

## GFRP と鋼材の複合材料の性能評価

株式会社ヒビ 正会員 ○日比 英輝 独立行政法人土木研究所 正会員 佐々木 巖  
株式会社ヒビ 正会員 鷺見 幸弘 独立行政法人土木研究所 正会員 西崎 到

## 1. はじめに

FRP 材は耐食性能に優れ、軽量かつ高強度などの様々な利点を有している反面、土木や建築分野で多く使用されている鉄鋼材料などと特性を比較すると、素材の弾性率が小さいことから剛性が低くたわみやすい。CFRP とのハイブリッド化による剛性向上を図ることが可能であるが高価になりがちである。そこで GFRP と鋼材を一体成形することで弾性率向上、鋼材の防食効果や価格面など、それぞれの利点を活かし欠点を補うことが可能であれば、構造物への適用範囲はより一層広がるものと考えられる。そこで GFRP+鋼材からなる複合材料板の性能評価をするための第一段階として、曲げ試験による物性比較を行った。

## 2. 実験評価方法

GFRP の標準的な積層構成をもつ供試体を JIS K 7055 「ガラス繊維強化プラスチックの曲げ試験方法」に基づき 3 点曲げ試験を行い、その結果を標準品の供試体データとした。次に GFRP 標準品の積層構成を基本に鋼材を用い剛性を試みた複合材料板の仕様を決定し製作した。計算上予測した材料剛性値と実際の曲げ試験結果値を比較検討した上で、GFRP 標準品の試験結果値との比較評価をした。

## 2. 1 GFRP 標準品の仕様

標準品とした GFRP は、現在実際に土木構造物に使用されているものと同程度の板材として、マトリックスに不飽和ポリエステル樹脂を使用し、ハンドレイアップ成型法にて製作した。

## 2. 2 GFRP+複合材料板の仕様

GFRP 積層部は標準品と同等の積層構成とし、線直径 0.8mm、マス目 5.55mm の SUS304 製丸線網(FM)を 2 面 1 組で、板厚に対し曲げ加重時の下面引張片側に配置した CB-1、上面圧縮側との両側に配置した CB-2 と図-1 の開孔率 30.12%、板厚 0.8mm の SPCC 製パンチングメタル(PM)を両側に 1 枚ずつ配置した CB-3 の 3 種類の供試体を作製し曲げ試験結果による比較を行った。供試体 CB-3 の断面概略図を図-2、各供試体の積層構成を表-1 に示す。それぞれの板厚の成形出来高を GFRP 標準品と同等になるよう設定したが、CB-2 のみ丸線網 2 面分ほど増加した。



図-1 PM 開孔パターン

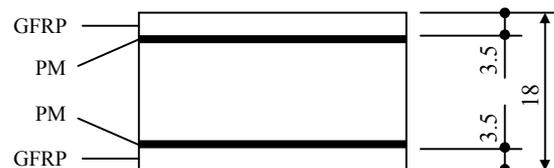


図-2 CB-3 の断面概略 (寸法単位: mm)

表-1 供試体の積層構成

積層順序 曲げ圧縮側から*1	1	2	3				4	5	6
ガラス繊維種	チョップド ストランド マット	ロービング クロス (580g/m <sup>2</sup> )	ロービング クロス (800g/m <sup>2</sup> )				ロービング クロス (580g/m <sup>2</sup> )	チョップド ストランド マット	サーフェース マット
GFRP 標準品	2	1	20				1	1	1
CB-1*2	2	1	18		FM2	2	1	1	1
CB-2*2	2	1	2	FM2	16	FM2	2	1	1
CB-3*3	2	1	2	PM	16	PM	2	1	1

キーワード GFRP, ハンドレイアップ成型, 複合材料, サンドイッチ材, 剛性

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

前記の仕様で成形した全種類ともに 410(w)×610(l)mm の板から、JIS K 7055 に基づいた寸法で 5 本ずつ切り出し曲げ試験用供試体とした。(GFRP 標準品の計算上 Vf=39%)

\*<sup>1</sup> 全供試体の曲げ圧縮側表面には、厚さ 500 $\mu$ m 程度の耐候性ゲルコートをした。

\*<sup>2</sup> 丸線網と次層面の接着効果を高める目的で、両面にチョップドストランドマットを各一層ずつ使用した。

\*<sup>3</sup> 接着効果を高めるため\*<sup>2</sup> 同様の工程に加え、チョップドストランドでパンチング開孔部の穴埋めをした。

### 3. 曲げ試験の結果

GFRP 標準品と複合材料板 3 種類の曲げ試験の結果値 (n=5 平均値) を表-2 に示す。曲げ弾性率の数値結果では、GFRP 標準品と比較して全ての複合材板の弾性率が上り剛性効果があったといえる。CB-2 は、供試体の出来高の厚みが増した原因から若干低い数値になったと考えられる。曲げ強度値では GFRP 標準品と比較して CB-2 と CB-3 はやや低い結果となったが、前記原因とばらつきを考慮すると同程度と評価できる。次に GFRP 標準品とパンチングメタルを使用した CB-3 の曲げ応力-ひずみグラフを図-3、4 に示す。

表-2 曲げ試験結果値

供試体種別	幅 (b)	厚さ (h)	支点間距 (l)	最大荷重 ( $P_b$ )	曲げ強度 ( $\sigma_b$ )	荷重-たわみ曲線 ( $P/\delta$ )	曲げ弾性率 ( $E_b$ )	曲げ剛性 ( $EI$ )
	(mm)			(N)	(Mpa)	(N/mm)	(GPa)	(kNmm <sup>2</sup> )
GFRP 標準品	49.84	17.10	273.6	12119.1	341.3	752.6	15.5	321122.9
CB-1	50.00	17.76	284.2	13645.6	368.7	881.8	18.1	421697.6
CB-2	50.02	19.72	315.5	12839.7	312.4	825.3	16.9	524711.6
CB-3	49.64	17.94	287.0	11882.8	320.3	995.0	20.5	469332.6

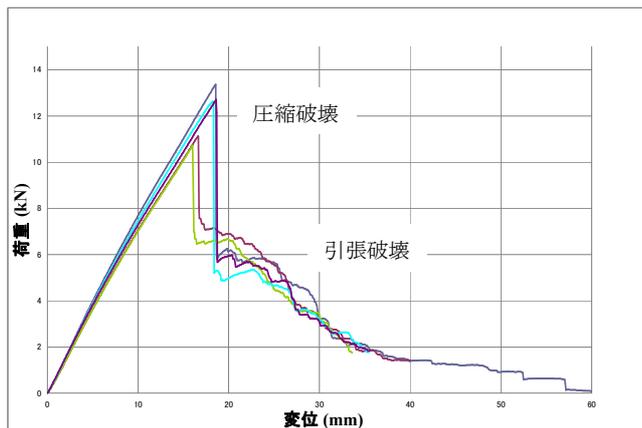


図-3 GFRP 標準品

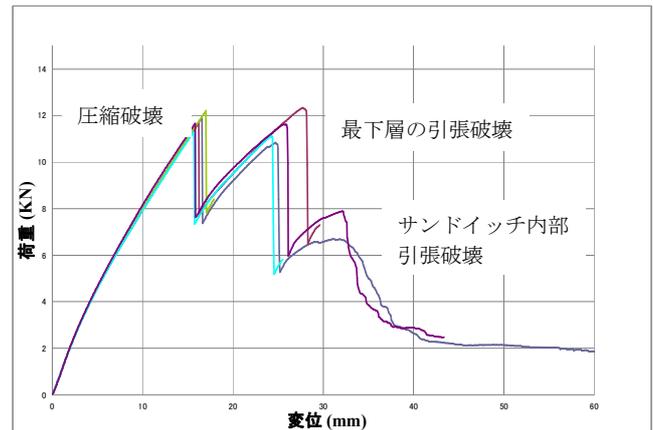


図-4 CB-3

GFRP 標準品、複合材板 CB-3 の初期破壊時は全供試体共に内側からの圧縮破壊であった。その後、引張側最下層から内側に向かって徐々に一層ずつ破断が進行し、変位 60mm ほどで応力がほとんどなくなった。一方の複合材板 CB-3 の破壊モードは大きく 3 度発生し、初期破壊時から 2 次破壊に到るまでにほぼ最大応力まで到達した。2 次破壊では引張側下層の GFRP とパンチングメタルがほぼ同時に破壊し、3 次破壊では、サンドイッチ内部の GFRP 体が引張側から内側に向かって破断が進行した。GFRP 標準品で応力がほとんど無くなった変位 60mm の時点からもまだ微量な耐力維持を示していたことは鋼材の特性からの影響と考察できる。

### 5. まとめ

GFRP と鋼材の複合材板曲げ試験結果を基に得られた材料特性の評価を以下のようにまとめる。

- (1) GFRP と鋼材の複合材板は GFRP 板と比較し見かけの弾性率が向上する。
- (2) 複合材の剛性効果は、構造物のたわみ設計などに有利にはたらくと期待できる。
- (3) GFRP と鋼材の複合材板は、GFRP 板と比較し終局耐力が向上し、材料の安全性への期待ができる。

### 参考文献

- ・ ガラス強化プラスチックの曲げ試験方法 JIS K 7055, (財) 日本規格協会, 1995,12.
- ・ 宮入裕夫: 単板とサンドイッチ板, 機械材料の強さと機能, 日刊工業新聞社, pp.98-101, 2001.