

# PS-45 熱可塑性樹脂の摩擦・摩耗特性

海上安全研究領域 危険物輸送・防災研究グループ \*前田 利雄  
大阪支所 材料研究グループ 櫻井 昭男

## 1. まえがき

ポリエチレン、ポリプロピレン等はマテリアルリサイクルが比較的容易であり、今後プレジャーボート等小型船舶への利用が急増することが考えられる。しかしながら、これらの材料は船殻材としての使用実績が少なく、経年劣化等の材料特性も明確でない。また、船体材料としての評価基準も整備されていない。このため海上技術安全研究所では日本小型船舶検査機構と共同研究を結び、これらの材料の静的強度、疲労、衝撃試験等の動的強度、並びに紫外線、温度等の環境による劣化等の基本的特性を把握するとともに、船殻材料として使用する場合の検査・設計上の留意事項を策定する研究を行った。本報告では、これらの材料を船殻材料として使用した場合の耐摩耗特性について、常態及び吸水状態で求め、各種FRPと比較検討を行ったのでその結果を報告する。

## 2. 供試材及び摩擦材

供試材には表-1に示す熱可塑性樹脂、FRP（繊維強化プラスチック）等の10種類を用いた。記号PEB及びPPFは製品用に成形したものであり、PEM、PEL及びPPSはベレットから試験用に成形したものである。またPPGはシート重量150g/m<sup>2</sup>の一方向強化プリプレグを直交積層したものである。GC、CC及びACはガラスロービングクロス、カーボクロス、アラミドクロスをそれぞれビニルエステル樹

表-1 供試材

| 記号                         | 供試材                    | 密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | デュロ<br>メータ硬<br>さHDD | 中心線<br>平均粗<br>さRa | 最大高<br>さRmax<br>(μm) |
|----------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| 熱<br>可<br>塑<br>性<br>樹<br>脂 | PEB 高密度ポリエチレン          | 0.949                      | 63.5                | 9.3               | 58.3                 |
|                            | PEM 中密度ポリエチレン          | 0.935                      | 60.9                | 0.5               | 2.0                  |
|                            | PEL 低密度ポリエチレン          | 0.926                      | 55.2                | 0.3               | 2.0                  |
|                            | PPF ポリプロピレン            | 0.901                      | 71.0                | 1.5               | 2.9                  |
|                            | PPS ポリプロピレン            | 0.892                      | 72.8                | 1.5               | 3.1                  |
|                            | PPG ガラス繊維強化<br>ポリプロピレン | 1.48                       | 78.4                | 3.1               | 23.0                 |
| F<br>R<br>P                | GC GFRP                | 1.81                       | 91.2                | 1.3               | 18.8                 |
|                            | CC CFRP                | 1.39                       | 91.8                | 2.7               | 39.0                 |
|                            | AC AFRP                | 1.24                       | 87.8                | 6.3               | 47.4                 |
|                            | VE ビニルエステル樹脂           | 1.15                       | 86.8                | 0.3               | 2.0                  |
| 相手材                        | セメントモルタル               | —                          | —                   | 26.3              | 305.0                |

脂（VE）によりハンドレイアップ成形したFRPである。摩擦・摩耗試験の相手材は市販の調合セメントを試験治具に打設し、表面をこて仕上げして使用した。なお、試験前の供試材及び相手材の表面状態は表面粗さ形状測定機を用いて調べ、その結果を表-1に示した。一体に、各供試材とも比較的滑らかであるが、PEBは表面粗さ及び最大高さともやや大きくなっている。

## 3. 試験方法

摩擦・摩耗試験はJIS K7218 プラスチックの滑り摩耗試験方法に準拠した回転式摩擦摩耗試験装置を用いて行った。これは図-1に示すディスク状の試験治具を用いて、上部ディスクに10×10×3~4（元厚）mmの試験片を取り付け、下部ディスクには相手材のセメントモルタルを取り付けて圧着加圧し、下部ディスクを回転することにより摩擦する。この時の試験荷重及び摩擦力（すべりトルク）をロードセルにより検出記録して動摩擦係数を算出した。また、摩耗試験

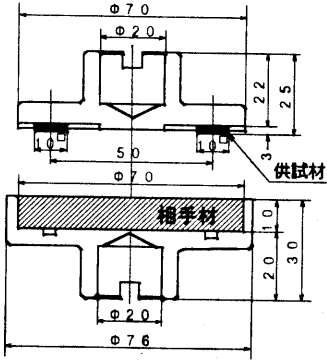


図-1 試験治具

は原則として平均滑り距離3km摩擦したときの試験前後の供試材重量を計測して摩耗量を求め、比摩耗量を算出した。試験中は圧縮空気を摩擦部に吹き付けることより試験時の摩耗粉を除去すると共に、供試材及び相手材を冷却し、試験片の発熱を防ぐようにした。また、吸水状態での試験は相手材表面2ヶ所に水道水を勢い良く注水しながら行った。

## 4. 試験結果と考察

### 4.1 摩擦特性

はじめに、常態における各供試材の動摩擦係数

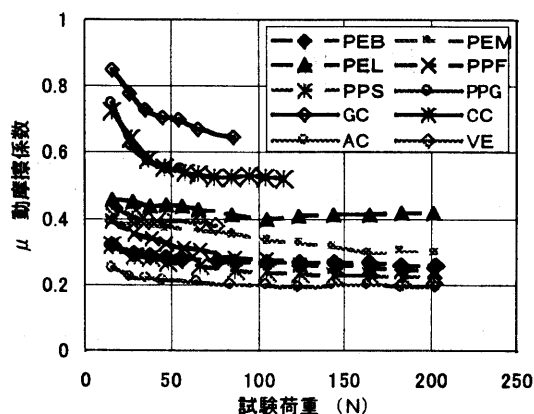


図-2 乾燥状態の動摩擦係数

を調べた結果を図-2に示す。これは滑り速度を20m/min一定にして、試験荷重を変化させて調べたものである。総じて、動摩擦係数は試験荷重の増加に伴い減少する傾向を示し、試験荷重が50N以上になるとそれほど変化が見られなくなる。動摩擦係数の供試材による違いでは、熱可塑性樹脂のPEB、PPF及びPPSが比較的小さな値を示し、FRPではACがさらに小さな値を示したが、その他のものは0.5~0.9と比較的大きくなった。

吸水状態での試験は各供試材を水道水に10日間浸漬した後、注水しながら乾燥状態と同様に行った。図-3に試験荷重50N付近の動摩擦係数を求め、常態における結果と比較して示す。吸水状態

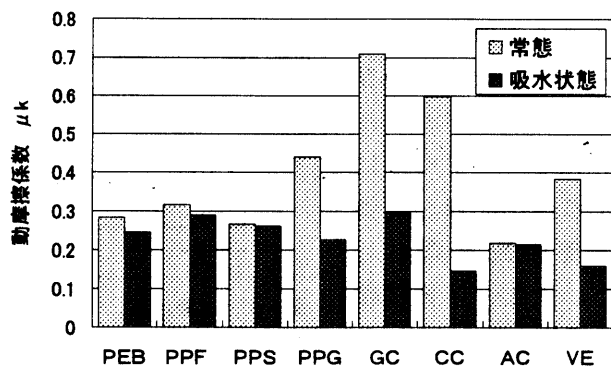


図-3 試験荷重50N付近の動摩擦係数

の動摩擦係数は一般に水が潤滑剤となるため、乾燥状態に比べて小さくなる傾向を示すが、動摩擦係数が比較的小さい熱可塑性樹脂単体の場合はそれほど差異が見られない。これに対してFRPの場合では、常態時の動摩擦係数が小さいACは殆ど差異がないが、その他の場合は吸水状態が1/2以下の値となった。

#### 4.2 摩耗特性

表2 比摩耗量(常態)

| 供試材 | 試験荷重 (N)  |           |           |           |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
|     | 49        | 98        | 196       | 294       |
| PEB | 2.17.E-08 | 3.75.E-08 | 2.87.E-08 | 3.19E-08  |
| PEM | 2.13.E-07 | 2.17.E-07 | 5.91.E-07 | ----      |
| PEL | 3.81.E-06 | 3.81.E-06 | 9.24.E-06 | ----      |
| PPF | 4.35.E-08 | 7.17.E-09 | 6.80.E-09 | 4.91.E-09 |
| PPS | 5.25.E-08 | 1.30.E-08 | 1.09.E-08 | 8.52E-09  |
| PPG | 6.30.E-05 | 6.29.E-05 | ----      | ----      |
| GC  | 1.75.E-05 | 4.80.E-05 | ----      | ----      |
| CC  | 7.62.E-07 | 1.46.E-06 | ----      | ----      |
| AC  | 2.09.E-07 | 1.42.E-07 | ----      | ----      |
| VE  | 2.44.E-06 | 3.48.E-05 | ----      | ----      |

摩耗試験は滑り速度を20m/min一定として、試験荷重を49、98、196、294Nに変化させて行い、比摩耗量を調べた。乾燥状態の結果を表-2に示す。これによると熱可塑性樹脂の場合、PEM及びPELの試験荷重196Nの比摩耗量が比較的大きくなっている。これは、PEM及びPELは他の供試材に比べて軟らかいため摩擦面が削られるような状態になったためと思われる。さらに試験荷重を294Nに大きくして試験を行ったが、削られる状況が見られ、試験時間1分(滑り距離:20m)程度で計測不能となった。その他の場合では比摩耗量の試験荷重による差異は殆ど見られない。供試材による違いではPP系のものが比較的良好な結果を示した。PE系ではPEBがPP系と遜色ない良好な結果を示している。また、FRPではACがPEMと、CCがPELと同程度で、その他はさらに1桁大きな比摩耗量を示した。

吸水状態における比摩耗量について、前述の動摩擦係数の場合と同様に常態での結果と比較して調べたが、比摩耗量も動摩擦係数の場合と類似の傾向を示し、比摩耗量は動摩擦係数に依存することがわかった。

#### 5. あとがき

熱可塑性樹脂及びFRPについて、プレジャーボート等小型船舶へ利用した場合の使用を考慮した摩擦・摩耗特性を調べ、以下のことがわかった。

- 1) 可塑性樹脂単体の動摩擦係数は0.2~0.45と小さく、FRPの1/2以下であった。
- 2) 摩耗特性は高密度ポリエチレンとポリプロピレンが同程度の良好な結果を示した。
- 3) 高密度ポリエチレン及びポリプロピレンの摩擦・摩耗特性は吸水や接触面における水膜の影響は余り受けない。