

# CFRTP のソフトスキン効果に関する研究

## Research on soft skin effect of CFRTP

学籍番号 100925

山下 慎一郎

指導教員

高橋 淳

(平成 24 年 2 月 8 日提出)

Keywords: 熱可塑性 CFRP、軽衝撃、不快感、痛み

### 1. 序論

近年、環境・エネルギー問題が深刻化し、運輸部門、とりわけ自動車に関する対策は急務である。様々な対策がある中、既存材料を新規材料 CFRP で代替して軽量化することが効果的な対策として期待されている。また、超高齢化社会が進展し続ける中で、身の回りのモノの軽量化・ソフト化に対する社会的要請は強い。

しかし、従来の CFRP は成形速度、コスト面、リサイクル性などの問題がその適用フロンティアの拡大に際しての障壁となってきた。そこで、CFRP のマトリックスとして熱硬化性樹脂ではなく熱可塑性樹脂を用いた CFRTP の研究が進められている。先述のような問題の解決に向けた研究は継続すべきだが、CFRTP は材料特性として解明されていない部分も多く、その解明は適用フロンティア拡大の際の付加価値に直結する。

本研究では、適用フロンティア拡大を目的とし、CFRTP が有するソフトスキン材料としての特性について、その優位性の評価を行うとともに、今後の課題や発展性についても考察する。

### 2. ソフトスキン効果と評価指標

#### 2.1 ソフトスキン効果

日常的な軽い衝突および接している部材への軽衝撃の際、人間は痛みや不快感を覚える。その程度を低減する効果をソフトスキン効果と呼ぶ。

#### 2.2 評価指標

本研究においては、以下の 3 点をソフトスキン効果の指標と考え、評価を行った。

- 「人体に加わる応力 (力) の緩和効果」
- 「人体に応力 (力) が伝わる速度の緩和効果」
- 「振動減衰特性」

#### 2.3 比較材料

代表的な CFRTP として CF/PP を三種類 (擬似等方材, CTT (炭素繊維テープ強化材), CMT (炭素繊維マット強化材)), 熱硬化性 CFRP として CF/EP, 代表的な金属として Steel, Aluminum, および比較として単体の PP を用いた。いずれも曲げ剛性が等しくなるよう努めた。

なお、これらの CF/PP 材は東レ・三菱レイヨン・東洋紡から提供していただいたものである。

### 2.4 評価方法

#### 2.4.1 片持ち梁による振動試験

10mm×100mm×各材板厚の試験片を片持ち梁状に支持し、初期変位を与えて振動させ、減衰の様子を観察した。

#### 2.4.2 計装化落錘衝撃試験

0.01J から 0.50J 程度の、部材が塑性変形しない低エネルギーでの衝撃試験を行うため、落錘試験装置 (Fig. 1) を自作し、試験を行った。なお、本研究における実験は、Suppliers of Advanced Composite Material Association (SACMA) で規格された CAI 強度試験法を参考にした[1]。部材が衝撃を受けた部分の背面に人間が接している場合を想定し、材料背面に伝わる力およびストライカーの変位が計測できる。試験条件を Table.1 に示す。

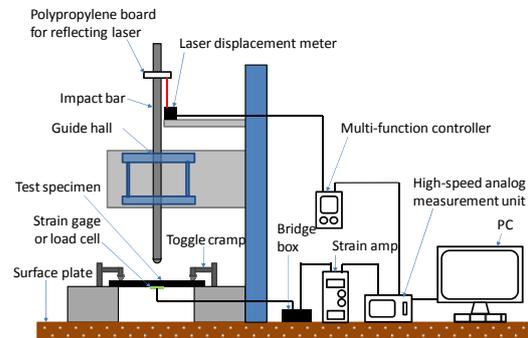


Fig. 1 Apparatus of the impact test equipment

Table.1 Impact conditions of the test

No.	Fixing type (※1)	φ (mm)(※2)	H(mm)	m(kg)	E <sub>i</sub> Impact energy(J)	V <sub>0</sub> (m/s)
A-10	a	15	10	0.15	0.0147	0.44
A-30	a	15	30	0.15	0.0441	0.77
A-50	a	15	50	0.15	0.0735	0.99
B-10	b	15	10	0.15	0.0147	0.44
B-30	b	15	30	0.15	0.0441	0.77
B-50	b	15	50	0.15	0.0735	0.99
C-10	b	16	10	0.50	0.049	0.44
C-30	b	16	30	0.50	0.147	0.77
C-50	b	16	50	0.50	0.245	0.99

※1 Fixingtype a: toggle clamp only, b: toggleclamp and load cell  
 ※2 φ: Outside diameter of the impact head (φ 15: Impact head 1, φ 16: Impact head 2)

#### 2.4.3 有限要素法解析

実験では測定できなかったストライカー側に加わる応力の挙動を明らかにするため、前項の実験を FEM 解析で再現した。ソルバーとして LS-DYNA Version971 を用いた。衝突した人間側にかかる応力の挙動を調べ、痛みや不快感を考察することが目的である。

### 3. 実験結果・考察

#### 3.1 衝撃部の背面に加わる力の緩和効果

条件 A,B,C いずれにおいても、対 Steel 比で 10%から 30%程度の最大衝撃荷重の緩和効果が見られた。これは、静的な曲げ剛性の等しい部材でも材質により内部損失の大きさが異なることを示しており、CFRTP の場合はその内部損失の大きさが緩和効果に繋がっていると考えられる。

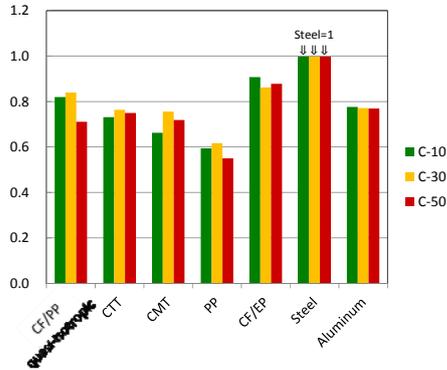


Fig. 2 Comparison of maximum back face forces (C-10,30,50)

#### 3.2 衝撃部の背面に力が伝わる速度の緩和効果

CFRTP の衝撃部背面に力が伝わる速度については、条件 B では Steel と比較して 20%から 40%程度、条件 C では約 50%から 60%以上の緩和効果が示された (Fig. 3)。実際の製品への適用を想定すると、Steel 製品では部材への軽衝撃負荷時に、部材に接している人間に「鋭く大きな力」が加わるのに対し、CFRTP 製品では「ゆったりと小さな力」が加わると考えられる。

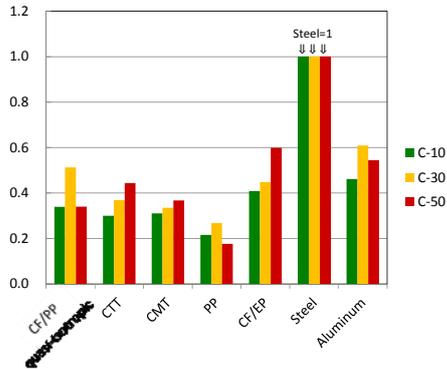


Fig. 3 Comparison of back face force rates (C-10,30,50)

#### 3.3 振動減衰特性に関する考察

片持ち梁での振動減衰特性は単体の PP が最も優れており、次いで CTT, CMT, CF/PP quasi-isotropic, Aluminum, CF/EP, Steel であった。落錘衝撃試験でも概ね同様の傾向が見られ、CF/PP は材料としての基本的な振動減衰特性に優れていることがわかった (Fig. 4)。CFRTP 製品では、接している人間が振動により感じる不快感が他の材質と比較して少ないと考えられる。

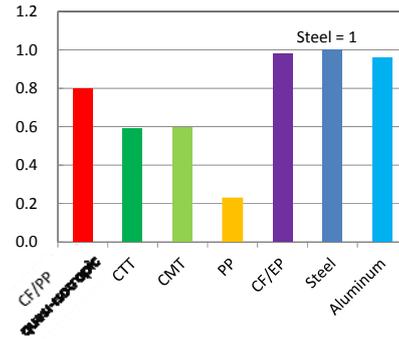


Fig. 4 Comparison of half-life of each material

### 4. FEM 解析結果・考察

軽衝撃時にストライカー側に加わる Mises 応力の最大値は Fig. 5 のようになった。このことから、部材に衝突した人間が感じる痛みや不快感は CMT の方が小さいと考えられ、CFRTP のソフトスキン効果の高さが示された。これは、CFRTP が衝突時に広い面積で荷重を受けとめ、応力分布がなだらかになるためだと考えられる。

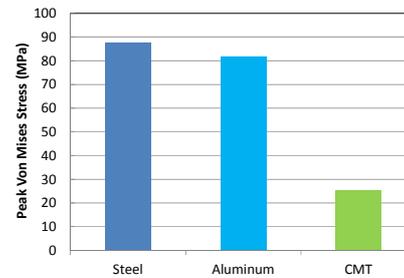


Fig. 5 Comparison of peak Von Mises stress

### 5. 結論

本研究においては、実験・FEM 解析により、CFRTP のソフトスキン効果を検証した。その結果、いずれにおいても 2.2 で挙げた指標に関して CFRTP の優位性が確認された。「人に優しい」ソフトスキン材料という付加価値として CFRTP の適用フロンティアの拡大に繋がることが期待したい。V<sub>f</sub> (Volume fraction: 繊維体積含有率) による違いや軽衝撃後の材料健全性の検討などが今後の課題として挙げられる。

### 謝辞

本研究の一部は経済産業省-NEDO プロジェクト「サステナブルハイパーコンポジット技術の開発」(平成 20~24 年度)の一環として行われたものであり、開発中の試料並びに評価装置の提供等、関係各位のご協力に謝意を表します。

### 参考文献

- [1] Suppliers of Advanced Composite Materials Association (SACMA) Recommended Test Method Compression After Impact Properties of Oriented Fiber-Resin Composites, SRM 2R-94, 1999