

312

プラスチックの見かけ曲げ弾性率の補正法

大阪工業技術試験所

近藤春樹 小牧和夫
山本正重

1 はじめに

プラスチックの曲げ弾性率は、試験法規格によって測定される。これらの規格によると、支点間距離を試験片高さの16倍にとり、3点曲げを行い、試験片中央部のたわみを測定することにより求められる。試験機としてはインストロン形が用いられ、たわみの測定は荷重-時間曲線で代用されていることが多い(本文では、このようにして観測されたたわみを見かけたたわみ、これを基に求められた曲げ弾性率をみかけ曲げ弾性率という)。荷重-時間曲線が規定されたたわみ計の精度以内であれば問題がないが、これを越えるときは適当な補正を行うことを規定している(ASTM D790, JIS K 7203)。

筆者らは、さきに曲げ弾性率は、引張、圧縮弾性率に差異がないことから、¹⁾ 適当な条件²⁾で測定が行われるならば、引張弾性率と同じ値が得られること、また経験的事実として、大支点間距離のもとで測定を行えば、たわみ計使用の必要がないことを述べてきた。³⁾ 今回は、見かけ曲げ弾性率に及ぼす試験片高さ及び支点間距離の影響について実験を行うとともに、見かけ曲げ弾性率の補正方法についての一提案を行った。

2 実験方法

供試材として、実験結果に粘弾性効果を含まないようにするため、硬質塩化ビニル板を選らび、試験機としては、インストロン万能試験機(ひょう量10,000 kgf)を用い、曲げジグは、JISの規定に適合したものを使用した。

2.1 実験Ⅰの場合 厚板(原厚10 mm)から、幅10 mm、厚さ2~8 mmの短ざく状に調整した試験片を使用した。試験片としては、同一条件に対し5個使用し、小荷重範囲で繰り返しの測定を行った。

2.2 実験Ⅱの場合 実験Ⅰの結果で同一材料でありながら板厚によって見かけ曲げ弾性率が異なることが認められたので、同一種類の板厚が2, 4, 8 mmの板を供試材として使用した。この供試材は、実験Ⅰのものとは配合、成形条件が異なるものである。

2.3 実験Ⅲの場合 実験Ⅱの原厚2 mmの素材を所定の枚数アラルダイトで接着し、素材が同一なことの保証があり、しかも板厚調整による表層変質などのおそれのない試験片を作製し、実験Ⅱで使用した各種厚さの板が同一とみなせるかどうか調べることにした。また、支点間距離を大きくしたところでの曲げ弾性率の測定を行った。

2.4 ブランク・テスト 試験機の剛性を調べる目的で行ったブランク・テストは、支点間距離を変化させた場合には必ず実施した。今回は、立ち上り部というよりも、値の安定している比較的高荷重域の荷重-時間曲線を用いてのちほど示す α_m の値を求めた。

2.5 たわみ計 必要の場合には、D, T, Fの測定子を油中に設けた浮子に直結し、測定区間内で測定力が一定になるように配慮した。

3 実験結果

3.1 みかけ曲げ弾性率の測定結果 実験Iでは、板厚の影響が認められるような結果を得た。さきに、たわみ計(ダイヤルゲージ)を使用して同様な実験を行った際には、このようなことは観測されなかった。²⁾今回使用した切削加工された試験片には、長時間経過による表層の劣化があるか、あるいはみかけ曲げ弾性率であることに基因するのか明白でない。実験IIと実験IIIは合成した際に無理がなく、実験IIの素材は同一素材と考えてよいことになる。実験IIでは、板厚2 mmの値が他の板厚の値に比べて若干異なっている。実験IIIによると、支点間距離が極めて大きくなると、みかけの曲げ弾性率の値が大きくなる傾向が認められる。

3.2 通常の補正法による補正効果 試験機のブランク・テストの際に得られる荷重-たわみ(時間)曲線を直線近似し、荷重 W とたわみ y が、

$$W = a_m y \quad (a_m \text{ は試験機の剛性を表す定数, kgf/mm})$$

で表された場合の見かけ曲げ弾性率の補正式は次のようになる。

$$E_c = \frac{l^3}{4bh^3} \frac{1}{\left(\frac{y}{W} - \frac{1}{a}\right)} \quad \dots\dots (1)$$

E_c = 補正したみかけ曲げ弾性率
 l = 支点間距離, b = 試験片幅
 h = 試験片高さ, (W/y) = 荷重-たわみ曲線の立ち上りの傾斜
 $a = a_m$ とおく

(1)式を用いた場合の効果は、とくに補正がは要な支点間距離が小さいところでまったく効果がないことと、板厚による見かけ曲げ弾性率の差異をそのまま残すことになり、不十分な補正法ということができる。

3.3 板厚に依存した効果を考慮した補正法による補正効果 (1)式における a_m だけでは十分な効果が得られないので、 $(l/h) = 10$ 付近で、 E_c の値とせん断変形を考慮した場合に理論的に決まるはりのたわみ式から導いた(2)式(ポアソン比を0.4とした⁴⁾)の E_a を

$$E_a = \frac{E}{1 + 4.20(h/l)^2} \quad \dots\dots (2)$$

E = 真の曲げ弾性率 ($h/l = 30$ 40 50 60)
 E_a = せん断変形を考慮した場合の曲げ弾性率

$E_c = E_a$ とおき、(1)式からこれを満たす a_m を求めてこれを a とする。次に板厚に関係した未知数 a の値を a_t と記号すると、 a_t は次式の関係から容易に決まる。

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{a_m} + \frac{1}{a_t} \quad \dots\dots (3)$$

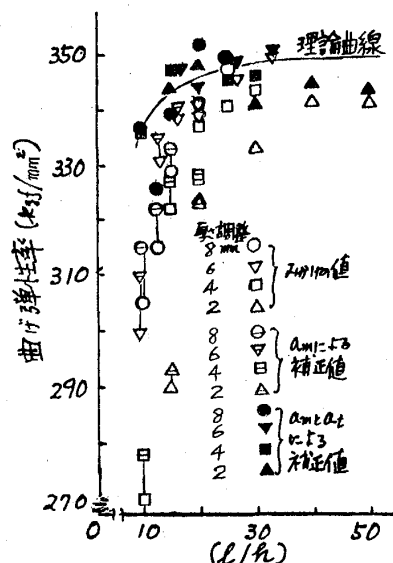


図1 実験Iの結果

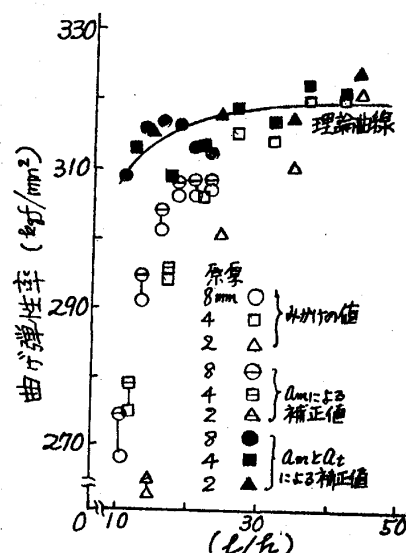


図2 実験IIの結果

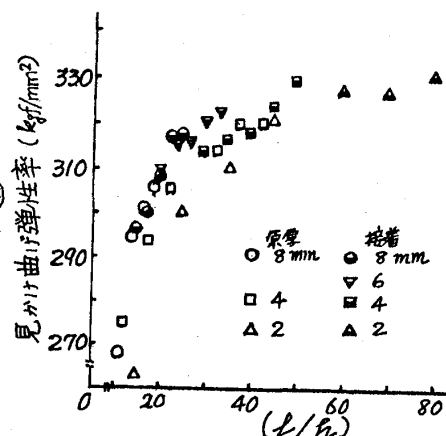


図3 実験II及び実験IIIの結果

なお、(2)式の E の値としては、 E_c の a の値に左右されない (l/h) のどこかの値を用いる。このようにして、決定された a_t とブランク・テストの際に支点間距離の関数として決定されている a_m を用い、(3)式により a を求め、この a の値を(1)式に入れて E_c を求める。当然のことではあるが、 (l/h) が比較的小さいところで補正効果がよく発揮されていることが認められる。

4 考察

3.3で述べた方法によると、 (l/h) が10付近(l/h があまりにも小さくなると、(2)式が成立しなくなる)で、 $E_c = E_a$ となるような a_t を選んだ結果、 (l/h) がかなり大きくなり、補正を必要としないところでも効果は少ないが補正を行う矛盾がある。

また、3.3で述べた方法では、補正に必要な a の値を、高荷重域における a_m とその不足分を a_t として片付けたものであるが、本来は、極低荷重域における正確な a_m を実測した上で a_t の議論をする必要がある。この点については、今後の検討課題と考えている。

今回は、同一材料(同じ E の値を示す)で、試験片高さ及び支点間距離を変えた実験を行ったことにより、 a が複雑な挙動を呈していることが分かった。

極低荷重域であっても、 a_m に立ち上がりからある程度の値を拵たせ、(1)式あるいは(2)式による補正効果をあげる手段として、試験機に予負荷を与えておき、そこを出発点とし、試験が開始できるような方法によると、精度が高い補正が可能になるように思われる。

本実験によると、板厚2mmの場合の見かけ曲げ弾性率は、 (l/h) が大きいところで値がかなり大きくなっている。 a の影響を避ける目的で大支点間距離での弾性率測定を行う場合に、試験片高さによって (l/h) の限界があるように思われる。板厚2mm以外でさらに実験を進める必要がある。

5 むすび

曲げ弾性率の測定に際しては、補正が問題にされない (l/h) を選らんで測定を行うことが望ましい。しかし補正を行う必要がある場合には、極低荷重域での試験機剛性を正確に測定することが困難であるので、やや高荷重域での安定した剛性定数と、試験機の剛性による影響が無視でき真の曲げ弾性係数が得られる大支点間距離におけるみかけ曲げ弾性率の値と、さらに板厚による影響が顕著な $(l/h)=10$ 付近の理論的に決まる曲げ弾性率の値により、板厚に関係した剛性定数を決定し、これを用いた補正法を試みたところ、かなりよい補正効果が認められることが分かった。

終わりに臨み、本研究の実験の一部を担当された当時摂南大学工学部学生であった小西 潔、小村久仁夫、林 信次郎の3氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 近藤・黒田：材料，5，609 (昭41)，Proc. 9th Jap. Cong. Test. Mat. 96 (1966)
- 2) 近藤・黒田：日本材料学会第15期総会学術講演会前編 P.69 (昭41)
- 3) 近藤・黒田：合成樹脂，17，778 (1971)
- 4) 近藤：日本機械学会関西支部第230回講演会講演論文集，36 (昭和48)