

平良港避難泊地における把駐力確認現地実験

In situ experiment for anchor holding power confirmation in the Hirara Port harbor shelter

松下泰弘*・加納敏幸**・山谷弘幸***

MATSUSHITA, Yasuhiro, KANO, Toshiyuki and YAMAYA, Hiroyuki

* (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 研究員

** 前(財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 主任研究員

*** (財) 沿岸開発技術研究センター 第一調査部長

The development of Hirara Port, located in the northwestern part of Miyako Island (Okinawa Prefecture), as a harbor shelter has been progressing. We conducted full-scale tests to confirm the degree of holding power in the harbor shelter.

Key Words : holding power, harbor shelter, anchor

1. はじめに

沖縄県は島しょ県であり、消費物資を扱う本州や九州と沖縄本島および県内の群島を往復する定期船の役割は県民生活の基盤を支える上で重要である。一方、沖縄県は台風の常襲地域である。また、台風の規模が大きく、進行速度が遅いため、台風の襲来があれば船舶は九州の有明海や奄美諸島での避泊を余儀なくされている。

このような背景から、宮古島の北西部に位置する平良港において、避難泊地としての整備が進められている。

当センターは、沖縄総合事務局平良港湾工事事務所より平良港避難泊地計画検討調査を受託した。船舶が安全に避泊できることを評価するためには、投錨した際にどの程度の把駐力が得られるかが重要な要素となる。この把駐力は、底質や錨の種類により異なる。また、泊地の錨かき分布が把握できていれば、避泊する際に有益な情報となる。そこで、泊地における錨かきの程度を確認するために現地実験を行った。本論文では、その概要について述べる。

2. 実験概要

2.1 実験内容

はじめに、避難泊地全域の錨かきの程度を把握するために、標準錨を用いてタグボートで網羅的に引張実験を行なった。標準錨は東京大学生産技術研究所の浦教授が開発し提案された、安定性が高く重量が0.235kNと取扱いやすい錨である¹⁾。次に、避難泊地中央付近で10.584kNのJIS型ストックレスアンカー（以下、JIS型錨と呼ぶ）及びAC-14型高把駐力アンカー（以下、AC-14錨と呼ぶ）を用いて実験を行なった。実験は平成12年10月30日から5日間で行う予定だったが、台風の影響により実施が困難になったため、10月31日で中断し、避難泊地中央付

近での引張実験は、平成13年1月29日～2月1日に行った。実験に使用した錨を写真-1、2に示す。



写真-1 標準錨



写真-2 JIS型錨

2.2 避難泊地全域での実験

避難泊地全域での実験（第1回実験）は、平成12年10月30日に2回、31日に8回の合計10回行った。

標準錨をクレモナロープで繋ぎ、50kN用の張力計をタグボート側のロープ端部に設置した。ロープの長さはスコープ角（海底とワイヤーのなす角度）が約5°となるように250mとした。

タグボートをできるだけ低速（1m/s程度）で前進させ、標準錨を引張りながら張力を計測した。計測場所と張力との関係を把握するために、張力データと同時にGPSの緯度・経度のデータも測定した。これらのデータは2Hzのサンプリングでパソコンに記録した。実験における投錨点及びタグボートの航跡を図-1に示す。

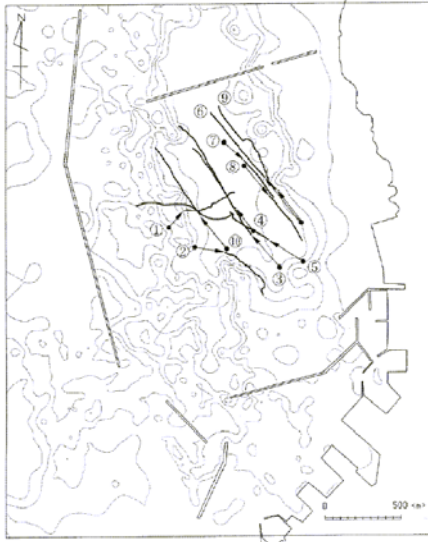


図-1 投錨地点とタグボートの航跡図

2.3 避難泊地中央付近での実験

避難泊地中央付近での実験（第2回実験）は、平成13年1月30日と1月31日に実施した。第2回実験はJIS型錨とAC-14型錨の実験を中心に行ったが、把駐力の相関を把握するために、標準錨の実験も同様に行った。実験配置図を図-2、3に示す。

はじめに、標準錨の実験結果を参考に泊地中央付近で把駐力が高い場所を選定し、投錨位置を基準に実験当日の風向き等を考慮して、引張方向を決定した。

安定した引張力を得るため、機関は使用せず、揚錨船のウインチで反力ワイヤーを巻き取り、揚錨船を移動させ供試錨を引張った。計測は引張速度を変化させて数回おこなった。

張力（把駐力）はチェーンのカテナリー及び地鎖の影響を把握するために、チェーンの気中部および水中部に張力計を取り付けて計測した。この時の錨の挙動をポテンシオメーターで直接計測した。張力データと同時にGPSの緯度・経度のデータも記録した。計測データの同期はGPSのUTC（Coordination Universal Time）の時間データをもとに行った。これらのデータは10Hzのサンプリングでパソコンに記録した。この時の錨の挙動を海底に固定した超音波位置検出装置（SEABAT）及び水中ロボットカメラ（ROV）で撮影した。

3. 実験結果

3.1 避難泊地全域での実験結果

第1回実験の把駐力データの一例を図-4に示す。横軸に示した距離はタグボート上で測定したGPSデータから逆算した船の移動距離である。

標準錨の把駐力評価には把駐力データのピーク値を採用することとした。ただし、サンゴ等への根がかりが原因と考えられる5kNを超えるような極端に大きなピーク値は評価の対象外とした。

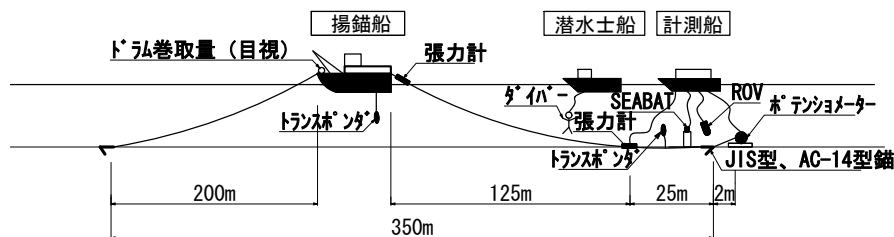


図-2 第2回実験時の配置図

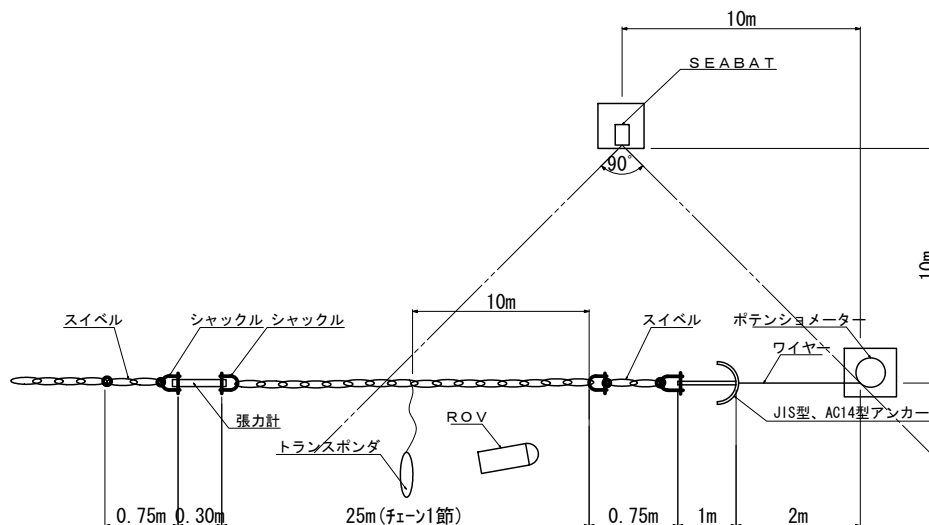


図-3 第2回実験時の海底での配置図

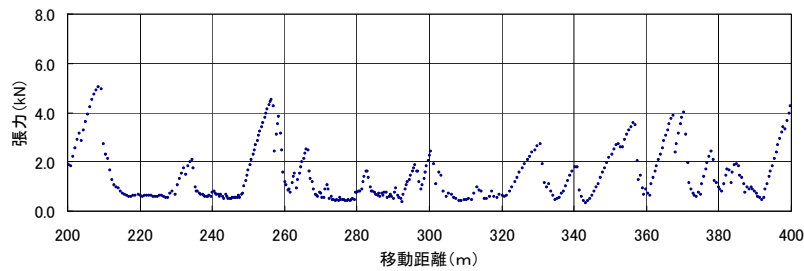


図-4 第1回実験時の計測データの一例

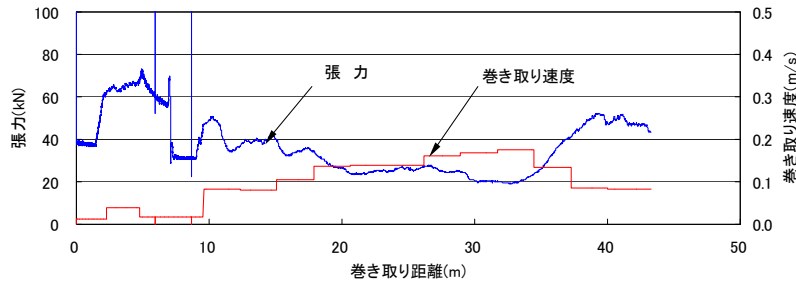


図-5 第2回実験時の計測データの一例

3.2 避難泊地中央での実験結果

JIS 型錨及び AC-14 型錨では、錨の移動量を正確に把握するために、海底にポテンシオメーターを設置して移動量を直接計測した。ただし、ポテンシオメーターの計測可能範囲が 15m であるため、反力ワイヤーを巻取るドラムの回転数からも移動量を算出した。計測結果は時間との関係で出力されるが、移動距離と把駐力の関係で整理した。第2回実験時の計測データの一例を図-5 に示す。また、計測結果から張力のピーク値の部分抜き出して整理した結果を図-6 に示す。

第2回実験ではアンカーの移動の状態を確認するために ROV と SEABAT により撮影を行なった。その画像を写真-3、及び写真-4 に示す。

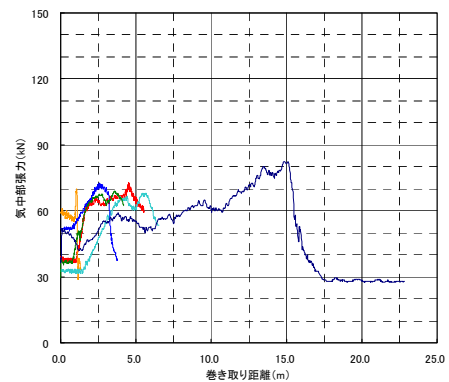


図-6 把駐力と巻取距離との関係 (JIS 型錨)

4. 実験結果の解析

4.1 把駐係数の算出

張力 (把駐力) のピーク値をもとに、把駐係数 (把駐力/錨重量) を算出した。なお、JIS 型錨と AC-14 型錨はチェーン重量の影響を除くために、(1)式のように把駐係数を算出した。把駐係数と巻取速度の関係を図-7 に示す。

$$\lambda = (T - W_c - P_c) / W_a \quad (1)$$

ここで

λ : 把駐係数

T : 気中部張力 (kN)

W_c : チェーン重量 ($=h \times w_c$)

h : 水深 (28m)

w_c : チェーンの単位長さ当りの水中重量 (0.256kN/m)

P_c : 地鎖摩擦力 (kN) ($=L_c \times w_c \times \mu$)



写真-3 ROV で撮影した海底の JIS 型錨



写真-4 SEABAT で撮影した海底の AC-14 型錨

L_c : 地鎖長さ (m) : カテナリー理論により算出
 μ : 海底の摩擦係数 (0.75)
 W_a : 錨の重量 (kN)

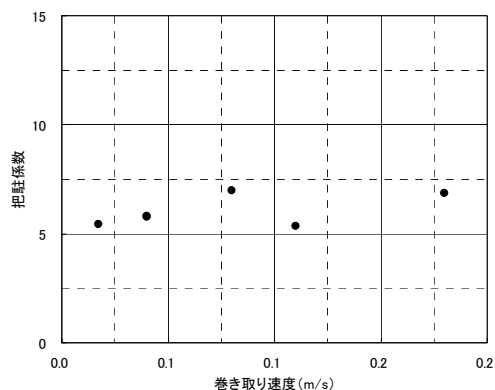


図-7 把駐係数と巻取速度の関係 (JIS 型錨)

4.2 標準錨と JIS 型錨及び AC-14 型錨との相関

第 2 回実験の結果, 標準錨・JIS 型錨・AC-14 型錨の平均把駐係数はそれぞれ 8.4, 6.0, 9.1 であった。

JIS 型錨の標準的な把駐係数は, 3.5 程度 といわれている²⁾. そこで JIS 型錨の実験結果のバラツキを考慮して, 把駐係数 3.5 を基準に正規分布の 2σ を各ランクに適用した. 表-1 に把駐係数の区分を示す。

表-1 把駐係数の区分

錨の種類	良くない	普通	よい	非常に良い
標準錨	～3.9	3.9～5.9	5.9～6.9	6.9～
JIS型錨	～2.8	2.8～4.2	4.2～4.9	4.9～
AC-14型錨	～4.2	4.2～6.4	6.4～7.4	7.4～

4.3 避難泊地の把駐力分布

第 1 回実験の標準錨による張力の計測結果をもとに, 図-8 に示す平良港避難泊地の把駐力分布図を以下のような手順で作成した。

- ①評価を行うデータのピーク値を抽出する。ただし, 5kN を超えるピーク値は, サンゴ等への根がかりが原因と考えられるので除外した。
- ②把駐力データの抽出点の水深を海図から求める。
- ③ワイヤー長 250m と水深データをもとに, 把駐力データのスコープ角 (海底とワイヤーのなす角度) を算出した。(スコープ角によって把駐力が変化するため, 把駐力データの補正を行った。)
- ④抽出した把駐力データを 50m 間隔の格子にふり分け, データ解析範囲を決める。
- ⑤把駐力データが得られていない部分に, 内挿補間によって把駐力データを与える。

5. おわりに

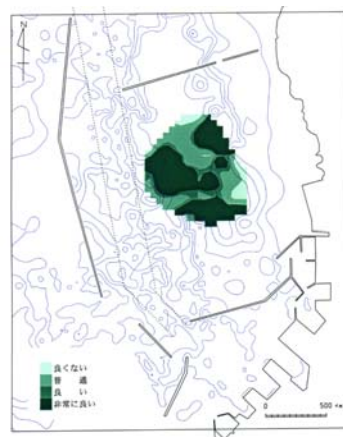


図-8 平良港避難泊地における把駐力分布図

把駐力確認のための実海域実験を行った。その結果, 避難泊地の中央付近では, 把駐力係数は平均して JIS 型錨で 6 程度, AC-14 型錨で 9 程度あることがわかった。この時の錨の移動量をポテンシオメーターにより直接計測できた。また, ROV と SEABAT によりアンカーの挙動を映像で確認することができた。今後, さらにポテンシオメーターによる錨の移動量などの計測データの解析を行ない, 錨の挙動と把駐力の関係を整理する予定である。

さらに, 標準錨を用いて避難泊地全体の把駐力の計測も行ない, その結果をもとに把駐力分布図を作成した。JIS 型錨の把駐係数は普通 3～4 といわれており, 平良港の水深 25m 以上の領域は把駐力が高く, 避泊に適していることがわかった。今後, 実験結果をもとに, 暴風時の振れ廻り運動の数値シミュレーション結果や, ヒアリング調査に平良港での避泊実績を考慮して避泊条件を整理し, 避泊マップを作成する予定である。また, 他の避難泊地の評価手法としても, 活用できればと考えている。

謝辞

本論文は, 沖縄総合事務局平良港湾工事事務所の「平成 12 年度 平良港避難泊地計画検討調査報告書」をもとにまとめたものである。実験にあたり, 東京商船大学の天津皓平副学長, 東京大学生産技術研究所の浦環教授, 能勢義昭助手にご指導を頂いた。また, 現地計測では, 佐伯建設工業株式会社宮古島工事事務所, 株式会社三井造船昭島研究所, 株式会社エコー, 株式会社共和電業, 株式会社東陽テクニカ等の多くの方々にご協力頂いた。これらの方々に深く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 浦 環, 能勢義昭: 完全安定型海洋作業用アンカーの研究と開発, 第 32 回海岸工学講演会論文集, pp. 692-696, 1985.
- 2) 本田啓之: 操船通論, 成山堂書店, pp111-112, 1998.