

## 軽量水上飛行機用 FRP フロートの耐衝撃性向上に関する基礎研究

## Basic Study on Impact-Proof Improvement of FRP Float for Light Seaplane

○熊田桂一<sup>1</sup>, 早瀬遼太<sup>1</sup>, 青木義男<sup>2</sup>, 田畑昭久<sup>2</sup>

## 1. 緒言

日本の海洋面積は、領海と排他的経済水域を合わせると約 447 万 km<sup>2</sup> にもなり、世界第 6 位の広さを誇る。この広大な日本の海洋を有効活用するためにも船舶以外で適切な輸送手段を確立することが新たに求められ、水上飛行機に注目が集まりつつある。

水上飛行機は、離着水・航行に必要な航路の確保さえ出来れば、空港建設の際に必要な莫大な資金や土地を必要とせず経済的であり、現代の重要テーマにもなっている臨海地域の埋め立てによる環境破壊の防止や離島への災害時緊急物資輸送にも貢献するとされている。

ところが現在、多くの超軽量動力機用のフロート部分には金属製やゴム製であり、重量・耐腐食性・耐海水性の面で優れているとは言えない。そこで、ガラス繊維強化プラスチック(Glass Fiber Reinforced Plastics, 以下 FRP と略す)を使用したフロートが開発されつつある。

FRP は、比強度・比剛性のみならず重量や耐腐食性に優れ、離着水によって水面接触をくり返すフロートには適切な材料といえる。また、フロートの心材を発泡材、表板を FRP のサンドイッチ構造にすることにより、更なる軽量化・耐腐食性・耐衝撃性の向上を図ることが出来、高性能な水上飛行機用フロート開発が可能となる。

本研究では、水上飛行機の離着水時挙動と動的応答を把握し、耐久性の高い FRP フロート設計に寄与するために、動的陽解法有限要素法ソフト PAM-CRASH と、その中の機能の 1 つである平滑粒子流体力学(Smoothed Particle Hydrodynamics, SPH)法を用いた動的解析を行う。本報告では、水上飛行機の着水時に FRP フロートが受ける衝撃に注目し、精度の高い FEM や SPH 法などの数値シミュレーション技術を用いてフロート部における着水挙動と垂直方向加速度応答によって耐衝撃性向上のための設計荷重条件を検討する。

なお、解析対象とした FRP 製フロートの形状寸法は、(社)強化プラスチック協会内の水上飛行機開発プロジェクトにて、超軽量動力機用フロートとして開発されたものと同様である。

## 2. フロートの構成

FRP フロートの構造は、心材に発泡スチレンと表板にガラスクロスを用いたサンドイッチ構造となっている。構成素材の詳細について以下に示す。

- (1)心材：発泡スチレン(発泡率 40 倍,比重 0.012)
- (2)表板材質：ガラスクロス MG230(日東紡績(株))
  - ①全体に積層 1 枚(0.25mm).
  - ②キール部に積層 3 枚(0.75mm) (Total 積層 4 枚) .
  - ③上面に積層 2 枚 (Total 積層 3 枚) .
- (3)隔壁板：ガラスクロス MG230(日東紡績(株))  
積層 12 枚(3mm)の GFRP 積層版の隔壁を前方から 1500mm,2000mm,2700mm の位置に 3 枚設置。
- (4)樹脂：不飽和ポリエステル樹脂
- (5)重量：片方のフロートの重量は 14.5kg(支持機構の取り付け部含む)。

また、FRP フロートの形状を Fig.1 にまた、詳細寸法を Table 1 に示す。さらに離着水時の FRP フロートに作用する荷重を Fig.2 に示す。

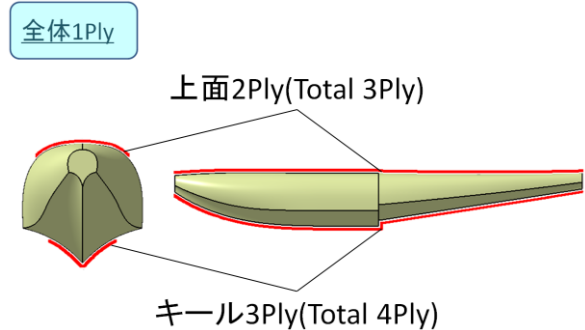


Fig.1 Symmetrical Float

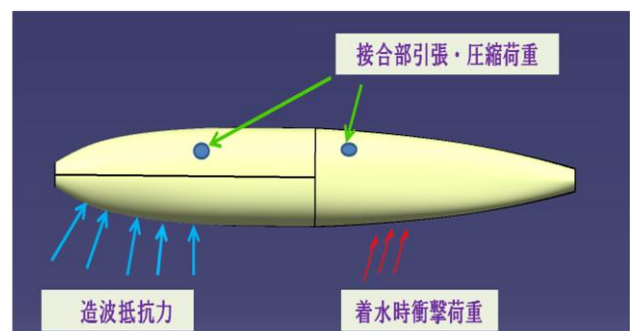


Fig.2 Load that Acts on Float

Table 1 Float Dimensions

	Total Length (mm)	Maximum Width (mm)	Maximum Height (mm)	Surface Area (m <sup>2</sup> )
Symmetrical Float	4000	523	480	491

(Displacement Volume:443 liter)

### 3. 数値解析

数値解析は水上飛行機全体の離着水挙動と FRP フロートに与える荷重条件を把握するため、Fig.3 に示すような FRP フロートを含む機体全体をモデル化した。さらに、メッシュャー(HyperMesh10.0)により要素分割し、着水領域を SPH 法により粒子化して、着水時の動的応答解析を行った。

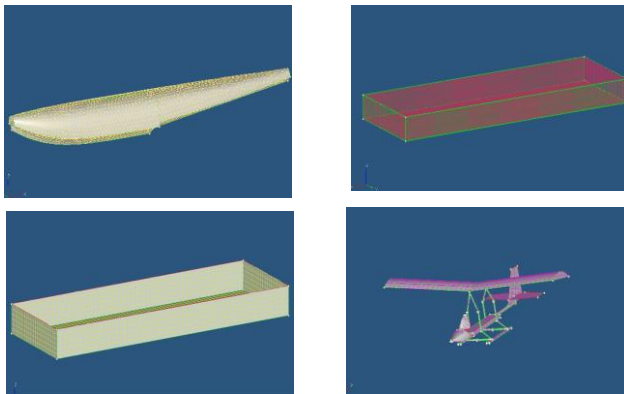


Fig.3 FEM Model

さらに解析条件についてはフロートを剛体モデルと弾性体モデルとした場合両方について以下のような負荷条件を設定した。

#### ①<剛体モデル>

- (1)対称フロート・機体は剛体として扱う。
- (2)機体に進行方向速度 10m/s、沈下速度-1m/s を与える。
- (3)着水時の水しぶきの挙動を見るために、全体として 350msec の解析をする。

#### ②<弾性体モデル>

- (1)機体は上記と同様に剛体として扱う。
- (2)機体に関して進行方向速度-18m/s と沈下速度-1.8m/s と質量 290kg を与える。
- (3)SPH 要素部分において着水面以外の周囲 5 面を shell 要素の剛体壁で囲み全自由度を拘束する。
- (4)着水時のフロート部における挙動を把握するため、機体重心部における垂直方向加速度を着水後 50msec の解析を行う。

## 4. 数値解析結果

### 4. 1. SPH 要素が剛体壁に及ぼす接触力

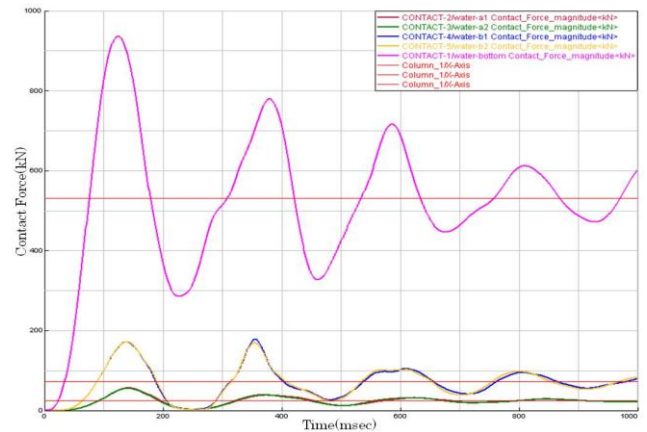


Fig.4 Contact Force

### 4. 2. 着水時の挙動

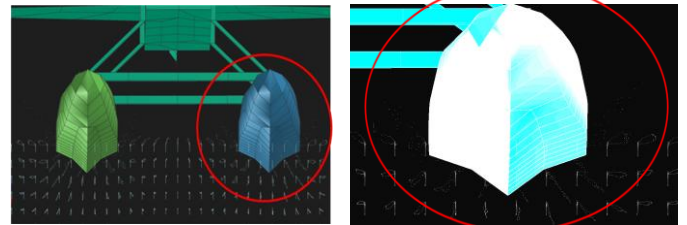


Fig.5 Front View

Fig.5 に示すように、本解析では風の状態において、様々な着水条件下での着水挙動をシミュレーションで示し、飛沫の少ない着水条件やフロート形状について確認した。

### 4. 3. 機体重心位置における垂直方向加速度変化の解析結果

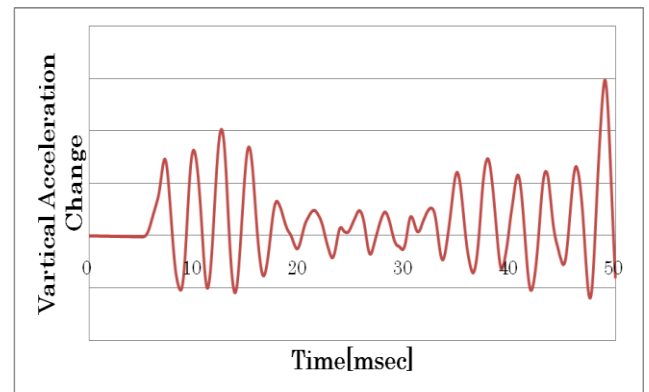


Fig.6 Acceleration in Center of gravity

## 5. 結論

1)SPH 要素の使用により、対称フロートを装備した超軽量水上飛行機の着水時挙動の解析を行い、実際の現象を再現することが可能であった。

2)フロートを弾性体として設定したモデルにおいて、フロートに作用する垂直方向加速度の変動を示すことができた。  
(参考文献：省略)