

# Application News

## No.i249

材料試験機  
Material Testing System

### プラスチックの3点曲げ試験 (ISO178, JIS K 7171)

Three-point Bending Test of a Plastic (ISO 178, JIS K 7171)

#### はじめに

##### Introduction

近年プラスチックはその熱的性質や軽量性などから、細かな歯車から飛行機の機体まで様々な分野、用途で使用されています。その材料評価のためには、引張試験だけでなく、曲げ、圧縮など様々な試験を行う必要がありますが、この中でも曲げ試験は、外力に対して材料が湾曲する場合の特性を調べるために行われます。部材に外力がかかっている場合、何らかの形で曲げモーメントがかかっているため、曲げ試験は材料評価のための最も基礎的な試験の1つとなっています。

プラスチックの3点曲げ試験の従来の規格では、たわみ測定装置を使用する必要はありませんでした。しかしこの方法では試験片や装置のたわみ、圧子の食い込みなどが合算されて検出され、正確な曲げ弾性率測定には適していませんでした。そこで新しい規格 (ISO178:2010, Amd.1:2013 と JIS K 7171:2016) では“JIS B 7741 の1級で、絶対精度1%以内のたわみ測定装置を使用すること、または試験機のたわみを除けるようコンプライアンス補正を加えること”との改定がなされました。今回はこの新しい規格に準拠するよう、PC, PVC, GFRP の3点曲げ試験を行い、コンプライアンス補正とたわみ測定装置の両方の方法にて曲げ弾性率を求めました。

Y. Kamei

#### 測定システム

##### Measurement System

今回の測定では卓上型精密万能試験機 AGS-X と、測定精度 3.4 μm 以内のたわみ計を用いました。平均厚さ 4 mm の試験片における規格の要求を Fig. 1 に示します。この場合、弾性率に関連する値は 341 μm となり、その 1% の 3.4 μm の絶対精度をもつたわみ測定装置が必要となります (Fig. 1 では 2 点の傾きから曲げ弾性率を求めています、曲線の線形回帰によって曲げ弾性率を求めても問題ありません)。

Table 1 ~ Table 3 に今回使用した装置構成、試験片情報、試験条件を示します。また、Fig. 2 に試験の様子を示します。新しい規格では試験速度について、試験速度一定で試験を行う A 法と、弾性率測定後、試験速度を上げる B 法があります。今回は最大曲げひずみの小さい GFRP では A 法で、最大曲げひずみの大きい PC, PVC では B 法で試験を行い、速度切り替え点は曲げひずみ 0.3% に設定しました。また、支点間距離が短いとせん断力の占める割合が大きくなるため<sup>1)</sup>、規格では支点間距離は平均厚さの 16 ± 1 倍という値が推奨されています。

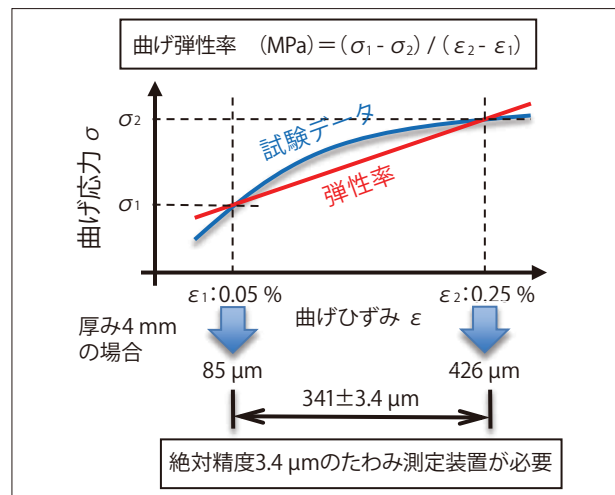


Fig. 1 新しい規格の要求  
Requirement of New Standard

Table 1 装置構成  
Equipment Composition

試験機	: AGS-X
ロードセル	: 1 kN
たわみ測定装置	: 接触式曲げたわみ計
曲げ治具	: 圧子 R5, 支点 R5

Table 2 試験片情報  
Specimen formation

寸法	: 80 mm × 10 mm × 4 mm
種類	: PC, PVC, GFRP (短繊維)

Table 3 試験条件  
Test Conditions

試験速度	: 2 mm/min
曲げ弾性率測定後の試験速度	: 100 mm/min (B 法)
支点間距離	: 64 mm

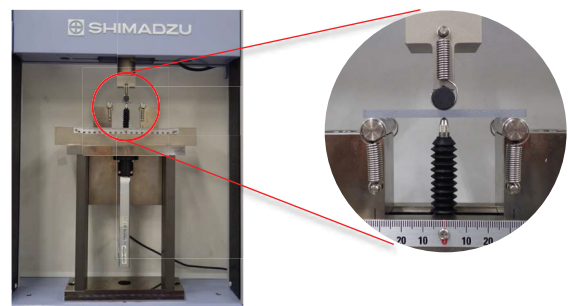


Fig. 2 たわみ測定装置の試験機への取り付け  
Attachment to the Deflect Indicator Testing Machine

## ■試験結果

### Measurement Results

Fig. 3 に曲げ応力 - 曲げひずみ線図を示します。横軸の曲げひずみはたわみ測定装置を用いて測定した値を元に計算した値です。GFRP では急速な試験力の低下が見られますが、PC、PVC は曲げにより急激な破壊を起こさないため試験力の急速な低下が見られません。Table 4 に各材料における曲げ強度、曲げ弾性率の測定結果を示します。

Table 5 にたわみ測定装置とコンプライアンス補正との曲げ弾性率の違いを示します。PC や PVC のように曲げ弾性率が 2 ~ 3 GPa の樹脂では 1 ~ 2 % 程度の差異があり、GFRP のように曲げ弾性率の高い試験片では 3 % 程度の差異があることが分かりました。

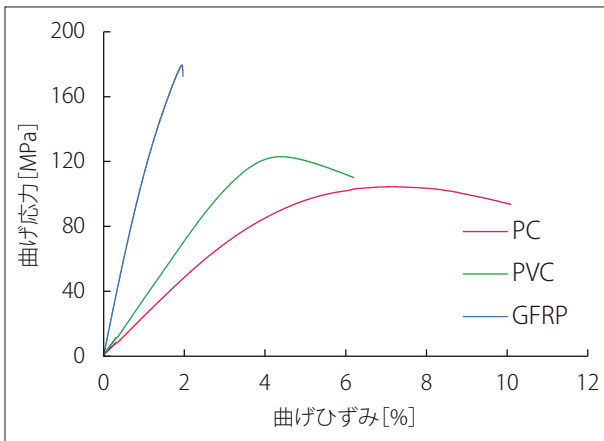


Fig. 3 試験結果  
Test Results

Table 4 試験結果  
Test Results

	曲げ強度 [MPa]	曲げ弾性率 [GPa]
PC	104.4	2.44
PVC	123.0	3.48
GFRP	179.4	12.1

Table 5 たわみ測定装置とコンプライアンス補正との曲げ弾性率の違い  
The Difference of Flexural Modulus Between Compliance Correction and Deflect Indicator

	曲げ弾性率 [GPa] たわみ測定装置	曲げ弾性率 [GPa] コンプライアンス補正	誤差 [%]
PC	2.44	2.42	1.1
PVC	3.48	3.41	2.1
GFRP	12.1	11.7	3.3

コンプライアンス補正とたわみ測定装置によるたわみの比較として、Fig. 4 にそれぞれにおける GFRP の試験初期のグラフを示します。実線で示したものがたわみ測定装置の値、点線で示したものがコンプライアンス補正の値を示しており、グラフに違いがあることがわかります。

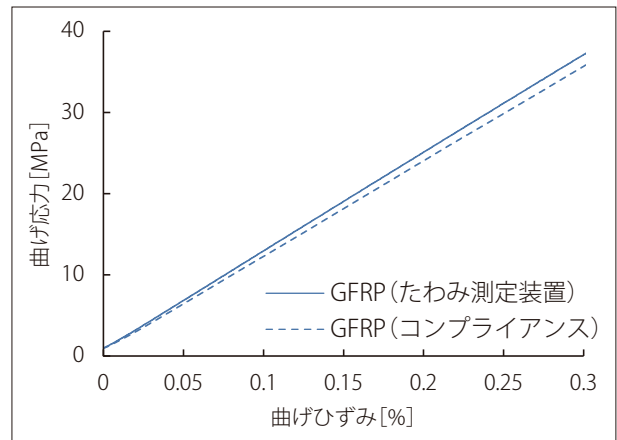


Fig. 4 試験初期の曲げ応力 - 曲げひずみ線図 (GFRP)  
Flexural Stress - Flexural Strain Curve of GFRP (Strain 0 ~ 0.3%)

## ■おわりに

### Conclusion

今回、プラスチックの 3 点曲げ試験を新しい規格 (ISO 178:2010, Amd.1:2013 と JIS K 7171:2016) に準拠した方法にて行いました。材料の曲げ弾性率が高くなるほど、たわみ量測定にたわみ測定装置を用いた場合とコンプライアンス補正を用いた場合の曲げ弾性率の違いが、大きくなる結果が得られました。新しい規格に準拠した材料の適切な評価を行うためにも、たわみ測定装置を用いて変位の精確な測定を行うことが必要であると考えられます。

本稿の装置構成を用いることで、新しい規格に準拠したプラスチックの 3 点曲げ試験が可能です。

### 参考文献 Reference

- 1) 村上 岳, 島津評論 別刷 第 71 巻 第 3・4 号 (2014)