2 - 13

反発式測定器による不飽和ポリエステル樹脂成型品の耐荷重の評価

日大生産工(院) ○森 勝史 日大生産工 酒井 哲也 日大生産工 矢野 耕也 日大生産工 齋藤 敏雄

1. 緒言

熱硬化性樹脂である不飽和ポリエステル樹脂は硬化 剤の添加によって化学反応を生じ、常温・大気圧で成型 できる。さらに耐食性に優れているために、大型の薬品 タンク・容器などの化学装置に使用されている。しかし、 過酷な使用環境下では劣化を生じ事故につながるケー スもある。この原因として、材料の環境への不適合、成 形作業に起因する品質の不均一などが挙げられる¹⁰。

設備に用いられている装置の劣化を検知するために は非破壊などによる検査が必要であり、現在も放射線透 過検査(RT)、超音波探傷検査(UT)などが行われてい る。しかしこれらの装置は高価であり、測定方法も複雑 で経験や資格が必要など利用に制限があるため、簡易的 に行う方法が望まれる。その中でも衝撃弾性波を用いた 反発式硬度計は比較的安価で操作も容易である。しかし、 金属材料の硬度を測定する以外にこの反発式硬度計に よる非破壊検査への適用はフィルム、紙の巻圧測定には 用いられているが、有機材料への応用例はほとんどない。

そこで本研究では、反発式硬度計によって熱硬化性樹 脂の特性を評価することを目的に、不飽和ポリエステル 樹脂成型品について厚さや硬化剤濃度が異なる試験片 や硬化剤濃度分布を有する試験片を作製し、耐荷重など の機械的特性を求め、各試験片の機械的特性と反発式硬 度計との関係を評価し、最終的には有機材料の品質評価 への適用を検討した。なお、本研究では反発式硬度計の 測定原理を硬度以外の特性評価に利用することが目的 であるため、反発式硬度計を「反発式測定器」として表 記する。

2. 実験方法

2. 1. 試験材料

オルソフタル酸系不飽和ポリエステル樹脂(昭和電工 製, 158BQTN-1)に硬化剤((株)日本油脂製,パーメッ クN)の添加量を変化させ(0.25, 0.5, 1.0, 1.5phr),ハ ンドミキシングによって攪拌した。これを厚さが異なる

(2, 3, 4, 5, 6, 7, 8mm) 210×210mmの型に注型した。 室温で 24 時間一次硬化した後, 100×100mm に切断し, 反発式測定器による測定を行った。その後, 20×100mm に切断し,曲げ試験を行った。

2.2.反発式測定器による測定

反発式測定器による測定は衝撃エネルギーおよび製造会社が異なる4種類の反発式測定器を使用した。反発 式測定器の構成を Fig.1 に、各測定器の形式および衝撃 エネルギーを Table 1 に示した。反発式測定器は円筒形 内に先端に球状のダイヤモンド圧子を取り付けたハン マーを試験片表面に落下させ、衝突した後の反発速度比 より求めるものであり、(1) 式で表される。

$$HL = \frac{V_R}{V_0} \times 1000 \tag{1}$$

ここで, *HL*:リーブ硬さ値, *V*₀:衝撃前の速度, *V_R*:衝 撃後の速度である。

この反発式測定器で測定された衝突前後の速度比を 衝撃エネルギー比として検討するために、(1)式に運 動エネルギー式である(2)式を代入して、(3)式を導 出し、さらに、エネルギー損失率を(4)式より求め、 エネルギー比について評価した。

$$E = \frac{1}{2}mV_0^2, E' = \frac{1}{2}mV_R^2$$
(2)

$$E' = E \times HL^2 \times 10^{-6} \tag{3}$$

$$LE = 1 - HL^2 \times 10^{-6} \times 100 \tag{4}$$

ここで, *E*:インパクトエネルギー, *E*':リバウンド エネルギー, *m*:質量, *LE*:エネルギー損失率である。



Fig.1 Schematic diagram

1

(b) Plate state.

of rebound tester. Fig.2 Measurement conditions of specimen.

| Rebound tester | | | Impact |
|----------------|--------|----------------------|------------|
| Name | Туре | Manufacturers | energy[mJ] |
| m-11mJ | HH-441 | Mitutoyo Co., Ltd | 11 |
| k-2.7mJ | KH-160 | NDTmart Co., Ltd | 2.7 |
| k-11mJ | | | 11 |
| k-90mJ | | | 90 |

Table 1 Impact energy of Rebound tester.

Quality Evaluation of Unsaturated Polyester Resin Molding by using Rebound Hardness Tester

Katsushi MORI, Tetsuya SAKAI, Koya YANO and Toshio SAITO

-155-

測定は薬品タンク等の利用を想定し、試験片の底面に アルミ製のロ型スペーサーを固定し測定点の直下に空 間がある状態での測定である支台配置(Fig.2(a))と、定 盤の上に試験片を置いた状態である定盤配置(Fig.2(b)) で測定を行った。なお、測定結果は一箇所につき5回測 定した平均値とした。

2.3.曲げ試験

各試験片の機械的特性は、曲げ試験によって求めた。 荷重試験機(AIKOH ENGINEERING, MODEL-1310F)を 用いて、試験片速度を 2mm/min,支点間距離を 64mm と して室温で3点曲げ試験を行い、最大曲げ荷重を求めた。

3. 実験結果

Fig.3 に厚さと曲げ試験によって得られた最大曲げ荷 重の関係を示した。試験片厚さが増すほど,最大曲げ荷 重は大きくなる傾向が見られた。



Fig.3 Relation between Thickness and Maximum load.

Fig.4 に厚さの異なる試験片を定盤配置 4 種類の測定 器によって得られたエネルギー損失率と最大曲げ荷重 の関係を示した。エネルギー損失率は衝撃エネルギーが 大きいほど高いことから、衝撃エネルギーが大きければ 定盤に到達し、吸収されるものと考えられる。Fig.4 に示 したように、約 6mm 以下では k-90mJ が、約 5mm 以下 では k-11mJ および m-11mJ がエネルギー損失率との相 関があるが、これ以上では相関がなくなる。対して、k-2.7mJ は約 5mm 以上で相関がみられたが、それ以外では 相関がみられないことから、定盤における測定は限定的 であるものと考えられる。



定盤配置と同様に、支台配置における厚さの異なる試 験片について、4 種類の測定器によって得られたエネル



Fig.5 Relation between LE and Maximum load, for different thickness specimen on the brace.

Table 2 Correlation coefficient.

| Name | Brace state | Plate state |
|---------|-------------|-------------|
| m-11mJ | -0.059 | -0.611 |
| k-2.7mJ | 0.764 | -0.922 |
| k-11mJ | 0.169 | -0.747 |
| k-90mJ | -0.848 | -0.758 |

ギー損失率と最大曲げ荷重の関係を Fig.5 に示した。す べての測定器において,最大曲げ荷重および厚さが大き くなるにつれてエネルギー損失率が下がった。そこで, 定盤配置および支台配置における各測定器のエネルギ 一損失率と最大曲げ荷重の相関係数を Table 2 に示した。 定盤配置において 2.7mJ は正の相関があるが, Fig.4 に 示した通り,6mm 以上の厚さおよび最大曲げ荷重とエネ ルギー損失率に相関がみられる。対して,90mJ では厚さ 6mm までは負の相関があるが,これ以上では一定となり エネルギー損失率では評価できない。

支台配置では全ての測定器において負の相関があり, 特に,最も衝撃エネルギーが小さい k-2.7mJ が高い相関 を示した。k-11mJ, m-11mJ のエネルギー損失率が最も高 く,k-2.7mJ および k-90mJ はほぼ同じエネルギー損失率 であることから,衝撃エネルギーとエネルギー損失率の 関係は見いだせなかった。

4. 結言

反発式測定器によって不飽和ポリエステル樹脂の特 性を評価した結果,実際の使用状態に近い支台配置にお いて最大曲げ荷重と相関があった。したがって,安価か つ容易に測定ができる反発式測定器のエネルギー損失 率から材料の耐荷重を評価できることを示した。今後は, エネルギー損失率から厚さを評価できるか検討する。

<参考文献>

1) 酒井哲也ら:ネットワークポリマー, Vol.27, No.2, 126-133(2006)

2) 酒井哲也ら:ネットワークポリマー, Vol.27, No.2, 135-143(2006)