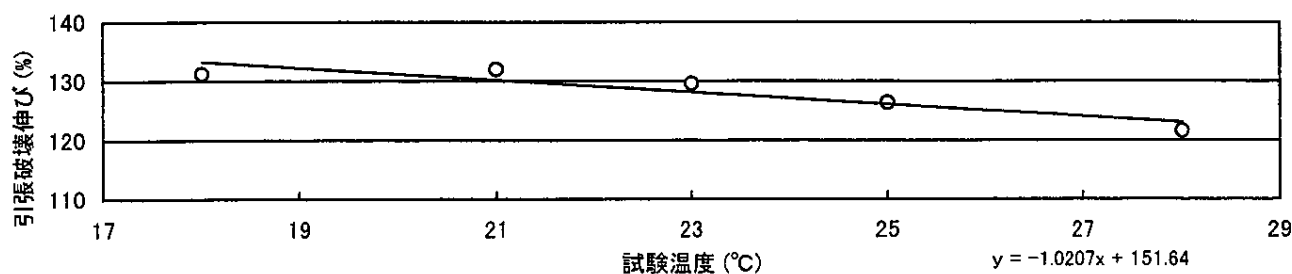


表 4.4.4 多元比較法に基づく解析結果(引張降伏強さ)

a)バートレットの検定

試験速度	n 数	分散(n-1)	分布	χ^2 分布
18°C	5	0.065	統計量	4.054323
21°C	5	0.073	自由度	4
23°C	5	0.307	5%点	9.487729
25°C	5	0.073	1%点	13.2767
28°C	5	0.228	確率	0.398704
			検定マーク	[]

b)分散分析法

変動因子	自由度	標準平方和	不偏分散	分散比	P 値	判定
全体(T)	24	79.8424				
因子(A)	4	76.8584	19.2146	128.7842	5.65E-14	[**]
誤差(E)	20	2.984	0.1492			

c)検定結果

$\alpha(0.01)$	0.001	$t(\alpha(0.01), n-k)$	3.849516
$\alpha(0.05)$	0.005	$t(\alpha(0.05), n-k)$	3.153401

(全群比較)

試験温度 (°C)		n_i	n_j	X_i	X_j	$ X_i - X_j $	$\sqrt{(1/n_i + 1/n_j) \times V_e}$	T	P 値	判定
18	23	5	5	51.8	48.78	3.02	0.244295	12.36211	8.03E-11	[**]
21	23	5	5	50.66	48.78	1.88	0.244295	7.695617	2.11E-07	[**]
23	25	5	5	48.78	48.06	0.72	0.244295	2.947258	0.007966	[]
23	28	5	5	48.78	46.96	1.82	0.244295	7.450012	3.44E-07	[**]

4.5 切削速度の違いによる試験結果への影響 切削速度は、試験結果に大きな影響が考えられることから試験速度の違いがどの程度試験結果へ影響を及ぼすかについての確認試験を実施する。

4.5.1 実施内容 試験実施内容については、次のとおり。

表 4.5.1 実施内容

項目		実施内容詳細
試料	種類	硬質塩化ビニル管(VP)
	呼び径	50
試験片	形状,作製方法	JIS K 6815-2 機械加工による試験片(タイプ 1)
切削条件	エンドミル	φ3.0
	回転数	50×100rpm
	切削速度	1, 3, 5, 7, 9 及び 12mm/sec
	切り込みピッチ	1.0mm
寸法測定	測定機器	投影機を使用
試験方法	準拠項目	JIS K 6815-2
	測定項目	引張降伏強さ

備考

(1)本予備試験は代表サイズ硬質塩化ビニル管(VP)呼び径 50 のみで実施する。

(2)切削条件は最適条件と一致する。

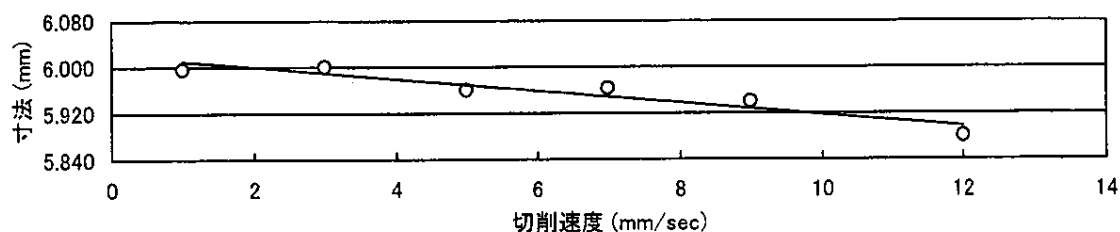
(3)試験片はランダムに採取する。

4.5.2 試験結果 作製した引張試験片の平行部の寸法を 10 箇所測定した結果を表 4.5.2 に引張試験結果を表 4.5.3 に示す。

表 4.5.2 切削面の寸法測定

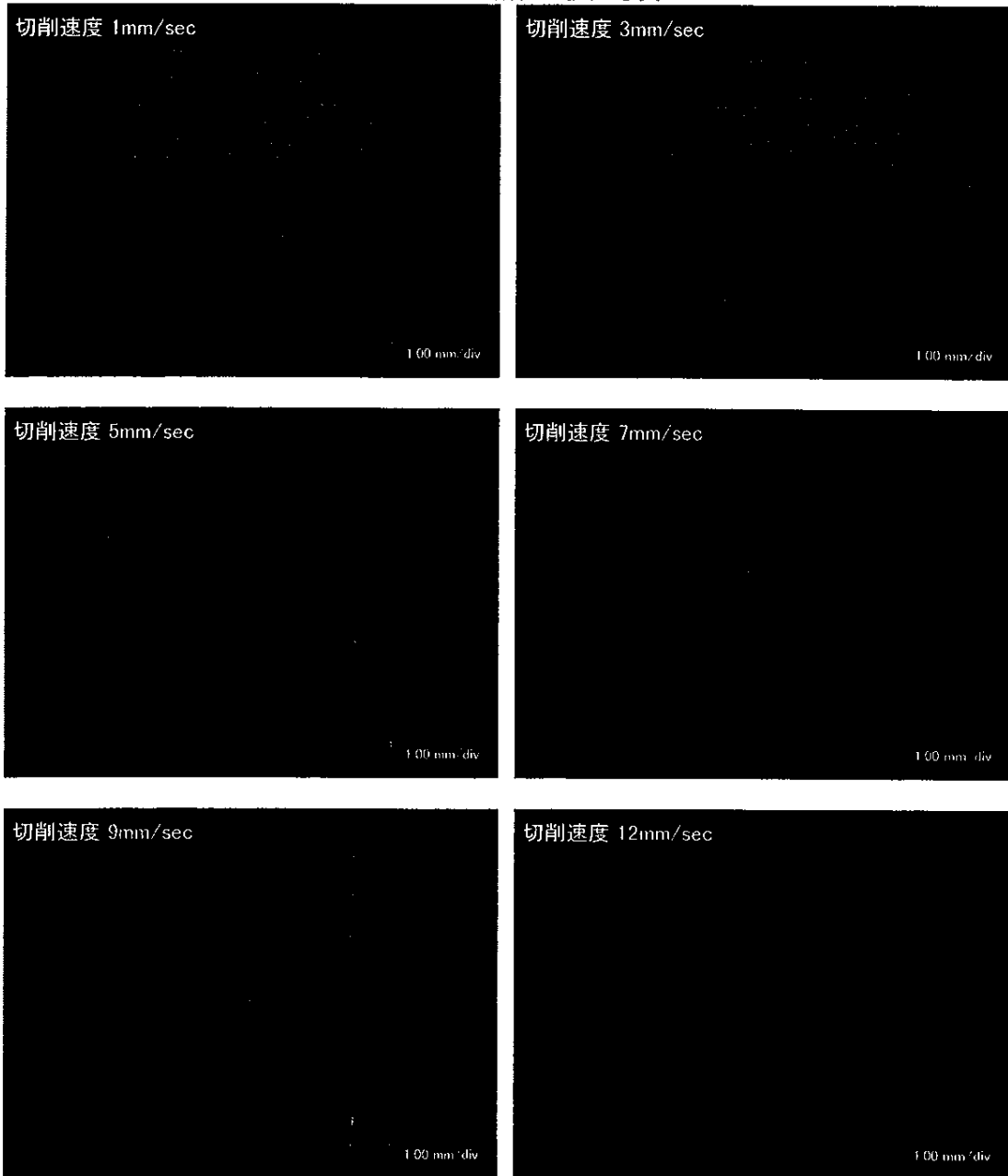
n	1mm/sec	3mm/sec	5mm/sec	7mm/sec	9mm/sec	12mm/sec
1	5.989	5.997	5.961	5.966	5.942	5.898
2	5.989	5.993	5.957	5.961	5.939	5.875
3	5.998	6.005	5.954	5.962	5.940	5.869
4	5.994	5.997	5.973	5.963	5.941	5.872
5	6.001	6.006	5.975	5.966	5.943	5.873
6	5.993	5.999	5.961	5.963	5.942	5.872
7	5.999	6.003	5.957	5.965	5.944	5.882
8	5.998	6.001	5.956	5.963	5.940	5.884
9	5.999	6.002	5.956	5.964	5.937	5.885
10	6.000	6.003	5.955	5.961	5.938	5.894
平均値	5.996	6.001	5.961	5.963	5.941	5.880
標準偏差	0.004	0.004	0.007	0.002	0.002	0.010
変動係数	0.07%	0.07%	0.13%	0.03%	0.04%	0.17%

図4.5.1 切削速度と寸法の関係



4.5.3 結論 切削速度が早くなると寸法は減少傾向に、試料への抵抗増加が原因と思われる切削面深さ方向に筋が入る傾向(図 4.5.2 参照)にあった。またエンドミルの熱の発生及び削りの付着が認められる。寸法は JIS の規定範囲内であるが作業の安全性及び効率性を考慮して切削速度の最適条件を 5mm/sec とすることとした。

図 4.5.2 切削面の拡大写真



4.6 掴み具の歯の違いによる試験結果への影響 掴み具の歯の違いによって試験結果にどれだけの影響があるか確認する。掴み具は、通常使用する平板のものと新たに作製するパイプ形状に沿った歯を用いる。

4.6.1 実施内容 試験実施内容については、次のとおり。

表 4.6.1 実施内容

項目		実施内容詳細
試料	種類	硬質塩化ビニル管(VP)
	呼び径	50
試験片	形状,作製方法	JIS K 6815-2 機械加工による試験片(タイプ 1)
切削条件	エンドミル	φ3.0
	回転数	50 × 100rpm
	切削速度	5mm/sec
	切り込みピッチ	1.0mm
試験方法	準拠項目	JIS K 6815-2
	試験回数	各水準において n=10
	測定項目	引張降伏強さ,引張破壊強さ及び引張破壊伸び
試験片数	全 20 片	

備考

(1)本予備試験は代表サイズ硬質塩化ビニル管(VP)呼び径 50 のみで実施する。

(2)切削条件は最適条件と一致する。

(3)試験片はランダムに採取する。

(4)引張降伏強さに関して多元比較法に基づいて評価を実施する。データは、正規分布に従っていると仮定し、各集団の分散が等しいかバートレットの検定で調べ、各水準における結果の平均に差があるか一元配置法を用いて評価する。

4.6.2 試験結果 試験結果を表 4.6.2 に引張降伏強さに関する解析結果を表 4.6.3 に示す。

表 4.6.2 試験結果

試験項目	引張降伏強さ(MPa)		引張破壊強さ(MPa)		引張破壊伸び(%)	
	平板	R 付	平板	R 付	平板	R 付
No.1	50.0	49.7	53.8	48.7	156	116
No.2	49.6	50.9	49.6	53.5	134	147
No.3	50.9	49.9	52.9	55.1	148	168
No.4	50.1	49.9	52.7	53.0	154	153
No.5	50.5	51.0	47.3	49.9	116	125
No.6	49.4	50.2	50.9	54.4	142	158
No.7	50.0	50.9	53.1	54.9	155	170
No.8	50.4	49.3	51.2	55.7	140	167
No.9	49.9	50.6	50.0	54.5	138	158
No.10	49.9	49.4	55.8	54.2	171	161
平均値	50.07	50.18	51.73	53.39	145.4	152.3
分散(n-1)	0.191	0.406	5.907	5.310	225.6	334.2
標準偏差	0.437	0.637	2.430	2.304	15.02	18.28
変動係数	0.873%	1.270%	4.698%	4.316%	10.33%	12.00%

表 4.6.3 多元比較法に基づく解析結果(引張降伏強さ)

a)パーレットの検定

掴み具形状	n 数	分散(n-1)
平板	10	0.191
R 付	10	0.406

分布	χ^2 分布
統計量	1.182529
自由度	1
5%点	3.841459
1%点	6.634897
確率	0.276842
検定マ ーク	[]

b)分散分析法

変動因子	自由度	標準平方和	不偏分散	分散比	P 値	判 定
全体(T)	19	5.4375				
因子(A)	1	0.0605	0.060500	0.202529	0.65806	[]
誤差(E)	18	5.377	0.298722			

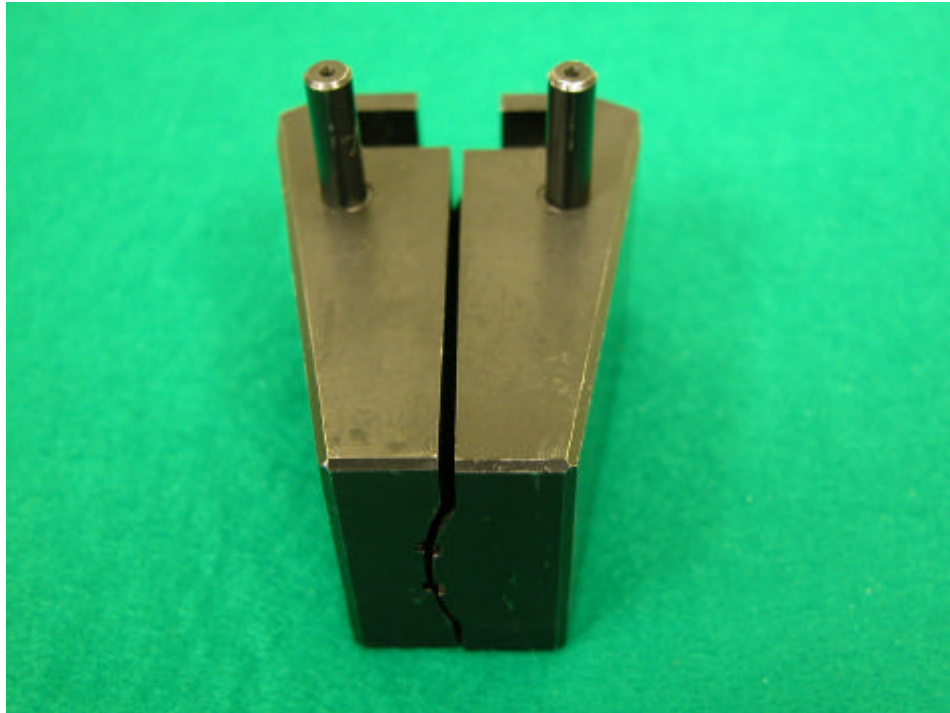
c)検定結果

a(0.01)	0.001	$t(a(0.01), n-k)$	2.87844
a(0.05)	0.005	$t(a(0.05), n-k)$	2.10092

掴み具形状	n_i	n_j	X_i	X_j	$ X_i - X_j $	$\sqrt{(1/n_i + 1/n_j) \times V_e}$	T	P 値	判定
平板 R 付	10	10	50.07	50.18	0.11	0.244427	0.450033	0.65806	[]

4.6.3 結 論 表 4.6.3 より解析の結果掴み具の形状の違いによる差は認められない。

図 4.6.1 掴み具(R付)



5.写 真

写真 5.1 試験片(供試管から切り取った状態)

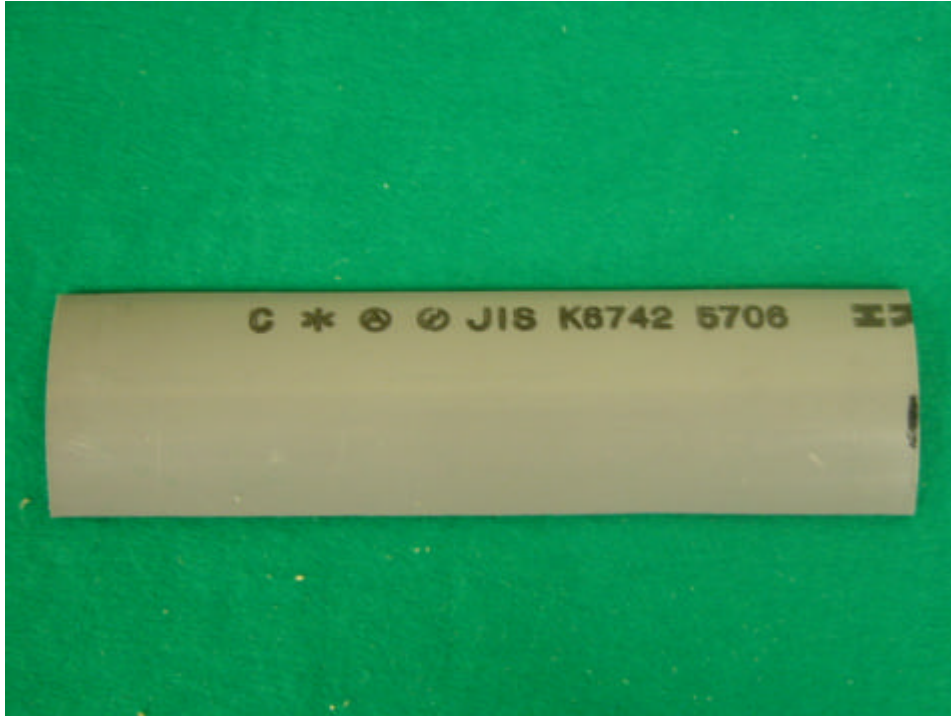


写真 5.2 試験片(プレスした状態)

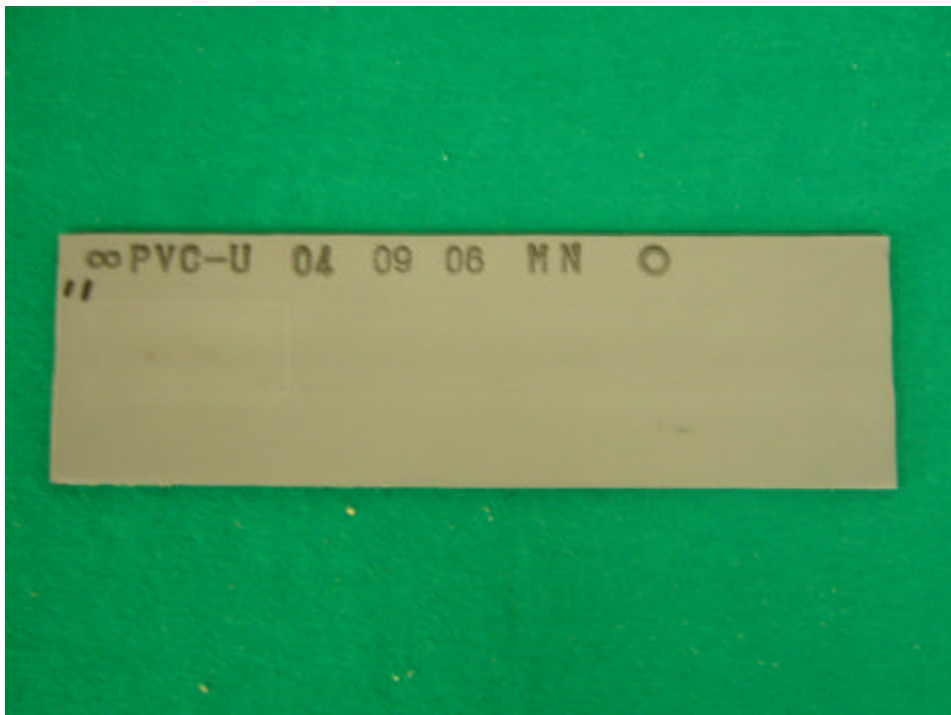


写真5.3 試験片(機械加工)

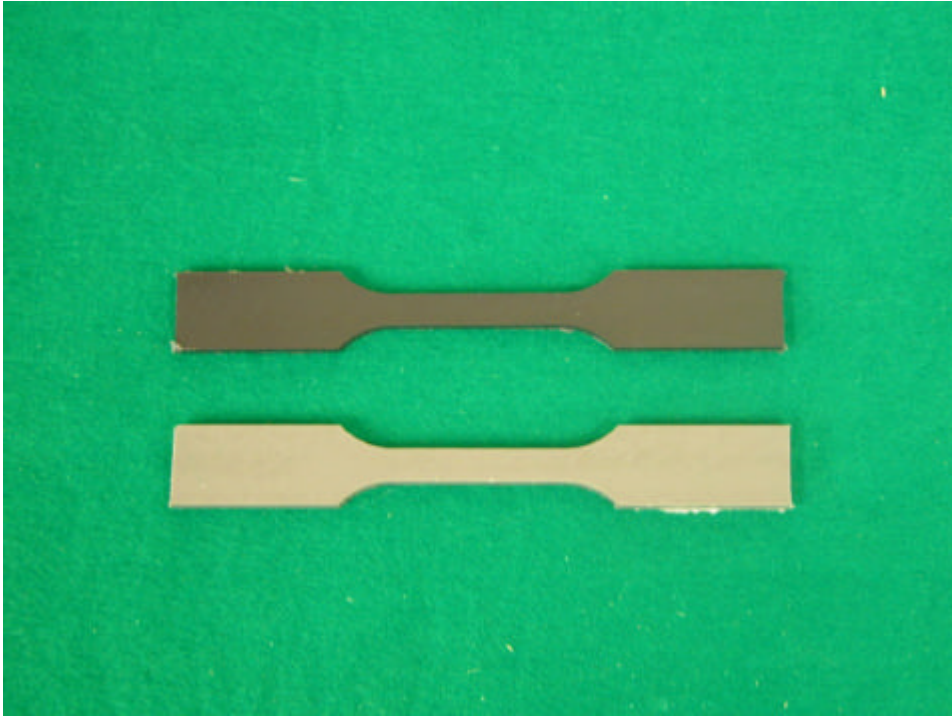


写真5.4 試験片(打抜加工)



写真 5.5 試験片打抜加工機

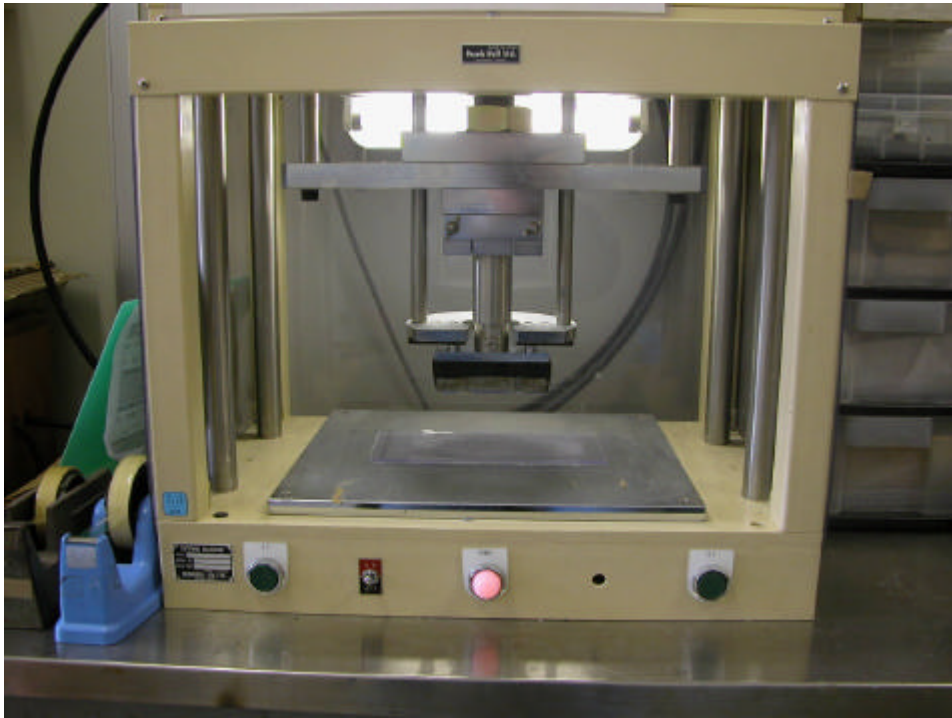


写真 5.6 引張試験機

