

琉球大学学術リポジトリ

ガラス繊維強化プラスチックについて

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2012-05-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 真喜志, 康二, 兼城, 英夫, 宮城, 清宏, Makishi, Yasuji, Kaneshiro, Hideo, Miyagi, Kiyohiro メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/24515

ガラス繊維強化プラスチックについて†

真 喜 志 康 二*

兼 城 英 夫*

宮 城 清 宏*

The Fundamental Investigation of the Fiber Glass Reinforced Plastics.

Yasuji MAKISHI, Hideo KANESHIRO, Kiyohiro MIYAGI

In recent years the application of the FRP has greatly been developed, and its increased importance has come to be observed through the use of it for various purposes, from small articles used in our daily life to automobiles, ships aircrafts and even for the space ships.

This paper is a report of the survey and tests on the FRP flat plates, molded by hand-lay-up-method, by combining with Fiber glass and polyester resins which were selected out of many different kind of the composite materials.

The test shows that the strength of tensile and bend of the plate is increased at the rate of the amount of Fiber glass within the maximum amount of 50 % of the Fiber glass, however the strength against compression is decreased as Fiber glass increases.

This survey and test result suggests that the construction of the compositive materials be carefully studied according to the application or use of the FRP.

1. まえがき

複合材料は材質の異なる材料を、それぞれの特長をそこなうことなく組合わせて、単一材料では得られないすぐれた機械的性質を得て、効果的に利用することは、決して新しいことでなく、古くから利用されている。

最近の工業材料として、航空宇宙工学及び化学工業の著しい発展にともなって、その使用条件による要求から、機械的性質のすぐれた強化材料の研究及び成形法の開発が盛んに行われている。(1)(2)(3)(4)このように、複合材料の今後の発展は多種多様なきびしい使用条件下に対処でき、また、それぞれの必要強度を与えるという合理的な構成の可能性に注目すべきである。

複合材料としてのFRPは、その応用分野も広く、工業材料としてめざましいものがある。FRPの種類は多く、金属系と非金属系があり、繊維強化プラスチックは、一般にその構成材料としての補強材料には、殆んどガラス繊維が使われているが、高弾性率を有するほう素繊維、金属繊維、炭素繊維、ウイスキーがあり、FRP用マトリックスに不飽和ポリエステル、エポキシ、フェノール樹脂がある。

補強材をガラス繊維として、不飽和ポリエステル樹脂で成形した複合材料FRP (Fiber Glass Reinforced Plastics) はすぐれた諸性質を有し、また、一体成形が可能のため継手がなく、鋸や溶接、ボルトや釘等による接合が不要で、全体として均質な構造体を形成することができる。また、厚さや材料の組合せを変えることによって、各構造部分に必要な強度を与える、合理的な構成が可能である。(5)

† 受付：1971年9月30日

* 琉球大学理工学部機械工学科

このように、FRPは工業材料として使用されているが、金属材料の有する力学的挙動とは異なっており、FRPの特性を知ることは重要である。ここで基礎的なFRPの機械的性質を調べたのでこれを報告する。

2. 実験材料及び構成

一定条件の室温及び室内湿度にして、ガラス繊維（ロービングクロス）をポリエステル樹脂（リゴラック158BOT）と組合わせて、ハンドレイアップ法によって成形した。また、実験目的に従った積層を行い、その構成を充分考慮し、ガラス繊維の含有量（ガラス繊維積層数）を変えてFRP板材を準備した。

3. 試験片形状

ガラス繊維の含有量（ガラス繊維積層数）を変えた同厚寸法のFRP板材より次の試験片を準備した。

3.1 圧縮試験片

圧縮試験片の形状についてはFig.1に示すような形状に製作した。断面二次半径をK.柱の高さ l とすれば、純圧縮変形をなすように考慮して、細長比 $0 < l/k < 10$ から l を決定した。

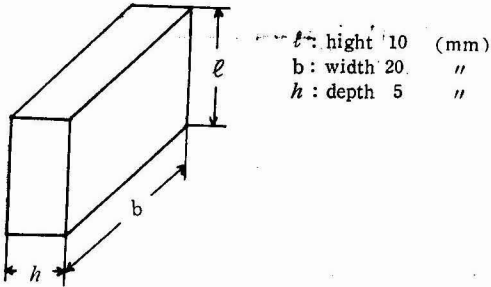


Fig.1 Specimen of compression test piece.

3.2 引張試験片

慣用形試験片：慣用形試験片についてはFig.2に示されるような形状を考え、また応力集中を緩和させるための試みとしてTable 1に示すようにR部を大きくとった。

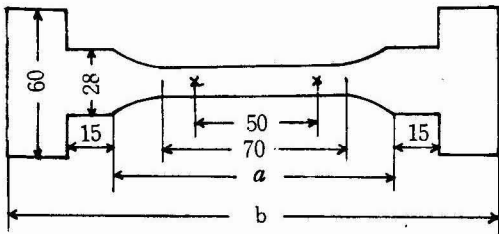


Fig.2 Test Specimen

Table 1. Dimensions of test specimen

R 寸法	a	b
150mm	158	268
200mm	170	280
300mm	200 ± 2	310
400mm	227 ± 2	337

たんざく形試験片(6)：慣用形試験片の難点を克服するために、Fig.3に示されるような形状にし、チャック部よりR部にかけて厚みをもたせたもの

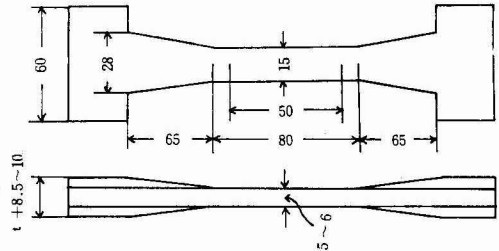


Fig.3 Type of Tanzakugata Specimen

3.3 曲げ試験片

FRP板材はハンドレイアップ法によって積層接着したもので、その板面及び板厚については充分な考慮をはらって仕上げている。曲げ試験片形状についてはFig.4に示される。

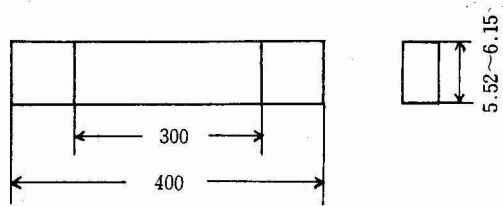


Fig.4 Specimen of bending test

3.4 衝撃試験片

高速の衝撃力によって材料を破壊するときになされた仕事量によって衝撃強さを表わし、プラスチックをハンマで打撃することによって試験片を破壊する形

式と、落球によって破壊する形式がある。本実験は前 状については Table 2 に示す。
者によるシャルピー法を用いた。また、その試験片形

Table 2. Result of Impact test and Dimensions of test specimen

繊維含有量 (%)	0	28.8	46.7	54.2	61.9	71.4
試験片形状						
寸法 $h \times l \times b$ (mm)	9.9×5.33 $\times 50$	10.6×5.08 $\times 50$	10.21×5.77 $\times 50$	10.37×5.98 $\times 50$	10.17×5.66 $\times 50$	10.33×6.17 $\times 50$
温度 °C	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
ハンマ重量 (kg)	25,045	25,045	25,045	25,045	25,045	25,045
回転中心からの距離 (m)	0.6497	0.6497	0.6497	0.6497	0.6497	0.6497
ハンマ持上角 (deg)	145	145	145	145	145	145
ハンマ振上角 (deg)	145	$143^{\circ}03'$	$141^{\circ}54'$	$141^{\circ}20'$	$140^{\circ}58'$	$140^{\circ}02'$
吸収エネルギー [kg·m]	0	0.263	0.524	0.624	0.689	0.858
シャルピー値	0	0.198	0.889	1,005	1,200	1,347

4. 試験結果及び考察

4.1 圧縮及び引張試験

圧縮試験はガラス繊維を含まない樹脂だけの場合は、延性材料の特徴を示し、最大応力 27.25 kg/mm^2 であるが、ガラス繊維の含有量の増加とともにその値は低下している。また、M. W. RIEY は繊維含有量の多いものは引張強さがよく、圧縮強さは中間の含有量のところが最良としている。引張試験は圧縮試験とは逆に、ガラス繊維の含有量の影響によって強化され、ガラス繊維含有量の増加とともに引張強さは大きくなっている。また引張試験の結果伸び率は Fig. 5 に示すように、ガラス繊維含有量に関係なく一定で

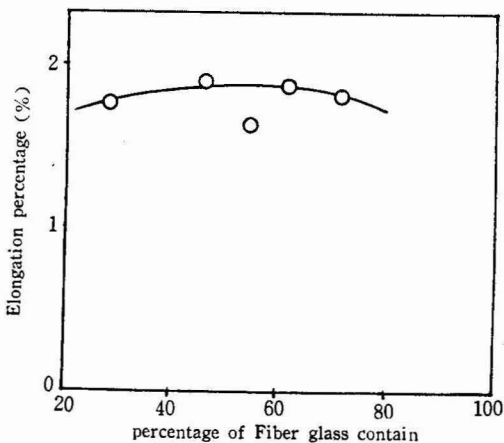


Fig. 5 Elongation percentage and percentage of Fiber glass contain

ある。

Fig. 6 は圧縮及び引張試験の結果を示す。

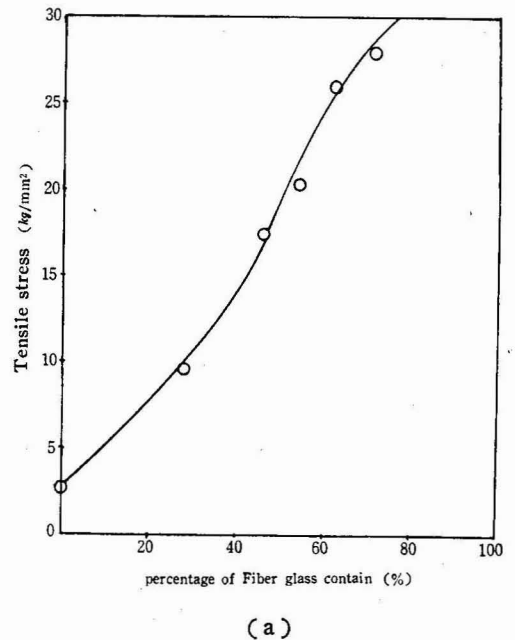
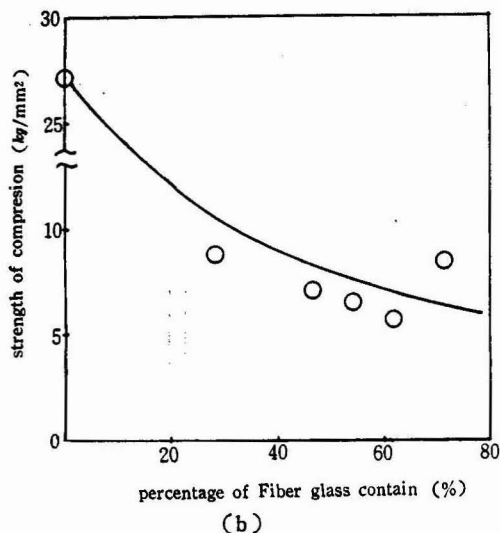


Fig. 6 Tensile stress and percentage of Fiber glass contain



圧縮試験におけるガラス繊維含有量の増加とその圧縮強さの低下は、圧縮荷重がガラス繊維層と平行な層方向にかかるために樹脂とガラス繊維層間の剪断力が、そこにおける接着力より大きくなり、最外層から分離層を発生して破断していく、その結果荷重を受ける有効断面積が小さくなり、荷重の増加とともに順次分離破壊していく。引張試験荷重はガラス繊維方向に作用しており、平行部断面は縮小するため圧縮試験の場合とは異なった破断形式をしている。引張荷重の増加とともにガラス繊維と樹脂が分離した点（縦糸と横糸の重なった点）が白化して観察される。破断に至るまでの白化状況は、試験片全体に広がり、応力の集中する個所では多く白化している。しかし、白化によって破断を起こしているのか、その原因については判明していないが、引張歪によって最初樹脂内に亀裂を発生し、その方向がガラス繊維縦糸方向であれば横糸のストランド巾の増大現象によって亀裂進行はにぶり、また破断にはつながらないものと考えられる。亀裂が横糸方向に進行すれば、樹脂及び縦糸ストランドの縦歪の増加と縦糸ストランドの巾の縮小現象から、破断につながるものと考えられる。従ってFig.5から伸び率が一定であることは樹脂の亀裂発生が先行したため縦ガラス繊維の破断が起っている。

4.2 曲げ試験

曲げ応力を σ 、曲げモーメントをM、断面係数をZとすれば

$$\sigma = M/Z = 3 P l / 26h^2$$

- P : 荷重
- l : 標点間距離
- b : 巾
- h : 高さ

によって曲げ応力が算出される。

Fig.7はガラス繊維の含有率と曲げ強さを示したものである。

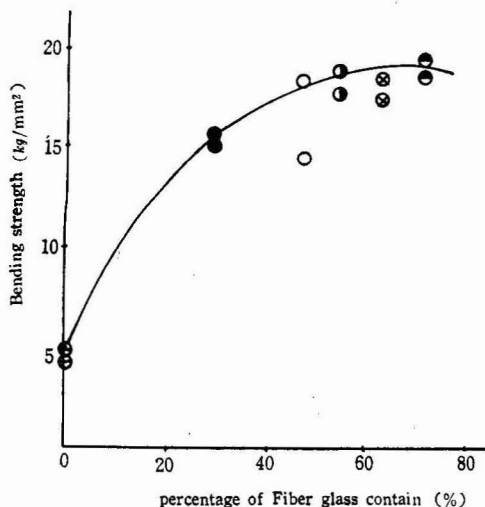


Fig.7 Bending strength and percentage of Fiber glass contain

Fig.7からガラス繊維の含有率50%近傍から勾配のゆるやかな曲線となってガラス繊維の含有量が増しても曲げ強さの増加はあまり得られないことがわかる。従ってガラス繊維の含有量の影響が引張強さに大きく貢献し、圧縮強さには貢献しない特性を考えると、曲げにおいては中立面を境界にして引張力の作用する部分にガラス繊維を積層し、圧縮力の作用する部分にガラス繊維を積層せず樹脂だけにして成形すると曲げ強さを増し、複合材料として効果的、かつ経済的に使用することができる。Fig.8はこのような観点から材料を組合わせて製作したもので試験結果をFig.9に示す。なお、これによって曲げ強さは1.6倍にも達した。

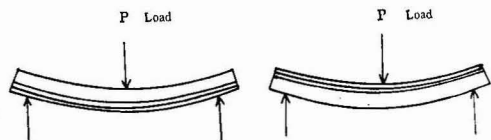


Fig.8 Bending test Specimen

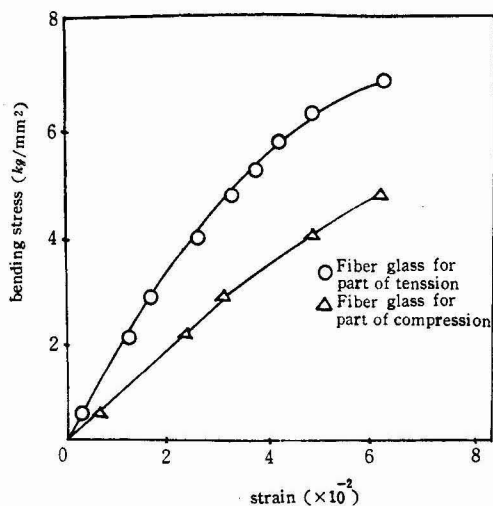


Fig. 9 Effect of Bending stress and strain on the material construction.

4.3 衝撃試験

試験片を切断するときの吸収エネルギーEを原断面積Aで割った値を衝撃値とする。この場合摩擦損失や空気抵抗による損失を無視すれば、吸収エネルギーEは $E = WR (\cos \beta - \cos \alpha)$

従ってシャルピー衝撃値Cは

$$C = E/A$$

である。但し W:ハンマの重量
R:ハンマの回転中心線から重心までの距離
 α :ハンマの持上げ角
 β :ハンマの振上げ角

ガラス繊維積層材料であるため試験片にはノッチを付けずに試験した。その結果をFig.10に示す。金属の

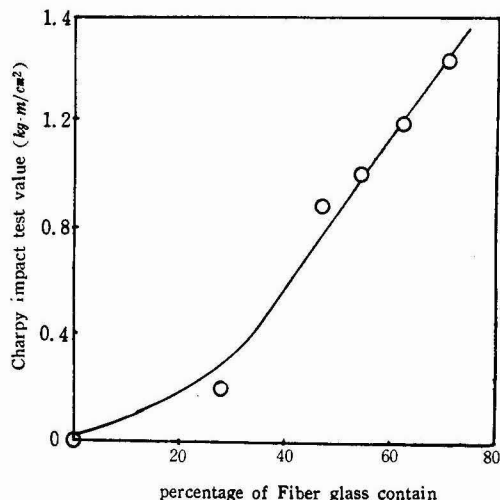


Fig.10 Charpy impact test value and percentage of Fiber glass contain

衝撃値と比較すると大変低い値であるが、ガラス繊維の含有量の増加によってその値も増加している。

5. 結 言

ハンドレイアップ法によってガラス繊維と樹脂を積層接着してFRP板材を作り、その板材の機械的性質として、圧縮、引張、曲げ、衝撃試験を行って調べてきた。その結果をまとめるとつぎのようになる。

(1) 引張、曲げ及び衝撃試験の結果、ガラス繊維含有量の増加に従って強度は増しているが、しかし、引張強さ及び強さは、含有率50%以上になるとガラス繊維の貢献度が低く一定状態になっているので、ガラス繊維含有率50%以下での使用が経済的である。

(2) 圧縮試験の結果、ガラス繊維含有率が大きくなるとその強さは低下しているので構造材料としての構成に注意を要する。

(3) ガラス繊維方向の荷重による試験を行ってきたが、ガラス繊維の配向は積層板の強さに決定的な影響を与える(8)(9)のでガラス布を用いた直交異方性を示すFRPの強さに充分考慮する必要がある。

参 考 文 献

- (1) 藤井太一：複合材料の歴史的背景と現状 日本機械学会誌 Vol.71, 1968, P.704
- (2) 田尾 忠：航空機および航空宇宙体 日本機械学会誌 Vol.71, 1968, P.801
- (3) 飯村郁男：FRPのアプレーション効果 日本機械学会誌 Vol.71, 1968, P.778
- (4) 小林 昭：プラスチック 機械の研究 第11巻 第7号 1959, P.988
- (5) 平敷, 兼城, 宮城：FRP製舟艇の強度試験 琉球技術協会誌 第4号 P.57
- (6) 平井, 藤原, 大規, ロービングクロスFRP試験片形状について 日本機械学会論文集 36—290, 昭和45.10.16772
- (7) M.W. RIEY: Materials in Design Eng. (Feb.1960) P.103
- (8) 滝山栄一郎：ポリエステル樹脂, 昭和45年 P.199 日刊工業
- (9) M.W. RIEY: Materials in Design Eng. (Feb.1960) , P.103