



# CFRP薄板の最適構造制御

Chair for Hyper-functional Forming  
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo  
Yuu Uriya and Jun Yanagimoto



## 研究背景

近年、輸送機器の外板では衝突安全性と軽量化を両立するために、鉄鋼の強度向上に向けた構造体の取組みや新しい高強度・軽量材料の開発が進んでいる<sup>[1]</sup>。質量当たりの強度、すなわち比強度が高い炭素繊維強化プラスチック<sup>[2]</sup>(CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastic)の輸送機器等への広汎な適用が期待されている。CFRPは炭素繊維に樹脂を含浸させて硬化させた材料の総称であり、比重は鋼の約4分の1引張強度は約5倍とメリットは非常に大きい一方で、脆く固化した状態での成形が困難である。固化したCFRP薄板の塑性加工を可能にすることで、部材の安価で短時間の生産が可能となれば、今後はCFRPの輸送機器への適用が飛躍的に進むと考えられる。そのためにCFRPの特長を維持しながら、成形に有利なCFRPの内部構造を設計することが今後の課題である。

[1] 邊・濱田・八角:自動車技術, 61(10), 2007, 32-39., [2]山口・北野:自動車技術, 61(10), 2007, 21-25.

## 炭素繊維強化プラスチック(CFRP)

### 炭素繊維強化プラスチック(CFRP)

CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)は強度の高い炭素繊維に樹脂を含浸させた材料で鋼と比較して比重が約1/4、引張強度が約5倍と比強度が高い材料として注目されている。

材料	引張強さ [MPa]	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	のび [%]
CFRP(エポキシ)	5000	1.8	5
エポキシ	50 ~ 70	1.2	25
ハイテン	600 ~ 1400	7.8	15 ~ 25
アルミニウム合金	100 ~ 600	2.8	20

### CFRPの適用例: BMW i8(左), Boeing 787(右)

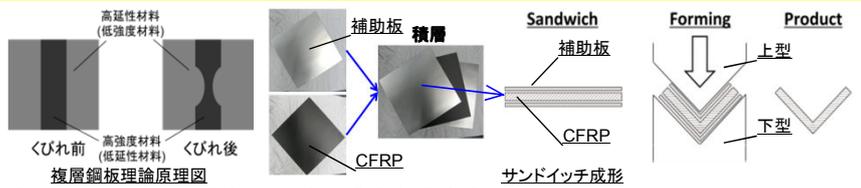


●CFRPは短時間での成形が困難であり、結果的に製造コストが高価となってしまう。  
→低延性のCFRP板材を、プレスのような安価で生産効率の高い成形の実現が必要。

CFRPは比強度が高い一方、成形性(のび)が小さい。

### 塑性加工方法 — サンドイッチ成形

高延性材で低延性材を挟むことで低延性材の延性不足が補われ、延性の低い材料の加工を可能にする複層鋼板理論<sup>[3]</sup>に従い、低延性材にCFRPを、高延性材に鉄製の補助板を用いる成形<sup>[4]</sup>。V曲げに関して延性の向上が見られた。

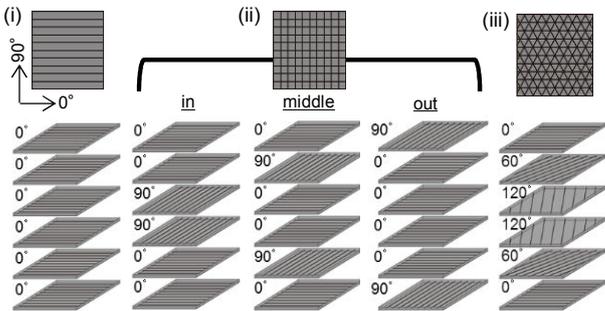


[3] Yanagimoto et. al.: CIRP Annals, 59, 2010, 287-290., [4] 柳本・池内, 第62回塑性加工連合講演会講演論文集, 2011, 285-286.

## 引張曲げ試験による繊維配置評価

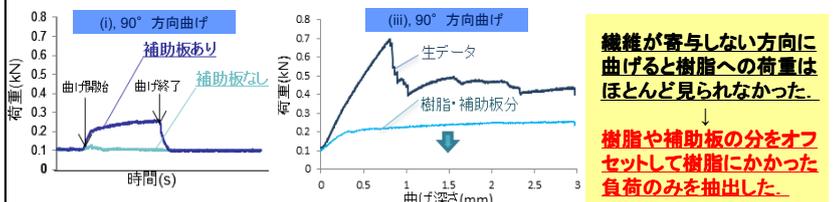
### CFRP薄板内部の繊維配置

CFRP薄板は0.1mmの薄板を6層積層したものを用意した。再外面の繊維の方向を0°とし、異方性変化を調べるために、(i) 0/0/0/0/0/0, (ii-in) 0/0/90/90/0/0, (ii-middle) 0/90/0/0/90/0 (ii-out) 90/0/0/0/0/90, (iii)0/60/120/120/60/0 の5種類を用意した。曲げ方向は主方向(0°)に対して0°と90°とした。

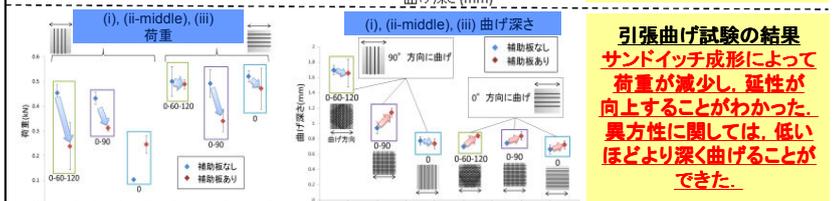


### 引張曲げ試験<sup>[5]</sup>結果

CFRP薄板(サイズ: 10×30×0.6)の両端を抑えたままV曲げ試験を行なった。パラメータは荷重とのびであり、引張試験と比較すると、曲げ深さはのびに相当する。



繊維が寄与しない方向に曲げると樹脂への荷重はほとんど見られなかった。  
樹脂や補助板の分をオフセットして樹脂にかかった負荷のみを抽出した。

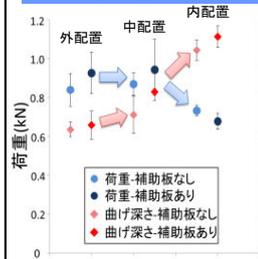


引張曲げ試験の結果  
サンドイッチ成形によって荷重が減少し、延性が向上することがわかった。異方性に関しては、低いほどより深く曲げることができた。

### 高温精密圧縮試験機および金型形状



### 主方向の繊維と荷重・のびの関係



板厚方向の配置変化の結果  
曲げ方向と同じ方向の繊維は、外側にあるほど負荷がかかり、深くまで曲げることにはできない。一方で内側にあるほどかかる負荷が小さくなり、より深くまで曲げることが可能である。

### 結論

引張曲げ試験で得た知見  
●サンドイッチ成形はCFRPの負荷を低く、延性を向上させる効果がある。  
●異方性が低い配置ほど深く曲げることができた。  
●曲げ方向と同じ方向の繊維は、内側にあるほど深くまで曲げることが可能で、成形に有利である。

[5]中ら引削船高等専門学校紀要第29号, 2007