

反発式測定器による GFRP の耐荷重評価

日大生産工(院) ○大坂 充貴

日大生産工 酒井 哲也

日大生産工 矢野 耕也

1. 緒言

樹脂材料は成形しやすく、耐食性に優れており、化学工業分野で薬品タンク、容器などの化学装置に汎用されてきた。特に繊維強化プラスチック（FRP: Fiber Reinforced Plastics）は樹脂の中に繊維が入っており、鉄より強くアルミより軽く錆びずに腐らないという特性を持っている。この特性から船舶、航空機、車の部品等といった多くの用途で用いられている。しかし、設備において材料内部、機器内部、構造物の内側などの外部からは確認できず、損傷や腐食が生じた場合、これらを放置すると事故や劣化につながる危険性がある。設備に用いられている装置の劣化を検知するには、破壊検査での測定が主であるが、装置を止める必要や再利用が不可能となってしまうため、非経済的である、そのため非破壊での検査手法が望まれている。

そこで本研究では、非破壊検査による劣化の検知を目的とし、安価で簡易に行える反発式硬度計によってガラス繊維強化プラスチック（GFRP: Glass Fiber Reinforced Plastics）の耐荷重の評価を行えるか検討した。なお、本研究では反発式硬度計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

試験材料はエポキシ樹脂をマトリックス樹脂としたガラス布エポキシ製FRP（PGE-6771、菱電化成株式会社製、以降GFRP）を使用。長さ100mm、幅100mmに切断し、厚さが異なる（1.2.3.4.6.8mm）ものを使用した。

2. 2. 評価方法

反発式硬度計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種類の反発式硬度計を使用した。4種類の反発式硬度計のメーカー、および衝撃エネルギーをTable1に示した。

測定はFig.1に示す通り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行った。スペーサーの内側の寸法を20、30、40およ

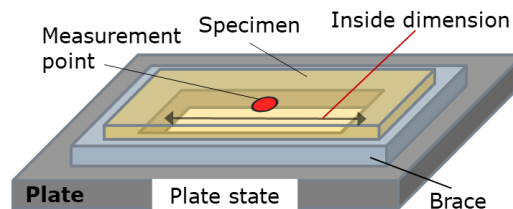


Fig.1 Measurement conditions of specimen.

び70mmに変化させ、測定結果は5回測定した平均値とした。

一般的に、反発式硬度計による測定によって以下の式でリープ硬さ値が求められる。

$$HL = \frac{V_R}{V_0} \times 1000 \quad (1)$$

ここでHL：リープ硬さ値， V_0 ：衝撃前の速度， V_R ：衝撃後の速度である。

本研究ではこの反発式測定器によって検出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）式によりエネルギー減少量 E' を導出した。

$$E = \frac{1}{2} m V_0^2, E' = \frac{1}{2} m V_R^2 \quad (2)$$

$$E' = E \times HL^2 \times 10^{-6} \quad (3)$$

反発式硬度計による測定の後、長さ100mm、幅20mmの短冊状に切り出し曲げ試験を行い、最大荷重の測定も行った。

Table 1 Impact energy of Rebound tester.

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

Evaluation of Load Resistance of Glass Fiber Reinforced Plastics by Rebound Hardness Tester

Mitsutaka OSAKA, Tetsuya SAKAI and Koya YANO

3. 実験結果および考察

1、2および3mmのFRP試験片の曲げ試験を行った。試験片厚さと最大荷重の関係をTable2に示す。厚さが増加するにしたがって最大荷重は増加する傾向を示した。

Table 2 Relation between Specimen thickness and Maximum load.

Specimen thickness [mm]	Maximum load [N]
1.01	67.83
1.98	398.83
2.89	891.83

内側寸法が20mmおよび70mmのロ型スペーサー上でGFRPを測定した時の試験片厚さとエネルギー減少量の関係をFig.2およびFig.3にそれぞれ示した。まず、衝撃エネルギーが最も高いk-90mJをみると、両図において、厚さが増加するにしたがいエネルギー減少量は概ね増加する傾向を示した。

k-90mJ以外の測定器によって求めたエネルギー減少量と試験片厚さとの関係は11mJでは支台間20mmでは6mm以上で一定、支台間70mJでは2mm

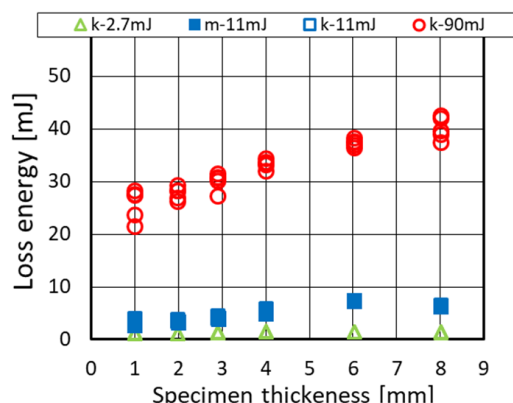


Fig.2 Relation between Specimen thickness and Loss energy of 20mm Inside dimension.

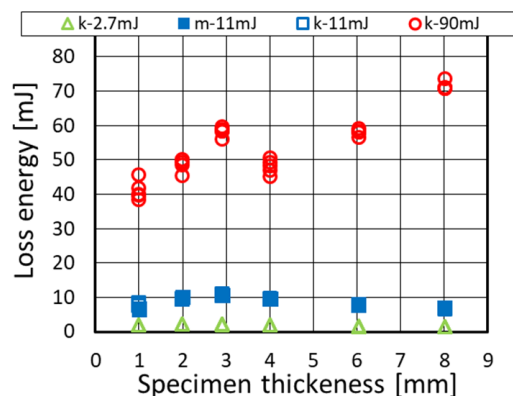


Fig.3 Relation between Specimen thickness and Loss energy of 70mm Inside dimension.

以上で一定となる。これは、試験片が厚くなるにつれて衝撃側から厚さ方向で反対側まで十分伝わらないもので、最も衝撃エネルギーが小さい、2.7mJは厚さに関わらず、ほぼ一定の値を示すことから、明らかである。したがって、FRPについては衝撃エネルギーが比較的大きいものでなければ、評価は困難である。

反発式測定器によりもとめたエネルギー減少量は厚さが増加するにしたがい増加した。また、曲げ試験の結果、厚さ増加にしたがって荷重は増加した。そこで、20mm、30mm、40mmおよび70mmのロ型スペーサー上でFRPを測定した時の試験片厚さとエネルギー減少量の相関係数をTable 3にまとめた。この表から、どの測定器を使った場合でもスペーサーの内寸が狭いほど相関が高いことがわかる。これは、FRPだけでなく、スペーサーにも衝撃エネルギーが吸収されていることが考えられる。k-90mJのように衝撃エネルギーが大きい測定器を使用した場合、相関係数が高く、さらにスペーサー内寸が小さくても相関が高いことがわかる。一方、測定器の衝撃エネルギーが小さい場合、スペーサーの内寸が一定の長さ以上になると相関が悪くなることがわかる。

したがって、今回の実験条件下ではk-90mJの衝撃エネルギーを与えることでFRPの耐荷重を評価できる可能性がある。

Table 3 Correlation coefficient of Specimen thickness.

	m-11mJ	k-2.7mJ	k-11mJ	k-90mJ
20mm	0.91	0.66	0.87	0.95
30mm	0.84	-0.27	0.77	0.92
40mm	0.81	-0.68	0.66	0.86
70mm	-0.35	-0.88	-0.59	0.87

4. 結言

反発式測定器によってGFRPの耐荷重評価をした結果、厚さが増すごとに最大荷重が増加し、衝撃エネルギーが試験片に吸収されエネルギー減少量が増加する。

また、衝撃エネルギーが小さい場合、試験片全体にエネルギーが伝わらないため、ある一定以上の衝撃エネルギーを有する測定器を使う必要があると考えられる。

<参考文献>

- 1) 酒井哲也ら、ネットワークポリマー、Vol.27、No.2 (2006) p.126-133.
- 2) 酒井哲也ら、ネットワークポリマー、Vol.27、No.2 (2006) p.135-143.