

回転翼機用降下器の研究開発

研究期間	平成15年度～17年度（3年計画）
研究機関	装備技術部 管理課装備研究プロジェクトチーム
研究者	門真 和人、馬淵 巖（平成15年度）
研究機関	海上保安試験研究センター 技術第二課
研究者	水野 壤二
研究機関	第三管区海上保安本部 羽田特殊救難隊基地
研究者	佐々木 千寿、河合 隆

概要

特殊救難隊等が回転翼機から船舶へ降下する際に使用する専用の降下器を開発した。この降下器は、ロープと降下器の摩擦による回転力発生を防止することにより、降下隊員の回転や船体構造物への絡索の危険を減少させるとともに、スライド式離脱機構により張力が作用したロープから迅速な離脱が可能となり、着船後に回転翼機に引かれることによる船体構造物への衝突や船外への転落の危険を減少させた。

目的

海上保安庁特殊救難隊等が実施している回転翼機からの降下技術は、特殊救難隊及び航空基地職員が、消防の降下技術を基本型とし、それを海上で活用できるよう試行錯誤を繰り返した結果、消防、自衛隊等の他救助機関の降下技術にはない、当庁独自の降下技術を確立したものである。

しかしながら、従来の降下技術では、以下の原因からいくつかの課題が認識されていた。

- ロープの回転、
- ・回転翼機から投下したロープの下端が振れ回り、船体構造物への絡索の危険がある。
- ・ロープの回転により降下員が回転する。
- ・ロープの回転がホイストケーブルに伝わり、ホイストケーブルが消耗するため、ホイストケーブルを伸ばして降下することができない。（降下高度の制約がある。）
- ・降下員の回転を抑制するためロープを二本束ねて使用することから、降下後にロープの縊り解消作業が必要となる。
- ロープからの離脱の困難性、
- ・ロープからの離脱が遅れ、回転翼機並びに船舶の移動及び動揺により、降下員が回転翼機に引っ張られて船体構造物への衝突や船外への転落の危険がある。

これらの問題点も回転翼機が低出力のベル 212 型機にあっては、大きな障害とはならなかったが、スーパーピューマ等の高出力の回転翼機導入に伴

い、ダウンウォッシュの影響が大きくなったことから投下したロープのふれ回りによる絡索の危険が増加するとともに、ダウンウォッシュの影響を避けるため高々度からホイストを繰り出しての降下や回転翼機を走らせながらの降下を余儀なくされることにより、上記の課題が顕著になってきた。

このため、高出力の回転翼機との連携により、効果的かつ安全に降下・吊り上げ作業を実施するには、以下の条件を満足する新たな降下技術の必要性が高まってきた。

- ロープ及び隊員の回転防止
- 船上でのロープワークの簡素化
- ロープからの離脱の迅速化

このような認識のもと、特殊救難隊の調査研究から、従来の降下技術で使用した三縊りレンジャーロープに代わり編みロープであるスタティックロープを使用することにより、ロープの張力による回転を防止するとともにロープを束ねないで一本化することが可能との調査研究結果を得た。

しかしながら、市販の降下器では、降下器との摩擦による回転力の発生、迅速なロープからの離脱が困難等スタティックロープの効果を十分に発揮する降下器が存在しなかった。

そのため、当庁の特殊用件である回転翼機から船舶への降下に対応できる専用の降下器の研究開発を行ったものである。



図1 - 回転翼機用降下器による船舶への降下

従来の降下技術

1. 従来のロープ

従来、海上保安庁が降下用ロープとして使用してきたレンジャーロープは撻りロープのため張力が作用すると撻りの解放方向に回転力が発生する。これにより降下用ロープに使用する際には以下の影響がある。

- ・回転力を減少させるため、ロープを2本束ねて使用する。
- ・ロープ端が振れ回り、船体構造物に絡索する危険が高い。
- ・降下員に回転力が伝わり、一度回転が始まると回転を止める手段がない。
- ・回転翼機のホイストケーブルに回転力が伝わりホイストケーブルが消耗する危険が高い。

2. 使用方法

従来の降下技術では、レンジャーロープを二本束ねて使用して、O型鉄カラビナを降下器に使用し、カラビナ開口部の反対側にロープを垂直軸に対し横巻きに巻いている。(図2参照)

横巻きにしているため、カラビナとロープの摩擦により回転力が発生する。

また、ロープからの離脱操作は、カラビナの安全環を回した後、左手でカラビナの開口部を開放し、ロープにゆとりを持たせて右手でロープを外している。

そのため、離脱作業に時間がかかるうえ、ロープに張力が作用した状態では離脱操作が行えないため、ロープから離脱できずに降下員が回転翼機に引きずられて船体構造物への衝突や船外に落下する危険があった。

また、離脱操作に両手を使用するため、動揺する船上でハンドレール等を手で掴み身体を確保した状態で離脱操作を行うことはできない。



図2 - 従来の降下技術

回転翼機用降下器

1. 新しいロープ

海上保安庁羽田特殊救難隊が平成12年度より降下用スタティックロープについて調査研究を行い、有効性について検証を行った。海上保安庁が使用するスタティックロープは、ナイロン製非伸縮編みロープで、以下の特長を有している。

- ・ロープ張力により回転力が発生しない。
- ・ロープの一本化が可能。(ロープワークの軽減)
- ・ロープ自重による摩擦力増加が少ない。
- ・制動時の上下振動が小さい。
- ・ロープ切断時に機体への跳ね返りが小さい。

なお、上記調査研究によれば、当庁のように繰り返し降下作業を行う場合には、コア(芯)が引き揃えタイプより綾目打ちタイプのスタティックロープ(図3参照)が適している。



図3 - スタティックロープ

2. 摩擦部の検討

ア. 摩擦方向

回転翼機用降下器では、ロープと降下器の摩擦による回転力の発生防止を大きな目的としている。既存の降下器について、回転発生状況を調査した結果、降下器の摩擦部分が垂直方向の場合には回転力が発生し、摩擦部分が水平方向の場合には回転力が発生しないことがわかった。

そこで、降下器の摩擦部分を水平軸方向に配置し、ロープと直角に摩擦させる梯子型構造が適している。(図4参照)



図4 - ロープの装着状態

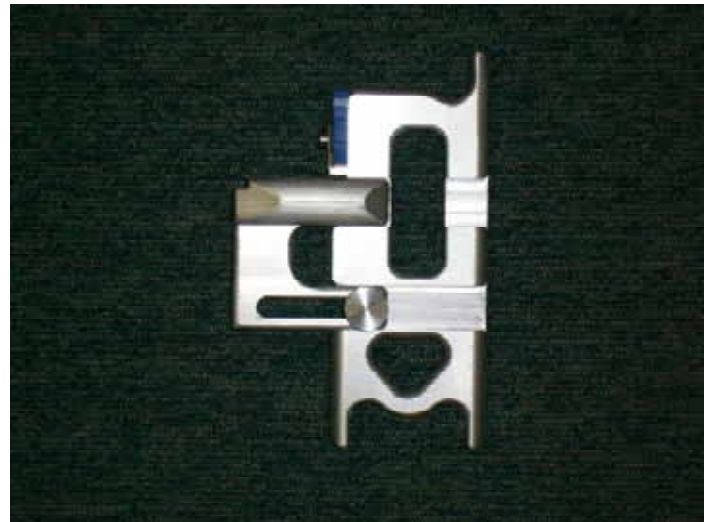


図5 - 離脱状態

イ．摩擦部の形状

レンジャーロープは三撚りのためロープ表面の凹凸が大きく、ロープテンションを調整しカラビナと強く接触させることで十分な制動力を発生させている。

海上保安庁が降下用に使用するスタティックロープは、編みロープのため表面の凹凸が小さく降下器との接触による摩擦制動力は従来の降下技術に比べ小さい。一方、ロープ径が 13mm と太く柔軟性が低いため、ロープを短い範囲で曲げることで得られる制動力を併せて利用することで、十分な制動力を得ることができる。

3．離脱機構の検討

回転翼機から船舶への降下では、気象現象による波風の影響、回転翼機のダウンウォッシュの影響により回転翼機と船舶の位置関係に変化が起こりやすい。そのため、回転翼機にロープが引かれて張力が作用し、降下器からロープが引き出され続ける。このような場合、直ちにロープから離脱しないと降下員自体が回転翼機に引きずられて船体構造物への衝突や船外への転落の危険がある。

そのため、ロープが障害とならない方向に摩擦部を移動させる構造とする必要がある。(図5参照)

4．安全性の検討

降下器の破損によりロープから降下器が外れると直ちに降下者の落下事故につながるため、安全性、信頼性を十分確保する必要がある。

そのため、1箇所が破損しても安全性や機能を維持できるフェールセーフ設計を基本として、各強度部材は両端支持構造とする等、降下器に損傷が発生しても直ちにロープから外れない構造が望ましい。

また、ロープ張力や降下者の自重がロープから外れる方向に作用しない構造が望ましい。

5．製作性

以下の理由から、降下器の材料には耐食性アルミ合金を使用し、切削加工で製造できる構造が適当である。

海難現場で使用する降下器は、海水を被る機会が多く、海水に対する耐食性を有する材料を使用する必要がある。

ナイロンを原料とする降下用ロープは降下器との摩擦熱により消耗するため、放熱性の良い材料が望ましい。

回転翼機に搭載し、降下後は降下員が携帯するため、軽量であることが望ましい。

降下器は信頼性を確保するため、また、当庁が使用する降下器は少量(数十個)のため、切削により加工することが適当である。

6. 基本構造

上記1～4を考慮した結果、回転翼機用降下器の基本構造は3段の梯子状の摩擦部を有し、中段の摩擦部をロープと直角方向にスライドさせ、離脱する構造を考案した。

主要構造は、本体、スライダ、ガイドピン及びスライド規制用の安全装置で構成されている。

本体は、縦長で縦長のロープ挿入穴、その下方にカラビナ穴が開けられ、摩擦部、カラビナ穴とも両持ち構造で安全性が高く、板材から切削加工が行える形状となっている。また、本体にはスライダ用のガイド溝、スライダとの嵌め合わせ用突起が加工されている。

スライダは、コの字型で3段の梯子型構造の中段となる摩擦部、ガイド部及びグリップ部からなり、グリップ部には本体との嵌め合わせ用穴が加工されている。

上記本体とスライダを重ね合わせ、ガイドピンで結合している。

使用状態では、スライダの摩擦部は、本体に架け渡され両持ち梯子型構造の中段となり、ロープが渡される。

離脱時には、本体のガイド溝に沿ってスライダを移動させることにより、ロープを取り外す機構になっている。

この機構は、ロープ張力が大きい場合（空中で停止している場合等）は、スライダが本体に押しつけられ、摩擦力により本体にロックされる。また、ロープ張力が小さい場合（着地後）は摩擦力が低下し離脱操作が可能となる。なお、回転翼機によりロープが引き出されている状態ではロープの張力が小さいため、ロープから離脱操作が可能である。

7. 安全装置の検討

ヘリコプターからの降下中に降下器がロープからはずれると降下員が甲板上に落下し、重大な事故につながる。また、降下後ロープから離脱できない場合、船体構造物への衝突や船外への転落の危険があるため、以下を考慮した。

- ・安全装置に荷重が作用しない。
- ・作動の信頼性が高い。
- ・一連の操作で安全装置の解除 - ロープからの離脱操作ができる。

そのため、本体左側に安全装置を取り付けスライダの移動を規制し、左手親指で上方に回転させ解除する方式を採用している。この方法は、離

脱操作以外では安全装置に力が作用することがないので安全性が高い。安全装置の移動規制体はナイロン製で留め金とボルトで固定し、移動規制体の両側にテフロン座金を取り付けている。移動規制体及びテフロン座金の弾性と滑りを利用し安定した作動を確保するとともに、ボルトの締め付け力で降下者に合わせた作動抵抗に調整できる構造としている。

なお、安全装置へのバネの使用については、バネ材の腐食、ゴミの噛み込みによる作動の不安から、採用を見送った。

8. 操作性の検討

ア. 作業姿勢用ガイド

ヘリコプターからの降下では、気象、海象による船体及び機体の移動、動揺等のため、降下途中に降下を中断し、機体を旋回させて体勢を立て直す場合があり、降下姿勢での握力による制動では体力的に長時間停止していることが困難である。また、降下員が空中で両手で作業を行う場合がある。この場合、ロープを降下器に巻き付け空中作業姿勢をとり空中に留まる。

回転翼機用降下器では、降下器の上下にガイドを設け、簡単に空中作業姿勢への移行及び確実な空中作業姿勢の実施ができる設計となっている。

イ. グリップ形状

特殊救難隊は右手でロープを握り、左手で離脱操作することから、この使用法を前提に記載する。

離脱操作では、一方の支点を縛帯と結着した降下員の腹部のカラビナとし、左手指先を小型板状のグリップにかけて握り込むことにより降下器を安定させ、スライダを左側へ引き抜くことを容易にした。

また、このグリップの設置により、スライダ摩擦部のねじり強度向上を図った。

さらに、グリップに本体の一部が嵌り込む構造として、安全機構を利用し強固に固定する構造とした。これにより、スライダと本体の取り付けについても二重化を図っている。

. 試験及び検証

1. 強度試験

回転翼機用降下器各部の安全性を検証するため引張試験を実施した。各試験箇所において十分な強度及び粘りがあり、安全性を確認した。

本体上部摩擦部 - 本体カラビナ取り付け部

38kN (上降伏点)

スライダー摩擦部 - 本体カラビナ取り付け部

53kN (上降伏点)

回転翼機用降下器を当庁業務で使用する場合には、最大降下重量は 150kg (降下員 100kg 及びその装備品最大 50kg) と推測されるが、これと比較して十分な強度を有している。

なお、海上保安庁が使用する降下用スタティックロープの破断強度は以下のとおりで、新型降下器は同等の強度が確保されている。

使用前 38.8kN

100回降下後 37.1kN

200回降下後 34.4kN

2. 降下試験

回転翼機用降下器及び降下用スタティックロープを用いて実際に特殊救難隊員が降下した際のロープに作用する荷重変動を計測し検証を行った。

特殊救難隊員 (降下者 6 名) による回転翼機用降下器使用時のロープ荷重を以下に示す。これにより降下開始から着地までの連続した荷重変動状況を把握することができた。

年 5 月から海難現場での使用を開始している。

- ・軽量者でもタイミング良く降下できる降下速度、制動力が得られている。
- ・确实迅速な降下中断作業姿勢がとれる。
- ・目的地に到着すると同時に離脱ができる。

まとめ

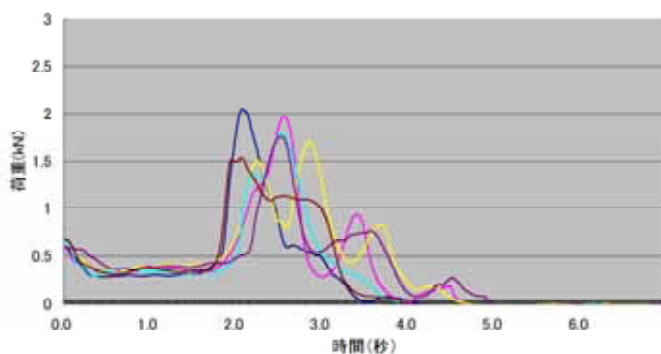
回転翼機用降下器は約 2 年の開発期間を経て、平成 17 年 5 月より特殊救難隊で出動器材として使用を開始した。特殊救難隊において十分な試行を行った後、全国の機動救難士等への普及が期待される。

回転翼機用降下器の完成及びスタティックロープの採用により、海上保安庁が行う回転翼機から船舶への降下の安全性及び能力が向上した。今後、使用を重ねていくことにより、操作性等十分な成熟を図っていきたい。

また、他の救難機関等についてもより安全で機動的な降下技術の確立のため、本研究が参考になれば幸いです。

様々な形で本研究にご協力いただいた関係者の皆様に感謝致します。

回転翼機用降下器使用時のロープ荷重 (急制動時)



上記の結果、急制動時の荷重 1.5 ~ 2.1kN

加速時の荷重 0.25 ~ 0.4 k N

であった。

この値は従来使用していたカラビナとレンジャーロープを用いた降下技術と同等であり、従来と同等の制動力及び加速性能を得られたことが検証できた。

また、急制動時の荷重はアの強度試験で得られた強度に対し十分小さく、安全性が確認された。

3. 実機試験

特殊救難隊員による回転翼機からの降下試験を実施した。

特殊救難隊の評価は以下のとおりで、平成 17