

繊維強化プラスチックの引張特性評価における板厚の影響

株式会社ヒビ 正会員 ○鷲見 幸弘 独立行政法人土木研究所 正会員 富山 禎仁
株式会社ヒビ 永田 晃 独立行政法人土木研究所 正会員 西崎 到

1. 目的

繊維強化プラスチック(以下, FRP)は, 耐食性に優れ, 高強度, 軽量であることから新たな土木構造材料として注目されている. 土木構造部材に用いられている FRP の厚さは, 現在の JIS の引張試験方法⁽¹⁾⁽²⁾で規定されている厚さの適用範囲を超える場合が多く, 規格外の試験片に対して適用可能であるかは定かではない. そこで, 本研究では, JIS 規格値内および JIS 規格値外の異なる板厚のガラス繊維強化プラスチック(以下, GFRP)を用いて, 引張特性の比較を行った.

2. 実験方法

2. 1 試験片

FRP は, 繊維を補強材として用いることにより, 樹脂の力学特性を向上させた複合材である. 同じ樹脂と繊維補強材を用いても積層構成により力学特性に違いが出る. そこで, 板厚の引張特性への影響を比較しやすくするため, 本研究では単層あたり, すなわち補強材(平織クロス)1枚に対する板厚を全ての試験片において一定(0.8mm/層)となるように目標設定した. 表-1に本研究に用いたFRPの目標板厚と積層数を示す. 目標板厚は, JIS K 7164⁽¹⁾の規格値2~10mm内の2.4mm, 8.0mm, 規格値を超える12.0mm, 16.0mmの4種類とした. マトリックスは不飽和ポリエステル樹脂, 補強材は800g/m²の平織目付[密度(本/25mm):たて 4.5±0.5,よこ 4.2±0.5]のガラス繊維クロスを使用し, ハンドレイアップ成形法によりおよそ500mm四方の平板を積層した. 試験片は高速精密切断機を用い, 積層板より幅25mm×長さ250mm(JIS K 7164⁽¹⁾のタイプ2)の寸法で切り出すことにより作製した. 各板厚とも, 積層板の縦方向(0°), 横方向(90°)にそれぞれ5本ずつ採取し試験に用いた. 積層板の縦横方法は任意である. 予備試験の結果, つかみ具からの試験片の滑りや, つかみ具内での試験片の破壊が見られなかったため, 試験片にはタブを取り付けずに試験を行った.

表-1 目標板厚と積層数

目標板厚 (mm)	積層数 (層)
2.4	3
8.0	10
12.0	15
16.0	20

2. 2 引張試験

引張特性の試験は, JIS K 7161⁽²⁾および JIS K 7164⁽¹⁾に準拠した. 試験機は100kN 万能試験機を用いた. 試験片片面の中央部に汎用箔ひずみゲージを1枚貼付し, 試験片軸方向のひずみを計測した. 試験速度は1.0mm/minとし, 引張強さを式(1)によって計算した. 引張弾性率は, ひずみ $\epsilon_1=0.0005$, ひずみ $\epsilon_2=0.0025$ において測定された引張応力(MPa)をもとに, 2点間の曲線の線形回帰により算出した.

$$\sigma_m = P_m / A \quad (1)$$

σ_m : 引張強さ(MPa) P_m : 最大荷重(N) A : 実測値に基づいた試験片の初期の断面積(mm²)

2. 3 ガラス含有率測定

各板厚の積層板におけるガラス繊維の体積含有率(V_f)は, JIS K 7052⁽³⁾の方法Aに準拠して求めた. 各積層板より25mm四方の試験片を2個ずつ切り出し, マッフル炉で焼成する前後の試験片の質量変化から算定した.

3. 試験結果

表-2にGFRP試験片の各目標板厚に対する引張試験結果(5本の平均値)を示す. 2.4mmを1とした場合
キーワード GFRP, ハンドレイアップ成形, 複合材料, 引張試験, 板厚

連絡先 〒503-1337 岐阜県養老郡養老町直江 613-1 (株)ヒビ TEL0584-32-1222

の各積層板の目標板厚比は 1.0 : 3.3 : 5.0 : 6.7 となる一方で、それぞれに対応する最大引張荷重の比はおよそ 1.0 : 3.5 : 5.1 : 6.2 となり、板厚にほぼ比例して最大引張荷重は増加した。引張強さを図-1 に、その変動係数を図-2 に示す。引張強さの板厚への影響は、試験した範囲では認められなかった。変動係数は、板厚が厚い方が小さくなる傾向が認められた。引張弾性率を図-3 に、その変動係数を図-4 に示す。引張弾性率は板厚に影響なく同程度の値であることが確認された。引張弾性率の変動係数では、引張強さの変動係数で認められた変化の傾向は、明確に認められなかった。この理由については、今のところ明確ではない。

なお、GFRP 試験片の V_f は、41.4~41.9% の範囲とほぼ一定であった。本試験の結果、JIS の引張試験法の厚さの上限(10mm)を多少超える場合(16mm)であっても、試験実施上は特に問題なく良好な結果が得られることが確認された。

表-2 引張試験の結果

目標板厚 (mm)	繊維 方向	実測板厚 (5本の平均値) (mm)	板厚比 (2.4mmを1とし た)	V_f (n=2の平均値) (%)	最大 引張 荷重 (kN)	変位 (最大荷重時) (mm)	引張強さ		引張弾性率	
							(MPa)	変動係数(%)	(GPa)	変動係数(%)
2.4	0°	2.44	1.0	41.7	12.5	4.4	204.9	10.04	18.4	2.70
	90°	2.33					237.6	7.05	19.4	2.23
8.0	0°	7.33	3.3	41.9	41.0	7.5	225.7	6.13	18.8	1.32
	90°	7.38					51.8	8.9	282.2	4.79
12.0	0°	11.60	5.0	41.4	66.6	9.0	228.9	3.32	19.2	1.67
	90°	11.49					67.2	9.1	232.8	1.60
16.0	0°	15.24	6.7	41.4	81.9	10.7	214.7	4.04	19.7	2.41
	90°	15.32					80.8	10.3	210.7	3.75

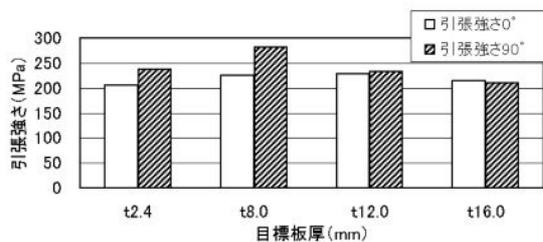


図-1 引張強さ

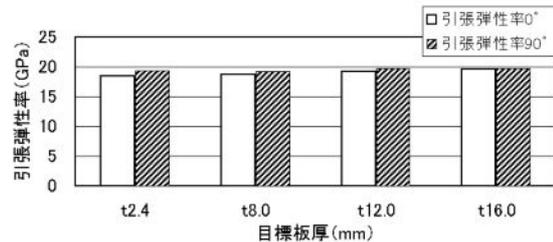


図-3 引張弾性率

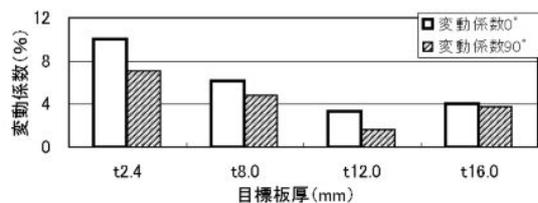


図-2 変動係数

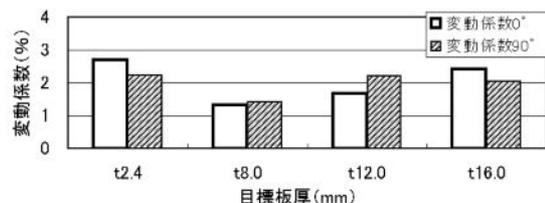


図-4 変動係数

4. まとめ

JIS 規格値内外の板厚(2.4~16mm の範囲)とした GFRP 試験片の引張試験を実施し、以下の結果を得た。

- (1) 引張強さおよび引張弾性率は、全ての板厚において同程度の値が得られた。
- (2) 引張強さの変動係数は、板厚が厚くなるにつれ低下する傾向が認められた。ただし、この理由については明確ではない。

以上のことから、本試験の結果、JIS の引張試験法の厚さの上限(10mm)を多少超える場合(16mm)であっても、試験実施上は特に問題なく良好な結果が得られることが確認された。

参考文献

- (1) 日本工業規格 JIS K 7164: 2005 プラスチックー引張特性の試験方法 第4部：等方性及び直交異方性繊維強化プラスチックの試験条件
- (2) 日本工業規格 JIS K 7161: 1994 プラスチックー引張特性の試験方法 第1部：通則
- (3) 日本工業規格 JIS K 7052: 1999 ガラス長繊維強化プラスチックープリプレグ、成形材料及び成形品ーガラス長繊維及び無機充てん材 含有率の求め方ー焼成法