

## 曲げ試験

- 曲げ試験は引張試験と同様に、材料の評価として基本的な試験です。
- 射出成形、圧縮成形及び注型等で作製した短冊状試験片を用いて曲げ強さ、曲げ弾性率を評価します。弊社では、試験片の作製から承ります。
- 装置名：インストロン5566型, 55R-4206型, 5582型
- ロードセル：100N, 1kN, 5kN, 10k N, 25kN, 100kN

### 規格別による試験条件

曲げ試験は規格及び試験片寸法により条件が以下のように変わります。

規格番号	JIS K7171 ISO178	ASTM D790	JIS K7074 (CFRP)	JIS K7017 ISO14125 (FRP)
代表的な試験片寸法	80×10×h4mm	127×13×h3.1mm	100×15×h2mm	60×15×h2mm*1
試験速度	2 mm/min*2	1.3 mm/min*2	5 mm/min	1mm/min
支点間距離 L	L= 16×h (64mm)	L= 16×h (50mm)	L=40×h (80mm)	40mm*1
圧子の半径R1	R1=5 mm	R1=5 mm	R1=5 mm	R1=5 mm
支持台の半径 R2	R2=5 mm (h>3mm) R2=2 mm (h≤3mm)	R2=5 mm	R2=2 mm	R2=5 mm (h>3mm) R2=2 mm (h≤3mm)
曲げ弾性率	割線法	接線法	接線法	割線法

1. 材料のクラスにより寸法が異なります。（記載値はクラスIII）

2. 歪み速度が1%/minに近い値となるように設定します。

$$v = \frac{S_r L^2}{6h} \quad S_r : \text{歪み } 0.01$$



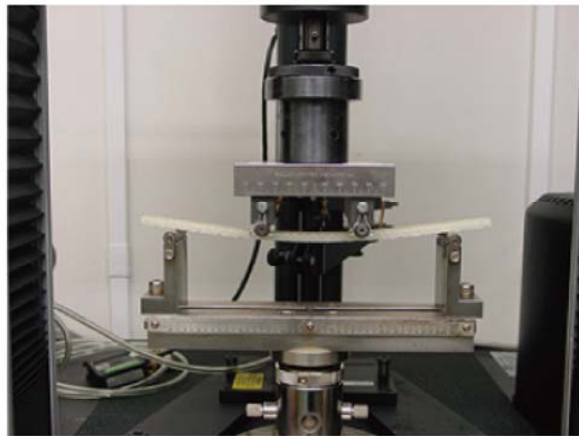
三点曲げ試験（試験機全体）



（拡大図）



四点曲げ試験（試験機全体）

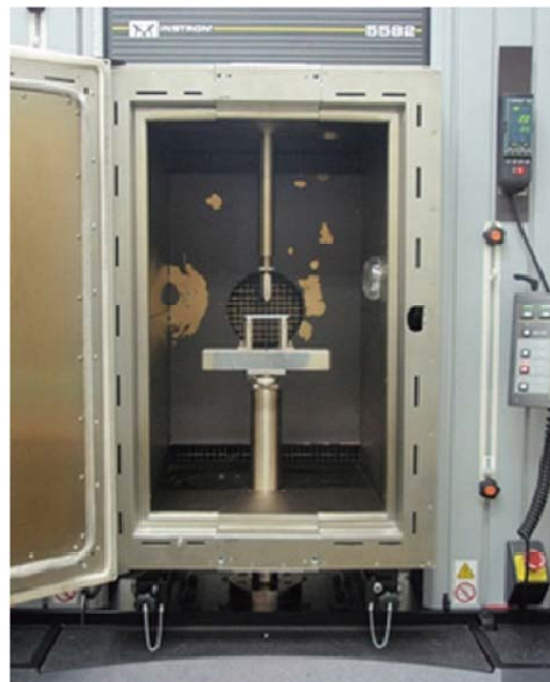


（拡大図）

※ 恒温槽を装着し、-60～300℃の環境で試験を行なうことができます。



恒温槽装着外観



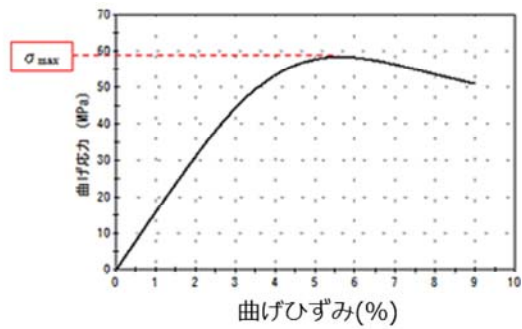
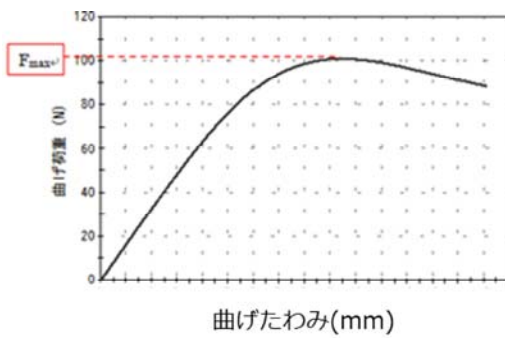
恒温槽内部

※その他、FRP等の大型試験片（長さ1m程度）の規格外の試験にも対応可能です。お気軽にお問い合わせください。



大型試験片曲げ

### 曲げ試験結果について



※ 曲げ試験によって得られる生データは上図の曲げ荷重-たわみ曲線になります  
解析ソフトによりS-Sカーブ(Stress-Strain, 応力-ひずみ線図)にリアルタイムで変換し、下図のチャートが得られます。

<算出式>

$$\text{曲げ応力 } \sigma = \frac{3FL}{2bh^2}, \quad \text{曲げ歪み } \varepsilon = \frac{600sh}{L^2}$$

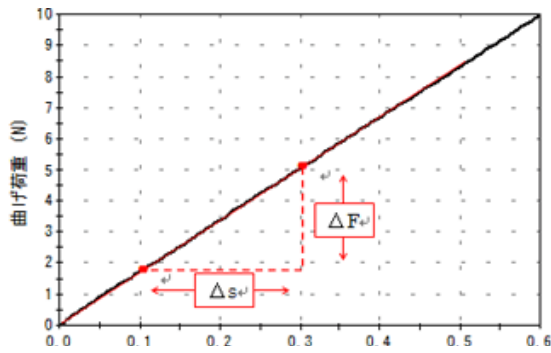
F: 曲げ荷重, L: 支点間距離, b: 試験片幅, h: 試験片厚さ, s: たわみ

<曲げ強さの計算例>

条件      b: 10.07mm, h: 4.06mm, L: 64mm, F<sub>max</sub>: 101N

$$\sigma_{\max} = \frac{3 \times 101 \times 64}{2 \times 10.07 \times 4.06^2} = 58.4 \text{ MPa}$$

## 曲げ弾性率について



※ 曲げ弾性率の算出方法は規格によって以下の2つに分けられます。

### ・割線法 : JIS K7171, JIS K7017

規定歪み区間(0.05~0.25%)の応力勾配より曲げ弾性率を算出する方法。

<算出式>

$$\text{たわみ } s = \frac{\varepsilon_i L^2}{6h} \quad i: 1 \text{ 及び } 2, \varepsilon_1: \text{歪 } 0.0005, \varepsilon_2: \text{歪 } 0.0025$$

上式により算出されたたわみ時の荷重から応力( $\sigma_1$ 及び $\sigma_2$ )を算出する。

$$\text{曲げ弾性率 } E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

### ・接線法 : JIS K7074, ASTM D790

曲げ荷重-たわみ曲線の直線部の初期勾配より曲げ弾性率を算出する方法。

<算出式>

$$\text{曲げ弾性率 } E = \frac{L^3}{4bh^3} \times \frac{\Delta F}{\Delta s}$$

$\Delta F$ : 曲げ荷重の変化量,  $\Delta s$ : たわみの変化量

変化量は接線より任意の2点を取って求める。(図参照)

### 《三点曲げ応力算出式の求め方》

$$\text{曲げ応力 } \sigma = \frac{M}{Z}$$

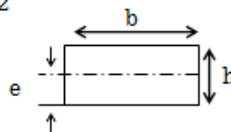
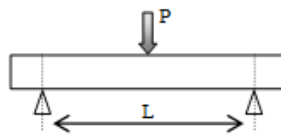
これを分解すると...

$$M: \text{モーメント(荷重} \times \text{距離)} \quad M = \frac{FL}{4}$$

$$Z: \text{断面係数} \quad Z = \frac{I}{e}$$

$$I: \text{慣性モーメント(矩形の断面二次モーメント)} \quad I = \frac{bh^3}{12}$$

$$e: \text{中立軸から端面までの距離} \quad e = \frac{h}{2}$$



分解した値を再度最初の式に当てはめると

$$\text{曲げ応力 } \sigma = \frac{3FL}{2bh^2} \text{ となる。}$$