

## 目 次

	ページ
1 適用範囲.....	1
2 引用規格.....	1
3 用語及び定義.....	1
4 原理.....	2
5 状態調節及び試験雰囲気.....	3
5.1 試験片の状態調節.....	3
5.2 試験雰囲気温度.....	3
6 試験装置及び器具.....	3
7 試験片.....	4
7.1 試験片の形状及び寸法.....	4
7.2 試験片の表面粗さ及び寸法公差.....	5
7.3 試験片の作製.....	6
7.4 試験片の数.....	6
7.5 試験片の寸法測定.....	6
7.6 ひずみゲージの接着.....	6
8 操作手順.....	6
8.1 圧縮試験機と試験ジグとの接続方法及び試験片の取付け.....	6
8.2 試験速度.....	8
8.3 データ収集.....	8
8.4 試験終了.....	8
9 計算及び結果の表示.....	8
9.1 面内せん断応力－面内せん断ひずみ線図.....	8
9.2 面内せん断強さ.....	9
9.3 極限面内せん断ひずみ.....	9
9.4 面内せん断弾性率.....	9
9.5 オフセット面内せん断強さ.....	9
9.6 結果の表示.....	10
10 試験報告.....	10

## まえがき

この規格は、工業標準化法に基づき、日本工業標準調査会の審議を経て、経済産業大臣が制定した日本工業規格である。

この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、特許権、出願公開後の特許出願又は実用新案権に抵触する可能性があることに注意を喚起する。経済産業大臣及び日本工業標準調査会は、このような特許権、出願公開後の特許出願及び実用新案権に関わる確認について、責任はもたない。

# 炭素繊維強化プラスチック一面内せん断試験方法

## —第2部：ダブルV-ノッチせん断法

Carbon fiber reinforced plastics—Testing methods for in-plane shear properties—Part 2: Double V-notch shear method

### 1 適用範囲

この規格は、炭素繊維強化プラスチックの面内せん断強さ、面内せん断破壊ひずみ及び面内せん断弾性率を、ダブルVノッチ付き試験片を用いた面内せん断試験（イオシペスク試験）によって求める方法について規定する。

この規格は、一方向強化（UD）材、一方向強化層又は織物強化層から構成される積層板（直交積層材、擬似等方積層材など）に適用する。

**警告** この規格の利用者は、通常の試験室での作業に精通している者とする。この規格は、その使用に関連して起こる全ての安全上の問題を取り扱おうとするものではない。この規格の利用者は、各自の責任において安全及び健康に対する適切な措置をとらなければならない。

### 2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

**JIS B 7184** 測定投影機

**JIS B 7502** マイクロメータ

**JIS B 7507** ノギス

**JIS K 7010** 繊維強化プラスチック用語

**JIS K 7016-1** 繊維強化プラスチック試験板の作り方—第1部：総則

**JIS K 7072** 炭素繊維強化プラスチックの試料の作製方法

**JIS K 7100** プラスチック状態調節及び試験のための標準雰囲気

**JIS K 7144** プラスチック機械加工による試験片の調製

**JIS Z 8401** 数値の丸め方

### 3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、**JIS K 7010** によるほか、次による。

#### 3.1

##### ダミー試験片

試験片と寸法（幅及び長さ）とが同寸法の位置決めに用いるダミーの試験片。

### 3.2

#### 最大力, $P_u$

試験片が破壊した力又は 5 %面内せん断ひずみにおける力のうちいずれか大きい方の力。試験片破壊時における面内せん断ひずみが 5 %以上における力, 又は明確な試験片の破壊がなく面内せん断ひずみが 5 %以上となる場合, 面内せん断ひずみが 5 %における力。

### 3.3

#### 面内せん断強さ, $F$

最大力 (3.2) を試験片の最小断面積で除した値。

### 3.4

#### 面内せん断応力, $\tau$

試験片に加えられた力を試験片の最小断面積で除した値。

### 3.5

#### 面内せん断ひずみ, $\gamma$

試験片に加えた面内せん断応力によって生じたひずみ。試験片の V ノッチ間中央部において, 試験片の長手方向に対し +45° 方向のひずみ ( $|\epsilon_{+45}|$ ) と -45° 方向のひずみ ( $|\epsilon_{-45}|$ ) との総計値。

### 3.6

#### 極限面内せん断ひずみ

面内せん断強さ (3.3) における面内せん断ひずみ。

### 3.7

#### 面内せん断弾性率, $G$

面内せん断応力—面内せん断ひずみ線図において, 面内せん断応力の差 ( $\tau'' - \tau'$ ) を, 対応する面内せん断ひずみの差 ( $\gamma'' - \gamma'$ ) で除した値。ここに,  $\gamma''$  は 0.5 %,  $\gamma'$  は 0.1 % とする (図 6 参照)。

### 3.8

#### オフセット面内せん断強さ

面内せん断応力—面内せん断ひずみ線図において, 面内せん断弾性率線を面内せん断ひずみ方向に, 面内せん断ひずみ 0.2 % 分だけ平行移動させ, 面内せん断応力—面内せん断ひずみ曲線との交点における面内せん断応力。

## 4 原理

長さが  $L$  の試験片に図 1 に示すような点対称の力を加えると, 試験片の長さ方向の中央部においては, 面内せん断力  $P$  が一様となる (図 1 参照)。圧縮試験機及び試験ジグで図 1 に示すような力を試験片に与え, 中央部に生じる面内せん断力を測定する。V ノッチは, 試験片の幅方向のせん断ひずみ分布を V ノッチがない場合よりも一様にする働きがある。

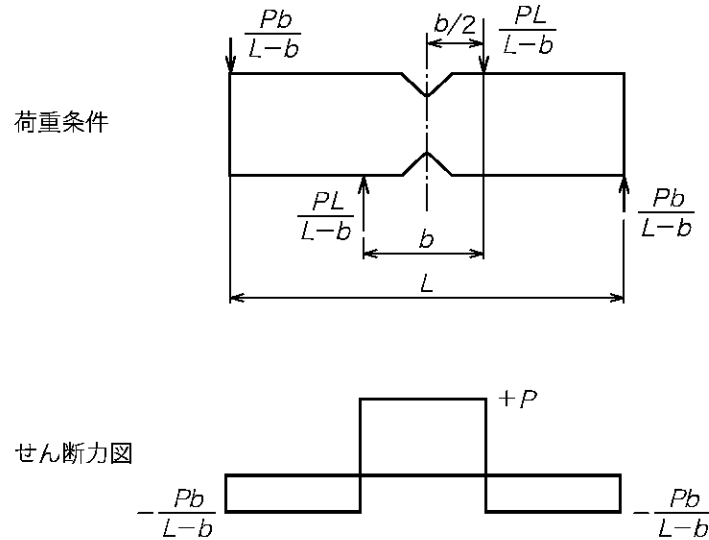


図 1—せん断力図

## 5 状態調節及び試験雰囲気

### 5.1 試験片の状態調節

試験片は、試験前に JIS K 7100 に規定する標準温度及び湿度状態 2 級〔温度  $23 \pm 2$  °C 及び相対湿度  $(50 \pm 10)\%$ 〕において 48 時間以上状態調節を行う。

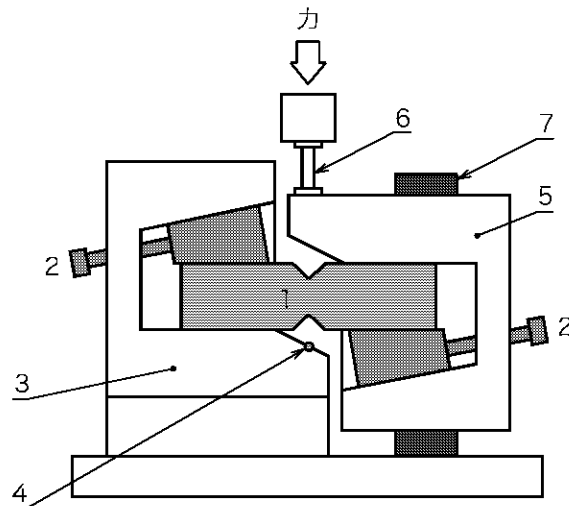
### 5.2 試験雰囲気温度

試験は、5.1 に規定する温度及び湿度の室内で行う。

## 6 試験装置及び器具

試験装置及び器具は、次による。

- a) **圧縮試験機** 圧縮試験機は、試験中にクロスヘッドの移動速度を一定に保つことができるものとする。  
なお、力系指示計は、規定の試験速度において慣性による遅れがなく、測定値の  $\pm 1\%$  以上の精度で力を指示するものを用いる。
- b) **試験ジグ** 試験ジグは、試験中に試験片に面内せん断力を正しく負荷するもので、材質は、鋼製とする（図 2 参照）。



- 1 試験片
- 2 試験片固定用ねじ
- 3 左側ジグ
- 4 位置決め用ピン
- 5 右側ジグ
- 6 接合部（負荷部）
- 7 ガイドピン

図 2—試験ジグ

- c) **データ記録装置** データ記録装置は、四つのひずみ値から“力-ひずみ線図”が適切に得られるものとする。

## 7 試験片

### 7.1 試験片の形状及び寸法

試験片の形状は、試験片 A 及び試験片 B の 2 種類とする。一方向強化材、直交積層材など、面内せん断強さが小さく、V ノッチ間の評定部で破壊が生じる試験では、試験片 A を用いる。擬似等方積層材など、面内せん断強さが大きく、V ノッチ間の評定部での破壊前に力導入部の試験片端部で局所破壊が生じるような試験では、試験片 B を用いる。

試験片 A 及び試験片 B の形状及び寸法は、次による。試験片の厚さは、1.0 mm～6.0 mm とする。

- a) **試験片 A** 形状及び寸法を、図 3 に示す。

単位 mm

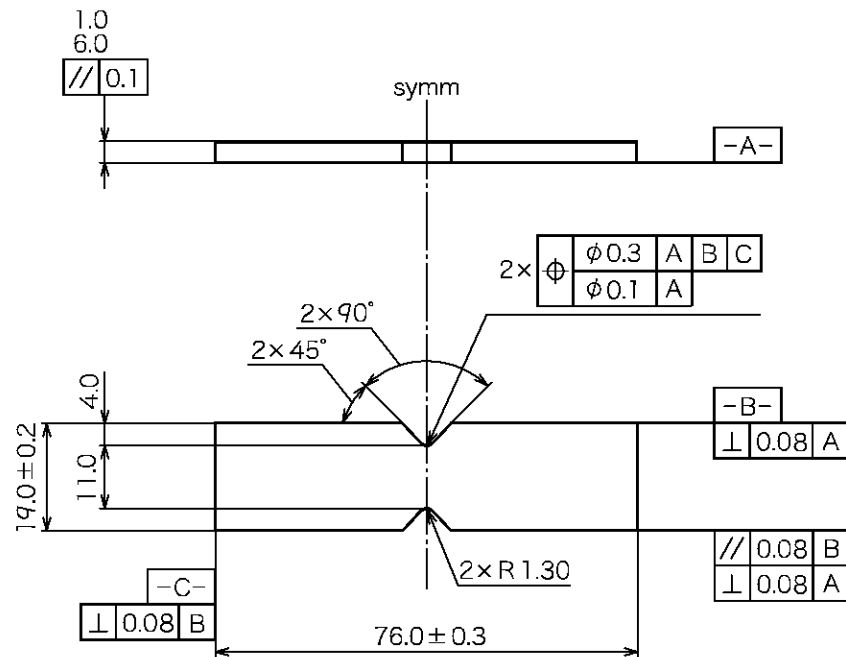


図3—試験片 A の形状及び寸法

b) 試験片 B 形状及び寸法を、図 4 に示す。タブには、試験片に用いたものと同様の材料を用いる。

単位 mm

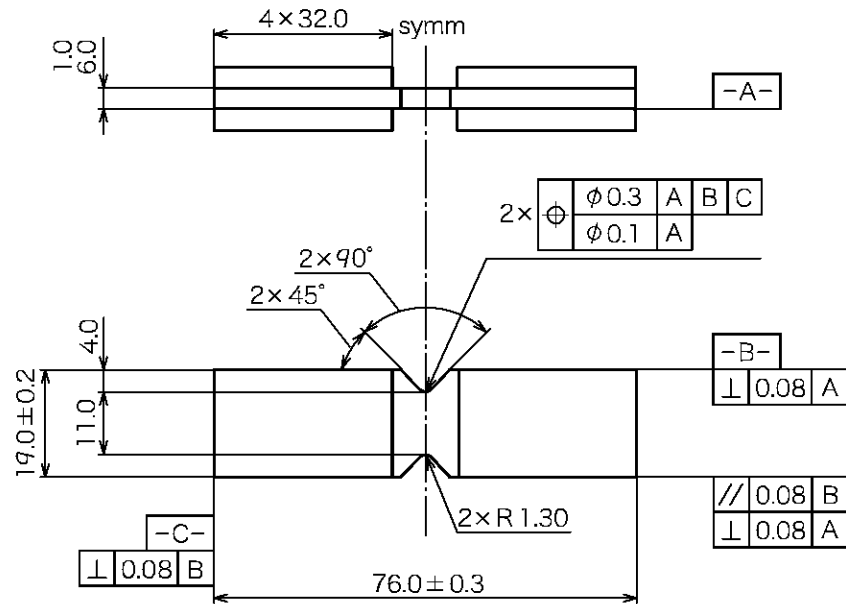


図4—試験片 B の形状及び寸法

## 7.2 試験片の表面粗さ及び寸法公差

V ノッチ部の表面粗さは、 $0.8 \mu mRa$  以下、その他の加工面の表面粗さは、 $1.6 \mu mRa$  以下とする。全ての角度公差は、 $\pm 0.5^\circ$  とする。

### 7.3 試験片の作製

JIS K 7016-1 及び JIS K 7072 に従った成形、圧縮成形、オートクレーブ成形などによって試験板を成形する。試験板から、JIS K 7144 に規定する機械加工によって 7.1 に規定する寸法の試験片を作製する。機械加工した面は、全て滑らかとし、刻み目、か（搔）ききず、ばり、その他の欠陥があってはならない。一方向強化材は、繊維方向が試験片の長さ方向又は幅方向と一致しているものとする。織物強化材は、繊維方向が試験片の長さ方向と一致しているものとする。

### 7.4 試験片の数

試験片の数は、試験の回数分用意し、その数は、5 本以上とする。

### 7.5 試験片の寸法測定

試験片の厚さは、上側 V ノッチの根元、V ノッチ間中央部及び下側 V ノッチの根元の 3 か所で、JIS B 7502 に規定するマイクロメータを用いて 0.01 mm の単位まで求める。その平均値を  $h$  とする。その後、V ノッチ間の幅を 0.01 mm の単位まで計測する。長さは、JIS B 7507 に規定するノギスを用いて 0.05 mm 以下の単位まで計測する。V ノッチ間の幅の計測には、JIS B 7184 に規定する測定投影機を用いてもよい。

試験片の最小断面積を、次の式(1)によって算出する。

$$A = w \times h \text{ ..... (1)}$$

ここに、  
 $A$  : 最小断面積 (mm<sup>2</sup>)  
 $w$  : V ノッチ間の幅 (mm)  
 $h$  : 平均厚さ (mm)

### 7.6 ひずみゲージの接着

試験片両面の V ノッチ間の中心に“2 軸 0° / 90° 交さ（叉）形ひずみゲージ”を、試験片の長手方向に對し +45° 及び -45° 方向となるように接着する（図 5 参照）。ひずみゲージは、2 ゲージが独立したものでよい。ひずみゲージのゲージ長（ひずみ受感部の長さ）は、1 mm～2 mm とする。織物材では、ゲージ長を 2 mm～5 mm とする。

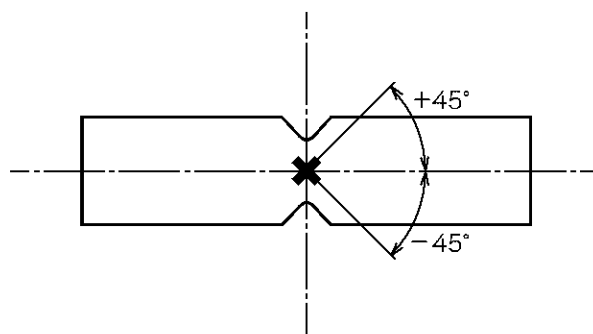


図 5—ひずみゲージの接着位置

## 8 操作手順

### 8.1 圧縮試験機と試験ジグとの接続方法及び試験片の取付け

圧縮試験機と試験ジグとの接続方法は、直結式及び圧縮盤式の 2 方法のうち、いずれかを用いる。どちらの方式も、試験ジグの接合部（負荷部）に対して垂直に加わるように注意する。

**注記** 直結式は、接続アダプタを介して圧縮試験機と右側ジグとを接続した方式である。直結式は、試験片の取り付け時に右側ジグが保持されるため、試験片取り付けが容易である。一方、圧縮盤式は、汎用の圧縮盤を用いて試験ジグを圧縮する方式である。圧縮盤式は、試験片に右側ジ



グの質量が負荷されるため、試験前に右側ジグの質量を測定し、ロードセルで測定された力値に、右側ジグの質量を加えて面内せん断応力を計算する必要がある。

### 8.1.1 直結式

#### 8.1.1.1 圧縮試験機及び試験ジグの準備

圧縮試験機及び試験ジグの準備は、次による。

- a) 試験機の下側（ステージ側）に直径 150 mm 程度の圧縮盤を取り付け、左側ジグを設置する。
- b) 試験機の上側（クロスヘッド側）に、接続アダプタを介して右側ジグを取り付ける。
- c) 右側ジグのガイド穴にガイドピンを通し、クロスヘッド（右側ジグ）を下げる。

#### 8.1.1.2 試験の準備

試験の準備は、次による。

- a) ダミー試験片を、左側ジグの試験片固定用ねじを軽く手締めすることで、左側ジグに取り付ける。このとき、右側ジグとダミー試験片との間には隙間を設ける。
- b) クロスヘッド（右側ジグ）を下げる。
- c) 右側ジグがダミー試験片と接触し、圧縮力が僅かに発生したところでクロスヘッドの移動を止める。
- d) このクロスヘッド位置を初期位置（0 mm）と設定する。
- e) 左側ジグの固定用ねじを緩め、ダミー試験片を取り外す。この状態で、力値の 0 を確認する。

#### 8.1.1.3 試験片の取り付け

- a) 試験片を試験ジグにはめ込み、試験片を左右のジグに押し当て、左右のジグ面が同一面となるようにする。

試験片の厚さ方向の中心と力軸とを合わせるため、厚さが均等なシムを左右の試験片と試験ジグとの間にそれぞれ挟むことができる。このとき、シムの幅は、試験片の幅よりも十分に小さく、シムに力軸方向の力が掛からないように注意する必要がある。

- b) 試験片が、左右に軽く動く状態で、位置決め用ピンを引き上げ、試験片の V ノッチに押し付け、試験片の左右位置を調節する。
- c) 試験片を試験ジグに軽く押し当てたまま、左側ジグの試験片固定用ねじを軽く手締めし、試験片を左側ジグに固定する。
- d) 右側ジグと試験片右側との上面が一致していることを確認する。隙間がある場合は、クロスヘッド位置で調節する。
- e) 試験片を左右のジグに押し当て、左右のジグ面が一致していることを確認する。
- f) 右側ジグの固定用ねじを軽く手締めする。
- g) 力値の 0 を再確認する。ジグの固定によって、100 N 未満の力値となることがあるが、力値は、変更せずに試験を開始する。

### 8.1.2 圧縮盤式

#### 8.1.2.1 圧縮試験機及び試験ジグの準備

- a) 下側（テストベッド側）に直径 150 mm 程度の圧縮盤を取り付け、左側ジグを設置する。
- b) 右側ジグのガイド穴にガイドピンを通す。

#### 8.1.2.2 試験片の取り付け

- a) 右側ジグを持ち上げながら、試験片を試験ジグにはめ込み、試験片を左右のジグに押し当て、左右のジグ面が同一面となるようにする。試験片の厚さ方向の中心と力軸とを合わせるため、厚さが均等なシムを左右の試験片と試験ジグとの間にそれぞれ挟むことができる。このとき、シムの幅は、試験片

の幅よりも十分に小さく、シムに力軸方向の力が掛からないように注意する必要がある。

- b) 右側ジグを持ち上げながら、位置決め川ピンを引き上げ、試験片の V ノッチに押し付け、試験片を左右にずらしながら左右方向の位置を調節する。
- c) 左側ジグの試験片固定用ねじを軽く手締めし、試験片を左側ジグに固定する。
- d) 右側ジグを持ち上げ、試験片を試験ジグに軽く押し当てたまま、右側ジグの試験片固定用ねじを軽く手締めする。このとき、左右のジグ面が一致していることを確認する。

## 8.2 試験速度

試験速度は、毎分 1.0 mm とする。

## 8.3 データ収集

試験中に、力及び四つのひずみ値を箇条 6 c) に規定するデータ記録装置で記録する。

## 8.4 試験終了

力が明らかに低下したとき（試験片が破壊したとき）又は面内せん断ひずみが 5 % を超えたとき、試験を終了する。試験片が破壊したものは、そのときの力（最大力）を記録する。

**注記** 一般的に、試験終了条件は、炭素繊維強化プラスチック積層板の試験材料によって決まることが多い。試験片材料と試験終了条件との関係を参考として表 1 に示す。

表 1—試験片材料ごとの試験終了の条件（参考）

試験片材料	試験終了条件
一方向 (0°) 材	面内せん断ひずみ 10 % 以上
UD の直交材	面内せん断ひずみ 10 % 以上
UD の擬似等方材	明らかな力低下（試験片破壊）
繊維物直交材	面内せん断ひずみ 10 % 以上
繊維物擬似等方材	明らかな力低下（試験片破壊）

## 9 計算及び結果の表示

面内せん断応力及び面内せん断ひずみを次の手順によって算出し、面内せん断応力—面内せん断ひずみ線図を作成する。その後、“面内せん断強さ”、“極限面内せん断ひずみ”及び“面内せん断弾性率”を算出する（図 6 参照）。

なお、必要に応じてオフセット面内せん断強さを求める。

### 9.1 面内せん断応力—面内せん断ひずみ線図

面内せん断応力及び表裏ひずみゲージ測定点（8.3 参照）における面内せん断ひずみを算出し、面内せん断応力—面内せん断ひずみ線図を作成する。

#### 9.1.1 面内せん断応力

面内せん断応力は、次の式(2)によって算出する。

$$\tau = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、  
 $\tau$  : 各測定点の各面内せん断応力 (MPa)  
 $P$  : 各測定点の力 (N)  
 $A$  : 試験片の最小断面積 (mm<sup>2</sup>)

#### 9.1.2 面内せん断ひずみ

面内せん断ひずみは、試験片の表面のせん断ひずみ値と裏面のせん断ひずみ値とを平均して求める。

試験片の表面のせん断ひずみ値は、長手方向に対し ±45° の方向に接合した 2 枚のひずみゲージ出力値

の表面 (f) の総計を式(3)によって求める。試験片の裏面のせん断ひずみ値は、表面と同様に裏面 (b) の総計を式(4)によって算出し、それらを式(5)によって平均値を算出する。

$$\gamma_f = |\varepsilon_{+45f}| + |\varepsilon_{-45f}| \dots\dots\dots (3)$$

$$\gamma_b = |\varepsilon_{+45b}| + |\varepsilon_{-45b}| \dots\dots\dots (4)$$

ここに、  
 $\gamma_f$  : 各測定点の表面の面内せん断ひずみ (%)  
 $\varepsilon_{+45f}$  : 各測定点の+45° 方向の表面ひずみゲージ出力値 (%)  
 $\varepsilon_{-45f}$  : 各測定点の-45° 方向の表面ひずみゲージ出力値 (%)  
 $\gamma_b$  : 各測定点の裏面の面内せん断ひずみ (%)  
 $\varepsilon_{+45b}$  : 各測定点の+45° 方向の裏面ひずみゲージ出力値 (%)  
 $\varepsilon_{-45b}$  : 各測定点の-45° 方向の裏面ひずみゲージ出力値 (%)

$$\gamma = \frac{\gamma_f + \gamma_b}{2} \dots\dots\dots (5)$$

ここに、  
 $\gamma$  : 面内せん断ひずみ (%)

## 9.2 面内せん断強さ

面内せん断強さを式(6)によって算出する。

$$F = \frac{P_u}{A} \dots\dots\dots (6)$$

ここに、  
 $F$  : 面内せん断強さ (MPa)  
 $A$  : 試験片の最小断面積 (mm<sup>2</sup>)  
 $P_u$  : 最大力 (N)

## 9.3 極限面内せん断ひずみ

最大力における面内せん断ひずみを極限面内せん断ひずみとする。

## 9.4 面内せん断弾性率

面内せん断弾性率は、9.1 で求めた“面内せん断応力—面内せん断ひずみ線図”を用いて面内せん断ひずみが、0.5 % ( $\gamma''$ ) 及び 0.1 % ( $\gamma'$ ) における面内せん断応力を求め、次の式(7)によって算出する。

$$G = \frac{\tau'' - \tau'}{\gamma'' - \gamma'} \times \frac{1}{1\,000} \dots\dots\dots (7)$$

ここに、  
 $G$  : 面内せん断弾性率 (GPa)  
 $\tau'$  :  $\gamma' = 0.1\%$ における面内せん断応力 (MPa)  
 $\tau''$  :  $\gamma'' = 0.5\%$ における面内せん断応力 (MPa)

## 9.5 オフセット面内せん断強さ

オフセット面内せん断強さは、“面内せん断応力—面内せん断ひずみ線図”を用いて求める。図 6 に示すように面内せん断弾性率線を面内せん断ひずみ方向に、面内せん断ひずみ 0.2 %分だけ平行移動させ、面内せん断応力—面内せん断ひずみ曲線との交点における面内せん断応力を求め、オフセット面内せん断強さとする。

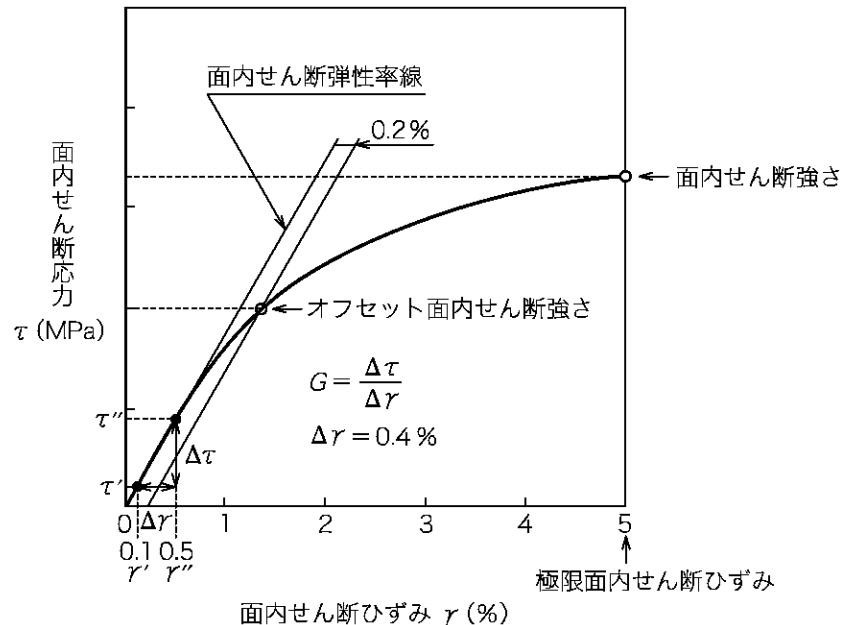


図6—面内せん断弾性率及びオフセット面内せん断強さの求め方

## 9.6 結果の表示

最大力、面内せん断強さ、極限面内せん断ひずみ、及び面内せん断弾性率は、それぞれ試験片ごとに算出し、その平均値を JIS Z 8401 によって有効数字3桁に丸める。

標準偏差及び変動係数を必要とするときは、式(8)及び式(9)によって算出し、JIS Z 8401 によって有効数字2桁に丸める。

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここに、  
 $s$  : 標準偏差  
 $CV$  : 変動係数 (%)  
 $x$  : 個々の測定値  
 $\bar{x}$  : 測定値の平均値  
 $n$  : 測定値の数

## 10 試験報告

試験報告には、次の事項を記載する。

- a) 規格番号 (JIS K 7079-2)
- b) 試験材料の特定に必要な全ての事項
- c) 試料の成形方法、積層構成及び炭素繊維の体積含有率又は質量含有率
- d) 試験片の形状・寸法、作製方法及び採取方法
- e) 試験片の数
- f) 試験片の状態調節の温度、湿度及び時間
- g) 試験温度及び湿度
- h) 用いた試験機

- i) 試験速度
- j) 個々の試験結果（最大力，面内せん断強さ，極限面内せん断ひずみ及び面内せん断弾性率），及び平均値，破壊の形態
- k) 必要に応じて，試験結果の標準偏差及び変動係数，面内せん断応力－面内せん断ひずみ線図，オフセット面内せん断強さ
- l) 試験年月日
- m) その他特記すべき事項