

## F R T Pの接合に関する研究

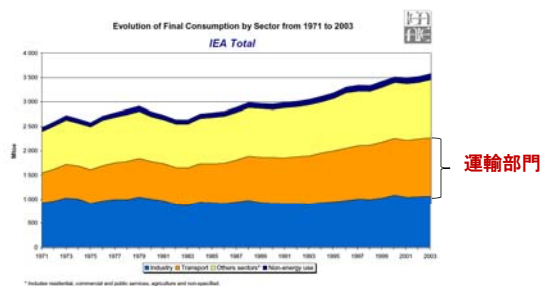
指導教員 高橋 淳 教授  
東京大学工学部システム創成学科  
環境・エネルギーシステムコース  
70791 鈴木 一弥

## 発表の構成

- 研究背景
- 樹脂単体のシングルラップ接合
- G F / P Pのシングルラップ接合
- 構造的応力集中部を無くす接合の検討
- 結論

## 研究背景

- エネルギー消費の増大



軽量性の追求→FRPの適用

## FRPへの注目

運輸部門のエネルギーは石油中心



近年の原油価格高騰



高価なFRPにも注目

FRP : 熱硬化性樹脂

FRT P : 熱可塑性樹脂

# FRPとF RTP

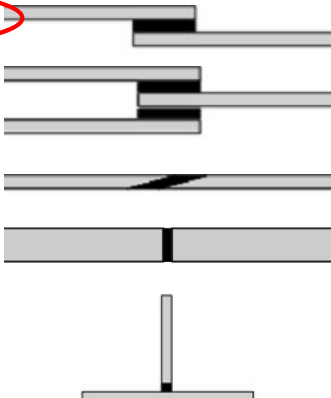
	FRP	F RTP
成形	<ul style="list-style-type: none"> <li>硬化時間が長い</li> <li>→成形に<b>時間がかかる</b></li> <li>一体成形のため、<b>大規模な設備が必要</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>硬化が不要</li> <li>→<b>高速・低コスト</b>成形が可能</li> <li>接合により、設備投資を<b>小規模</b>にできる可能性</li> </ul>
再加工	<ul style="list-style-type: none"> <li>変化は<b>非可逆性</b>である</li> <li>→再加工が<b>不可能</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>変化は<b>可逆性</b>である</li> <li>→再加工が<b>可能</b></li> </ul>
リサイクル	<ul style="list-style-type: none"> <li>破砕による<b>特性低下</b></li> <li>樹脂の再利用が<b>困難</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>樹脂の再利用が<b>可能</b></li> <li>同じ部材に戻せる可能性</li> </ul>

(社)日本機械工業連合会、(財)次世代金属・複合材料学会研究開発協会  
「平成19年度 熱可塑性樹脂複合材料の機械工業分野への適用に関する調査報告書」、2008

# 接合方法の分類

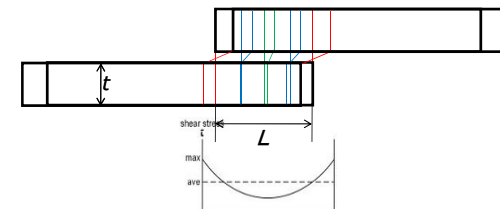
	機械的接合	接着剤	溶接
具体例	ボルト・ナット ねじ	糊、にかわ 合成接着剤	熱板溶着 抵抗溶接
信頼性	安定した軸力 →信頼性は高い	接着剤の強度まで → <b>信頼性は低い</b>	母材に近い強度 →信頼性は高い
F RTPにおける特徴	穴をあけること による <b>強度低下</b>	—	熱可塑性樹脂の 特徴を生かす

# 接合形式の分類

- **シングルラップ継手**
  - ダブルラップ継手
  - **スカーフ継手**
  - 突合わせ継手
  - T継手
- 

# 本研究の流れ

- 樹脂単体・GF/PPのシングルラップ接合



$$\sigma_f = \frac{P_{母材}}{tB}, \tau_f = \frac{P_{lap}}{LB} \quad B: \text{試験片幅}$$

## 発表の構成

- 研究背景
- 樹脂単体のシングルラップ接合
- GF / PPのシングルラップ接合
- 構造的応力集中部を無くす接合の検討
- 結論

## 使用した樹脂



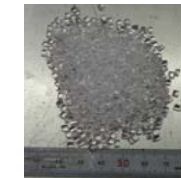
PP 樹脂板200℃、接合  
170℃



10%マレイン化PP



ABS 樹脂板270℃、接合  
190℃



PC 樹脂板320℃、接合  
200℃

## 樹脂板の作成



プレス機

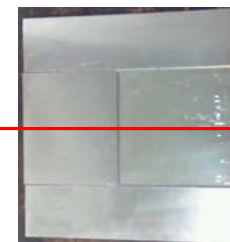


プレス用の型

15 MPaまで加圧後、冷却

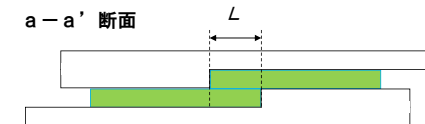
## シングルラップ接合試験片の作成

金型



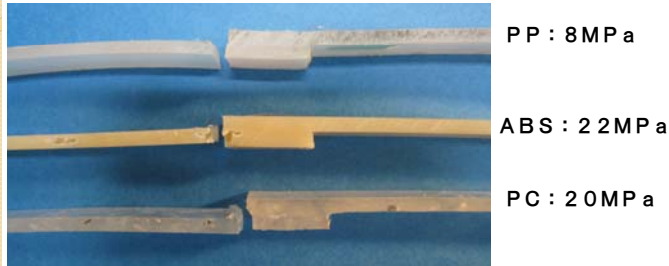
a ————— a'

a - a' 断面



1 MPaで6分間→2 MPaで30秒間→冷却

## 破壊が起きた部分



接合部では破壊せず、**接合部両端**での破壊  
→樹脂の接着力は充分である  
→接合部両端での**応力集中**が考えられる

## 発表の構成

- 研究背景
- 樹脂単体のシングルラップ接合
- **GF / PPのシングルラップ接合**
- 構造的応力集中部を無くす接合の検討
- 結論

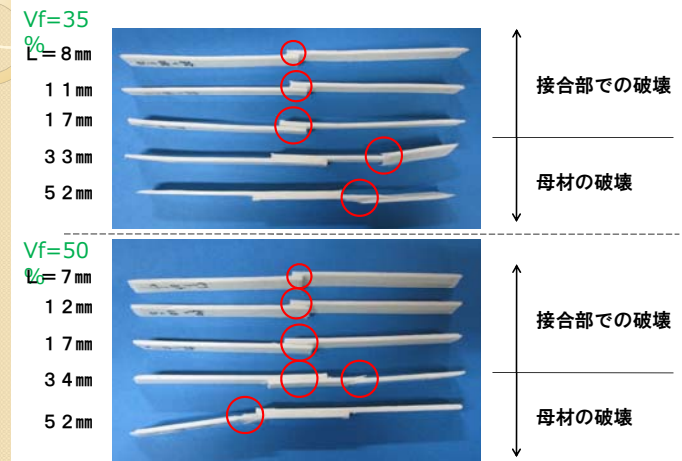
## 試験片の作成

- クイックフォーム（東洋紡）を使用
  - 日本で唯一実用化されているGF / PPのランダムマット材
  - 繊維の体積比（Vf）は**35%**と**50%**
- シングルラップ接合の金型を用いた  
180℃、1MPaで6分間→2MPaで30秒間→冷却

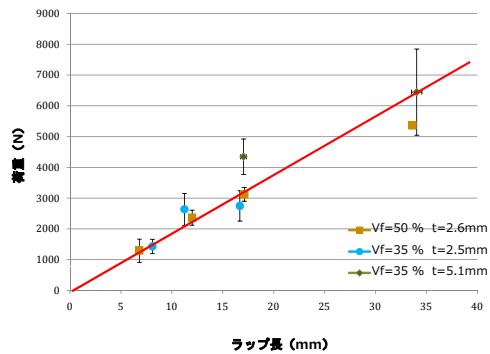


シングルラップ接合の試験片

## 破壊が起きた部分

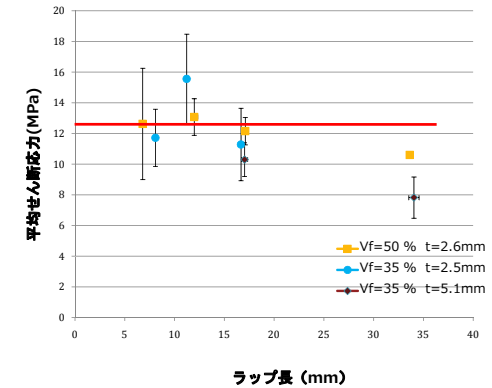


## ラップ長と荷重



グラフの傾きから  $\bar{\tau}_f$  を求める  
 $\bar{\tau}_f$  は Vf に依存しない

## ラップ長と平均せん断応力



## 接合部で壊れないラップ長

$$\sigma_f = \frac{P_{母材}}{tB}, \bar{\tau}_f = \frac{P_{lap}}{LB} \rightarrow \begin{matrix} P_{母材} < P_{lap} \text{ のとき} \\ L > \frac{\sigma_f t}{\bar{\tau}_f} \end{matrix}$$

Vf (%)	$\sigma_f$ (MPa)	t (mm)	$\bar{\tau}_f$ (MPa)	L (mm)
50	131	2.6	10.6	32
35	81	2.5	11.3	18

Vf が高いと必要な L も大きくなる

## 考察

$\bar{\tau}_f LB > \sigma_f tB$  となると、接合部で破壊しない

繊維の絡み合いが無い場合、 $\bar{\tau}_f$  はほぼ一定  
 →  $\sigma_f$  が大きくなる連続繊維材や炭素繊維強化材では L の値が非現実的なものになる

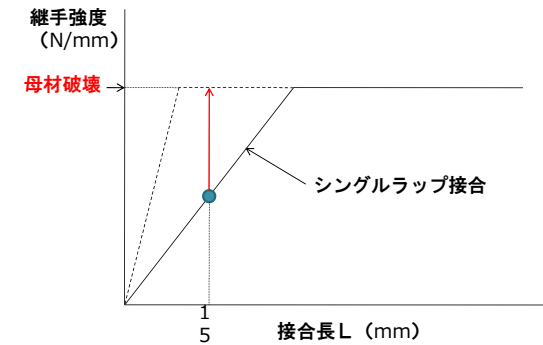


## 発表の構成

- 研究背景
- 樹脂単体のシングルラップ接合
- GF / PPのシングルラップ接合
- **構造的応力集中部を無くす接合の検討**
- 結論

## 検討の目的

- 構造的応力集中部を無くす
- 接合部で繊維が絡むことによる $\bar{\sigma}_f$ の増大を期待



## 接合方法

クイックフォーム（東洋紡）V f = 50%を使用

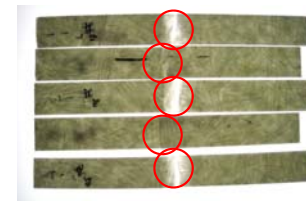
テーパー  
L = 15 mm



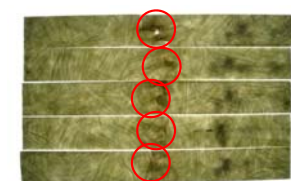
押しつぶし  
L = 15 mm



## 破壊が起きた部分



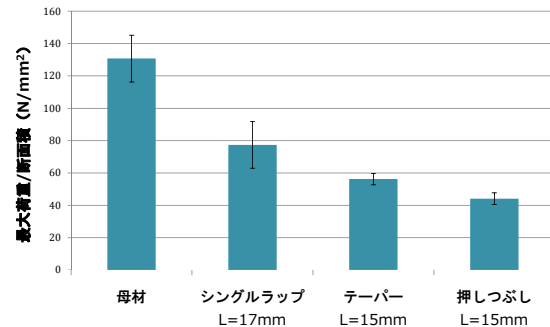
テーパー接合



押しつぶし接合

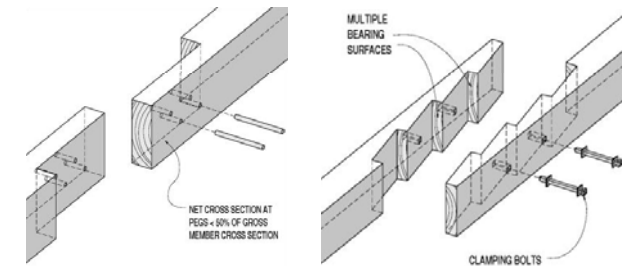
接合部での破壊

## 強度比較



- ・ 接合長が長くなると強度も高くなる
- ・ 接合部で繊維があまり絡まないことが原因と考えられる

## 接合強化方法の検討



接合部にペグ・ボルトや強化繊維  
→接合力強化の可能性

熱可塑性樹脂の場合、孔をあけることが不要

Turner-Fairbank Highway Research Center HP:  
<http://www.tfhrc.gov/>

## 発表の構成

- ・ 研究背景
- ・ 樹脂単体のシングルラップ接合
- ・ GF / PP のシングルラップ接合
- ・ 構造的応力集中部を無くす接合の検討
- ・ **結論**

## 結論 (1)

- ・ 樹脂単体のシングルラップ接合
  - 両端部での応力集中
- ・ GF / PP のシングルラップ接合
  - 接合部で破壊しないためのラップ長算出  
→  $\sigma_f$  が大きい材料については長い L が必要  
しかし、非現実的である
- ・ 構造的応力集中部を無くす接合の検討  
→ テーパー、押しつぶし:  
接合部での繊維の絡み合いが少ない  
繊維長の保持ができなかった

T継手のような面外方向については充分な接着力  
本研究で扱った面内方向については課題が残る

## 結論（２）

$\bar{\tau}_f LB > \sigma_f t B$  とする方法

1.  $\sigma_f$  や  $t$  を小さくする → **本末転倒**
2.  $L$  を大きくする  
→ 連続繊維材や炭素繊維強化材では**非現実的**な値
3.  $\bar{\tau}_f$  を大きくする  
→ **繊維を絡ませる**ことで向上させられる可能性あり  
→ 今回試した方法では、**繊維長の保持**が不十分だった

$L$  の増加と同時に、**繊維長保持**や**Z方向に繊維を入れる**などで  $\bar{\tau}_f$  のさらなる向上を考えたい

## 終わり

ご清聴ありがとうございました。