

# GFRP 引抜成形溝形材の引張および圧縮材料特性のばらつきに関する実験的検討

名古屋大学大学院 学生会員 ○鞍馬 敦士  
名古屋大学大学院 正会員 北根 安雄  
名古屋大学大学院 フェロー会員 伊藤 義人

## 1. 目的

樹脂と強化繊維からなる複合材料である FRP (Fiber Reinforced Polymer: 繊維強化プラスチック) は、高強度、高弾性率の他に、軽量性、耐食性という優れた特性をもつ。FRP は構成材料や積層構成により材料特性が異なる複合材料であるため、その材料特性値は材料試験によって決定する必要がある。さらに材料の設計値は、材料特性のばらつきを考慮した材料係数で特性値を除することにより得られる<sup>1)</sup>。しかし、現状では土木構造物用 FRP 引抜成形材の材料特性のばらつきに関するデータが不足しており、FRP の土木構造物への適用があまり進んでいない原因の一つとなっている。

本研究では、GFRP (ガラス繊維強化プラスチック) 引抜成形溝形材から短冊状試験片を切り出して圧縮試験を行い、材料特性のばらつきや部位による違いを調べるとともに、圧縮強度に関する材料係数を算出した。また、これまでに行った引張試験の結果<sup>2)</sup>から算出された引張強度に関する材料係数との比較・検討も行った。

## 2. GFRP の圧縮材料試験

### 2.1. 試験方法

GFRP 引抜成形溝形材 (高さ 70mm, 幅 200mm, 板厚 8mm) を本研究の対象とする。使用されている強化繊維はガラス繊維、樹脂はビニルエステルである。この溝形材から引抜方向と引抜直角方向に試験片を切り出し、JIS K 7018 の方法<sup>3)</sup>に従って圧縮試験を行う。この方法は、試験体端部から直接の圧縮力と試験体つかみ部からのせん断力の両方によって、試験体に圧縮荷重を負荷する方式である。

試験体の中央部分の両面に、ひずみゲージを 1 枚ずつ貼付し、軸方向ひずみを計測する。試験には、前川式万能試験機 (最大荷重 2000kN) を用い、載荷速度は 0.5mm/min とする。

### 2.2. 試験体

試験体の基本寸法は、**図 1** に示すように長さ 125mm, 幅 25mm で、両端には長さ 50mm, 幅 25mm, 厚さ 2mm のアルミニウムのタブを取り付け、試験区間は長さ 25mm の領域となる。引抜方向圧縮試験の試験体は、

**図 2** に示す断面内の位置 (ウェブ 5 箇所, 各フランジ 2 箇所ずつ, 角部 2 箇所) から長さ 125mm の短冊を採取した。試験体採取位置の名称は、最初のアルファベットが部位であるウェブ (W), フランジ (F) または角部 (E) を示し、次の 2 桁の数字が採取方向である引抜方向 (00) または引抜直角方向 (90), 最後の数字が各部位の位置番号を示している。また、引抜直角方向の試験体は **図 3** に示す位置から溝形材長さ方向に 25mm の短冊を切り出した。なお、試験体は 1 採取位置につき部材長さ方向から 6 本ずつ採取し、原則そのうちの 5 本の試験を行う。

## 3. 圧縮試験結果

引抜方向の圧縮試験により得られた圧縮弾性率と圧縮強度を **図 4** と **図 5** に示す。なお、圧縮弾性率はひずみが 500 $\mu$  と 2500 $\mu$  のときの応力の差を、そのときのひずみの差で除した値とし、圧縮強度は試験中の最大荷重を初期断面積で除した値とする。圧縮弾性率の平均値はウェブが 33.1GPa, フランジが 35.6GPa, 角部が 28.2GPa となり

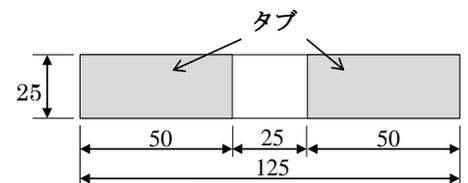


図 1 試験体詳細 (単位: mm)

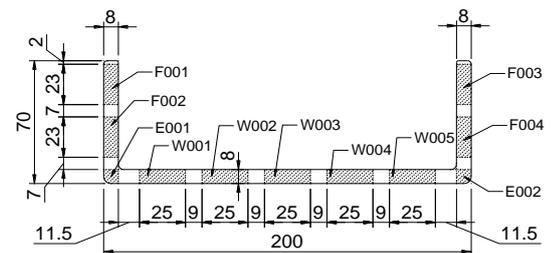


図 2 引抜方向の試験体採取位置 (単位: mm)

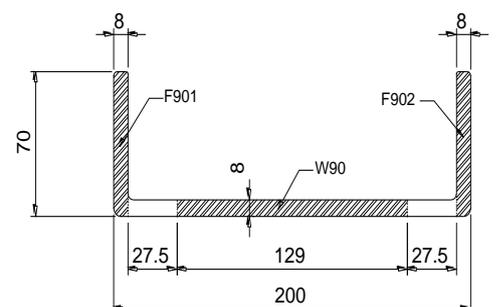


図 3 引抜直角方向の試験体採取位置 (単位: mm)

変動係数はウェブが 0.025, フランジ, 角部がともに 0.032 となった. 圧縮強度の平均値はウェブが 518MPa, フランジが 513MPa, 角部が 315MPa となり, 変動係数はウェブが 0.058, フランジが 0.13, 角部が 0.20 となった.

引抜直角方向の圧縮弾性率の平均値はウェブが 12.0GPa, フランジが 11.2GPa となり, 変動係数はウェブが 0.029, フランジが 0.16 となった. 圧縮強度の平均値はウェブが 101MPa, フランジが 99.0MPa となり, 変動係数はウェブ, フランジともに 0.048 となった.

#### 4. 圧縮強度の材料係数の検討

今回の材料試験により得られた引抜方向の圧縮強度を用いて溝形材の材料係数を算出する. 図 6 に本研究で得られた圧縮強度の分布図を示す. なお, 図に示した圧縮強度のデータはウェブとフランジのみを用い, 角部は除いた. 図中には, データの平均値と標準偏差を用いた正規分布もあわせて示している. 本研究では, 材料強度の特性値を, 強度の平均値から標準偏差の 3 倍を引いた値と定義し, この特性値を材料係数で除した値を材料強度の設計値とする. また, この設計値以下の強度が発生する確率が百万分の 1 以下となるように材料係数を決定した. その結果, 1.30 となった.

#### 5. 引張材料特性との比較

これまでに行った JIS K 7164 に従う GFRP の材料引張試験(ウェブ 25 体, フランジ 20 体)の試験結果<sup>2)</sup>から算出された材料係数は, 1.13 であった. このことから, 本研究で得られた圧縮試験結果は, 引張試験結果よりも強度のばらつきが大きいと言える.

また, FRP 歩道橋設計・施工指針(案)<sup>1)</sup>では, FRP 歩道橋の設計における標準的な材料係数を 1.15~1.30 と定めている. よって, 本研究で対象とした GFRP 引抜成形溝形材の材料係数は, FRP 歩道橋設計・施工指針(案)の定める材料係数と比較して, 引張強度については下限値側であったが, 圧縮強度については上限値側となった.

なお, ウェブとフランジの材料試験から得られた圧縮弾性率と引張弾性率の変動係数はそれぞれ 0.047, 0.056 となり, 圧縮と引張で大きな差はなく, どちらも強度に比べてばらつきは小さいと言える.

#### 6. 結言

以下に, GFRP 引抜成形溝形材の引張および圧縮材料試験により得られた主たる知見を示す.

- 1) 材料試験から得られる圧縮弾性率は, 引張弾性率に比べそのばらつきはあまり変わらないが, 圧縮強度は引張強度に比べ, そのばらつきが大きい.
- 2) 圧縮強度については, 試験体数を増やしたり, 他の圧縮試験方法の検討などを行い, 今後そのばらつきの妥当性を検討していく必要がある.

#### 参考文献

- 1) 土木学会: FRP 歩道橋設計・施工指針(案), 複合構造シリーズ 04, 2011.
- 2) 鞍馬敦士, 北根安雄, 伊藤義人: GFRP 引抜成形溝形材の引張材料特性のばらつきに関する検討, 日本材料学会東海支部第 6 回学術講演会講演論文集, 日本材料学会東海支部, pp. 31-32, 2012.
- 3) JIS K 7018, 繊維強化プラスチック—積層板の面内圧縮特性の求め方, 日本工業規格, 1999.

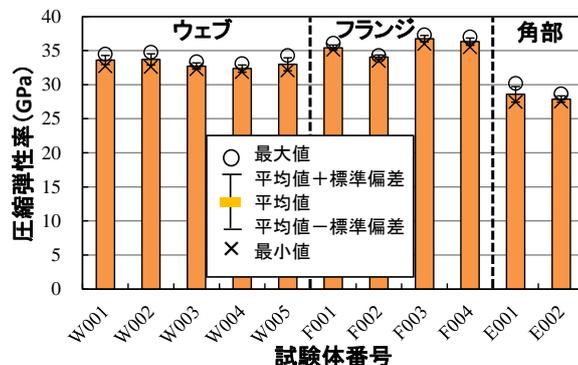


図 4 引抜方向の圧縮弾性率

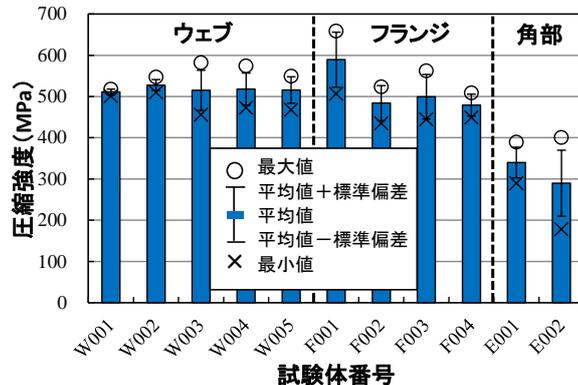


図 5 引抜方向の圧縮強度

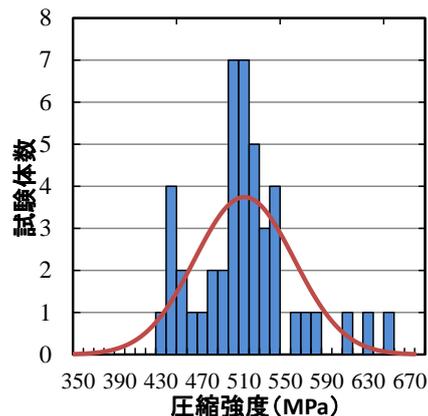


図 6 圧縮強度の分布図