

穿孔法による残留応力測定技術の検証試験 (プラスチック材料の場合)

郡 亜美^{*1} 鈴木 優平^{*1} 三上 隆男^{*2}
Kohri Ami Suzuki Yuhei Mikami Takao

穿孔法によるプラスチック材料の残留応力測定技術の概要については、IIC REVIEW No.55で紹介している⁽¹⁾。本稿では、プラスチック板に4点曲げ試験により既知の曲げ応力を負荷し、その状態で穿孔法により応力測定した例を紹介する。負荷した応力と穿孔法により測定した値は同等であり、プラスチック材料についても穿孔法が有効であることを実験的に確認した。

キーワード：穿孔法、残留応力、ASTM E837-13a、プラスチック、解放ひずみ、ひずみゲージ

1. はじめに

近年、工業製品には耐熱性、強度等に優れたプラスチック材料が取り入れられている。残留応力は、これまで金属材料において不具合を起こす原因として問題になっていたが、プラスチック材料においても残留応力は発生し、製品の不具合の原因となっている。そのため、金属のみならずプラスチック材料についても、残留応力測定ニーズが高まってきている。

残留応力測定方法には種々の手法があり、その中で広く用いられているのはXRD法と穿孔法である。XRD法の原理はX線回折を元としており測定対象物は多結晶体である必要がある。プラスチックの中には、結晶性を持ったものもあるが、非晶質体のプラスチックも多く、測定できるものが限定される。一方、穿孔法はひずみゲージを貼りつけ、ドリルで穿孔することができれば残留応力が測定

できる。そのため、プラスチック材料の残留応力測定には穿孔法が最も有効であると考えられる。

穿孔法は、ASTM E837-13aにて規格化された残留応力測定手法であり⁽²⁾、これまで金属材料について広く使用されてきた⁽³⁾⁽⁴⁾。ASTM規格の適用範囲について“金属のみ”との制限はなく、プラスチック材料にも適用可能となっている。穿孔法によるプラスチック材料の残留応力測定の概要についてはIIC REVIEW No.55で紹介したが、本稿ではプラスチック材料の試験片を用い、4点曲げ試験によって既知の応力を負荷した状態で応力測定し、穿孔法により測定した値と、負荷した応力を比較した結果を報告する。

2. 実験内容

2.1 試験片

試験片には、PPS(ポリフェニレンサルファイド樹脂)のダンベル型試験片(多目的試験片 A1:全

*1: 計測事業部 計測技術部 福浦グループ

*2: フェロー 博士(工学)、技術士(機械部門)、環境計量士(騒音・振動関係)、一般計量士、JSNDI ひずみ測定・レベル3 明星大学理工学部非常勤講師

長 170mm、中央の平行部の幅 10mm、厚さ 4mm) を使用した。試験片形状は、4 点曲げ試験機の構造上の都合から、タブ部を切り落とした板材を用いた。試験片写真を図 1 に示す。なお、この試験片にはアニール処理は施していない。試験片は、5 本用意し、試験片の残留応力測定用に 3 本、応力負荷用に 2 本使用した。

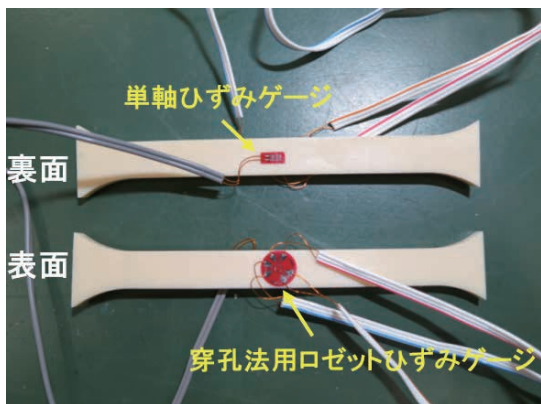


図 1 試験片

2.2 穿孔法残留応力測定システム

穿孔法の測定には、図 2 に示すプラスチック用の穿孔装置を用いた。プラスチック用の穿孔装置のドリル回転数は 200rpm であり、試験片に熱がかからないようゆっくりと穿孔する。システムは穿孔装置本体、デジタル静ひずみ計、電子制御装置および制御用 PC で構成される。

2.3 初期残留応力の測定

試験片の製造過程で生成された残留応力を確認するため、無負荷状態で 3 つの試験片の測定を行った。測定位置は 2.4 節の 4 点曲げ試験時と同様に試験片の中心であり、穿孔法用のロゼットひずみゲージを貼り測定した。測定した応力の方向は、4 点曲げで応力がかかる試験片の長手方向である。ゲージの中心円は $\phi 5.14\text{mm}$ で、穿孔径は 2mm、穿孔ステップは $0.05\text{mm} \times 20$ で、測定深さ



図 2 プラスチック用穿孔装置

は 1mm である。

2.4 4 点曲げ試験

試験は図 3 の 4 点曲げ治具を使用し、負荷応力 15MPa と 20MPa の 2 ケース実施した。図 1 に示すように、試験片の表面中心部を穿孔法により測定し、裏面の単軸ひずみゲージで負荷応力を測定した。4 点曲げ試験の測定も、応力がかかる試験片の長手方向の応力を測定している。測定時の様子を図 4 に示す。

3. 試験結果

3.1 初期残留応力の測定結果

試験片の初期残留応力測定結果を図 5 に示す。全ての試験片には、残留応力が存在しており、その値は一定ではなく、深さ方向で変化していることがわかった。また、同様の箇所を測定しているにもかかわらずそれぞれの試験片ではばらつきが確認された。

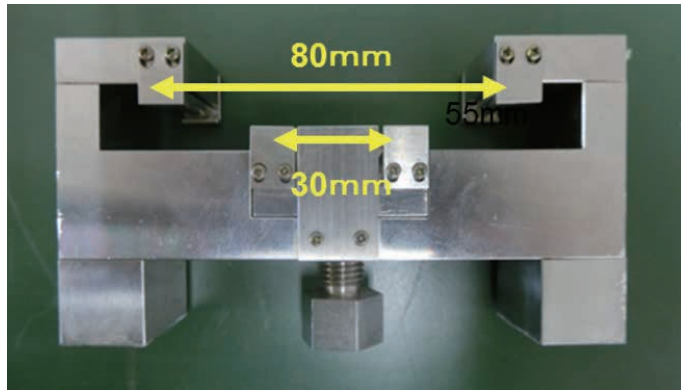


図3 4点曲げ治具

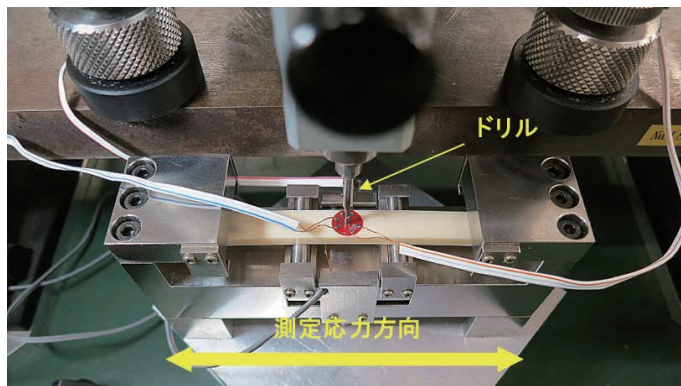


図4 測定の様子

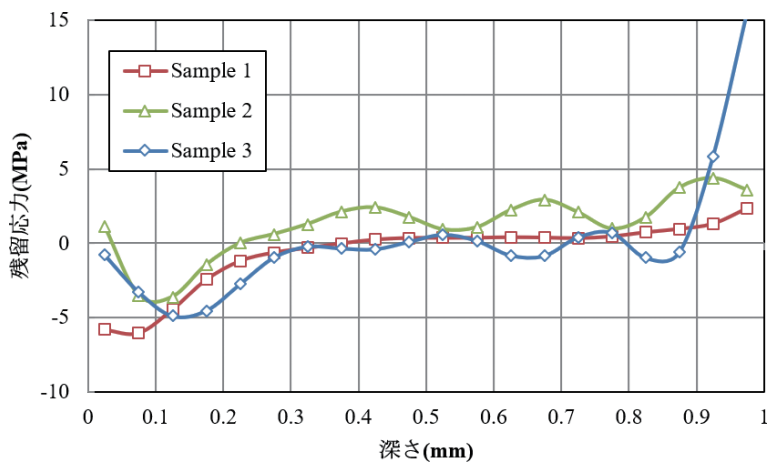


図5 試験片の残留応力測定結果

3.2 4点曲げ試験

4点曲げ試験 15MPaの結果を図6に、20MPaの結果を図7に示す。図中にある理論値は、図8に

示すように、表側の表面で応力が最大、中立軸で応力が0、裏側の表面で応力が最小になる梁理論に従い、試験片裏側で測定したひずみより算出し

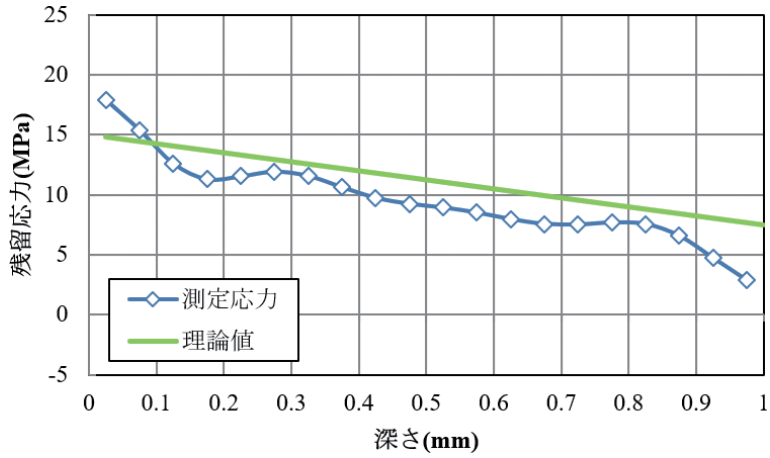


図6 4点曲げ試験 15MPaの結果

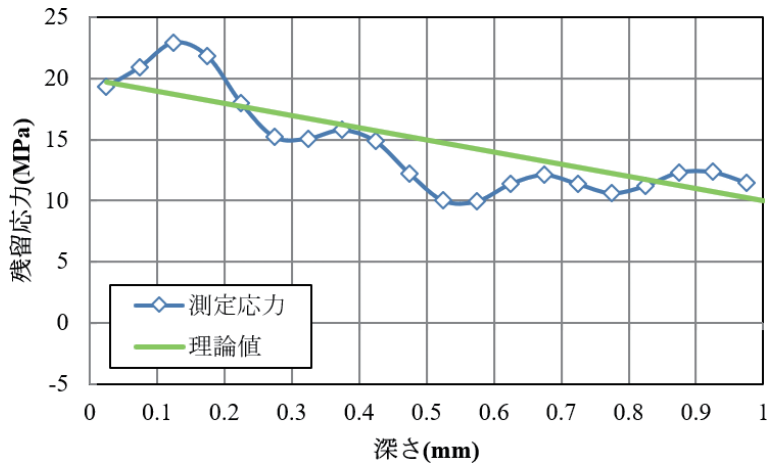


図7 4点曲げ試験 20MPaの結果

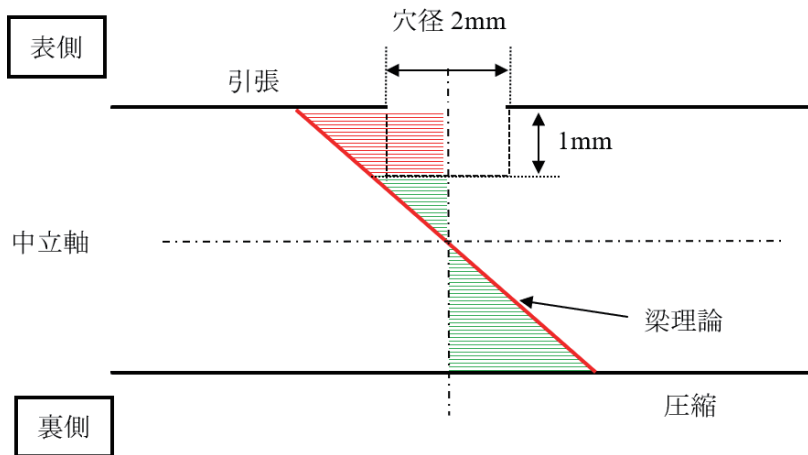


図8 梁理論の説明図

た。穿孔法による測定値は、理論値に沿って変化し、おおむね一致している。理論値から外れているところは、試験片に存在していた初期残留応力の影響であると考えられる。この結果より、穿孔法によるプラスチックの残留応力測定の妥当性が確認できた。

4. まとめ

PPS 板材を用いて 4 点曲げ試験を行い、負荷応力と穿孔法による応力測定結果の比較を行った。その結果、両者は同等であり、プラスチック材料においても穿孔法の有用性が確認できた。CFRP (炭素繊維強化プラスチック) や、エンジニアリングプラスチックなどには異方性を有したものもあり、異方性を考慮した解析方法も可能である⁽⁵⁾⁽⁶⁾。これについて穿孔法で測定した結果については今後報告する予定である⁽⁷⁾。

参考文献

- (1) 三上隆男、夏井一樹、福本伸太郎：穿孔法によるプラスチック材料の残留応力測定技術、IIC REVIEW、No.55、2016/04、pp.30-37
- (2) ASTM E837-13a, Standard Test Method for Determining Residual Stresses by the Hole-Drilling Strain-Gauge Method, 2013
- (3) 三上隆男：穿孔法による残留応力測定について(その1)、IIC REVIEW、No.48、2012/10、pp.53-65
- (4) 三上隆男、松田昌悟：穿孔法による残留応力測定について(その2)、IIC REVIEW、No.49、2013/04、pp.39-45
- (5) G. S. Schajer, L. Yang : Residual-stress measurement in orthotropic materials using the hole-drilling method, Exp. Mech., 34, 1994, pp.324-333
- (6) P. Pagliaro, B. Zuccarello : Residual Stress Analysis of Orthotropic Materials by the Through-hole Drilling Method, Exp. Mech., 47, 2007, pp.217-236
- (7) A. Kohri, T. Mikami, Y. Suzuki : Residual Stress Measurement of the Engineering Plastics by the Hole-Drilling Strain-Gage Method, Materials Research Proceedings, 6, 2018, pp.101-106



計測事業部 計測技術部
福浦グループ
郡 亜美
TEL. 045-791-3518
FAX. 045-791-3542



計測事業部 計測技術部
福浦グループ
鈴木 優平
TEL. 045-791-3518
FAX. 045-791-3542



フェロー 博士(工学)、技術士
(機械部門)、環境計量士(騒音・振
動関係)、一般計量士、
JSNDI ひずみ測定・レベル3
明星大学理工学部非常勤講師
三上 隆男
TEL. 03-6404-6583
FAX. 03-6404-6044