

## 離島港湾における荒天時に非接岸係留された船舶の安全性に関する基礎的研究 Fundamental study on safety of non-berth moored ship at stormy weather in remote island ports

○宮下奈々恵<sup>1</sup>, 増田光一<sup>2</sup>, 居駒知樹<sup>2</sup>, 恵藤浩朗<sup>2</sup>

\*Nanae Miyashita<sup>1</sup>, Koichi Masuda<sup>2</sup>, Tomoki Ikoma<sup>2</sup>, Hiroaki Eto<sup>2</sup>

Ships moored at remote island harbors are always subjected to severe waves. Therefore, it is difficult for the ship to moor in a general method of mooring. The method of mooring the ship in remote island harbors is mooring away from the quay. And, this uses the mooring buoys set on the offshore side. This is non-berth mooring. However, the safety of the ship during stormy weather has not been confirmed.

In this research, for the ports of Minami-Daito Island located in the east of the main island of Okinawa, we studied by two-dimensional numerical simulation by MPS method. We examined the maximum fluctuation amount and the break of the mooring tether. As a result, it was confirmed that it is difficult to moor the ship when the wave height is high.

### 1. 諸言

近年、海洋が有するエネルギーや資源を積極的に利活用するための開発拠点として、離島が注目されている。離島での活動を促進させるためには、物資の輸送が円滑に行われることが求められる。離島への物資の輸送は主に船舶を利用しているが、離島の港湾は、周辺の地形条件より防波堤の整備が困難であることによって、常時、厳しい波浪に見舞われる。そのため、一般的な係留方法では船舶を係留しておくことが難しい。よって、船舶を岸壁から離し、岸壁上の係船柱と沖側に設けた係船浮標を用いた非接岸係留を採用している。しかし、より厳しい波浪条件下である荒天時では、船舶の安全を確保できておらず、船舶の係留方法について検討が必要である。

本研究では、南大東島の港湾を対象として、荒天時における非接岸係留された船舶の安全性についてMPS法を用いて2次元数値シミュレーションを行い、船舶の最大動揺量、係留索破断の有無について検討した。

### 2. 対象港湾

#### (1) 南大東島

南大東島は、沖縄本島の東方約340kmの太平洋上に位置する大東諸島の3つの島の中の1つである。沖縄本島と大東諸島とは、貨物の輸送をするために貨客船である「だいとう」(総トン数690GT, 全長83.62m)が週に1~2便運航されているが、厳しい海象条件によって、欠航することが多い。

#### (2) 対象岸壁

南大東島では、厳しい海象条件であることから船舶の接岸時、そのときの風向、波浪条件によって3つの

港の岸壁を使い分けている。本研究では、西港の岸壁を係留施設として設定する。

#### (3) 船舶の係留方法

南大東島では、防波堤が整備されていないため、外洋性の波浪が係留施設である岸壁に直接作用する。そのため、一般的な岸壁係留では、船舶の動揺が激しく、岸壁に船舶が衝突する事故が発生する。船舶の損傷を防ぐために、岸壁上の4か所の係船柱とともに沖合に設置された2か所の係船浮標に係留索を繋ぐことで船舶を係留している(Figure 1)。このとき、船舶は岸壁から5~10m程離して係留される。

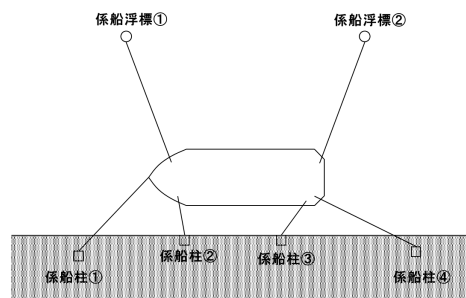


Figure 1. Outline of mooring method

### 3. 数値シミュレーション

#### (1) MPS法

本研究で使用するMPS(Moving Particle Semi-implicit)法プログラム内では係留索は線形ばねでモデル化されている。MPS法の具体的な離散化および各モデル化については、増田らの論文<sup>[1]</sup>に詳細が記載されているため割愛する。

#### (2) 船舶条件

対象船舶は、貨客船「だいとう」とする。型幅13.5m, 型深さ7.0m, 喫水4.0m(満載)と設定する。

1: 日大理工・院(前)・海建 2: 日大理工・教員・海建

(3) 係留条件

南大東島の対象岸壁は、西港岸壁である。Figure 2 に係留索の配置を示す。船舶は、岸壁側の 4 か所の係船柱と船舶を繋ぐ索を Line1, 船舶と沖側の 2 か所の係船浮標を繋ぐ索 Line2 とし、全部で 6 本の係留索により係留される。係船浮標の位置保持方法としては、海底シンカーを想定し、海底と係船浮標を繋いでいる (Line3)。

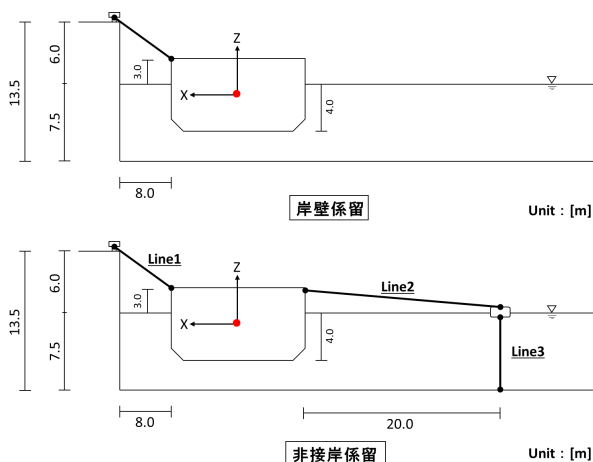


Figure 2. Calculation arrangement

船舶の係留索は、ダイニーマとパイレンマルチを組み合わせた高強度索を使用し、索径 65mm, 破断張力 520kN である。係船浮標と海底シンカーの係留索は、ワイヤーロープを使用し、索径 100mm, 破断張力 4940kN である。

(4) 波浪条件

荒天時における波浪条件は、警報・注意報発表基準一覧表<sup>[2]</sup>を参考にして、波高の設定を行った。波高は、 $h=1.0\text{m}$ , 荒天時として注意報発表基準である  $h=3.0\text{m}$ , 警報発表基準である  $h=6.0\text{m}$  として設定した。

造波方法は、岸壁から 400m の地点にピストン式造波板を設置し、孤立波を造波した。

(5) 計算諸元

本数値シミュレーションは、粒子間距離は 0.5m とし、総粒子数は 11,251 個である。なお、計算時間は 50.0s, 計算刻みは 0.01s とした。

(6) 係留索破断の有無についての比較

各係留索における係留索破断の有無について Table 1 に示す。

$h=3.0\text{m}$  では、岸壁と船舶を係留している索(Line1)は破断したが、係船浮標に繋がる索(Line2, 3)は破断しないことを確認した。 $h=6.0\text{m}$  の高波高時では、全ての索が破断してしまった。

Table 1. Table of mooring tether break

		$h=1.0\text{m}$	$h=3.0\text{m}$	$h=6.0\text{m}$
岸壁係留		○	×	×
非接岸係留	Line1	○	×	×
	Line2	○	○	×
	Line3	○	○	×

○ : 非破断, × : 破断

(7) 最大動揺量の比較

Table 2 に船舶の重心位置における SWAY(X 方向)と HEAVE(Z 方向)の最大動揺量を示す。

$h=6.0\text{m}$  の高波高時には、動揺量が非常に大きく、船舶が岸壁に衝突してしまうとともに、岸壁に乗り上がりそうになる現象を確認した。岸壁係留と非接岸係留を比較すると、非接岸係留により、動揺量は低減していることを確認したが、動揺量は大きく、船舶の位置保持ができていないため対策が必要であると考え。

Table 2. Comparison of maximum displacement of ship

		$h=1.0\text{m}$	$h=3.0\text{m}$	$h=6.0\text{m}$
SWAY	岸壁係留	2.8m	5.7m	8.1m
	非接岸係留	2.4m	5.4m	8.8m
HEAVE	岸壁係留	1.8m	3.7m	11.0m
	非接岸係留	0.9m	2.8m	10.3m

4. 結言

本研究では、非接岸係留された船舶の最大動揺量、係留索破断の有無について検討を行い、以下のような知見を得た。

1) 高波高時において、係船浮標自体を係留している索が破断してしまうため、船舶を係留しておくことは困難である。

2) 荒天時では、船舶は非接岸係留されていても動揺量が大きく、岸壁と接触してしまうため、船舶の損傷、乗り上がり等の事故が発生する。

今後は、波浪条件として規則波、不規則波を対象とした検討を行い、非接岸係留された船舶の動揺特性を把握していく必要があると考える。

5. 参考文献

[1] 増田光一, 居駒知樹, 樋口直人, 村田一城 : 「MPS 法による津波中の岸壁係留された浮体式構造物の挙動特性に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 14 号, pp.65-68, 2012.

[2] 南大東島地方気象台 : 「警報・注意報発表基準一覧表」, 平成 29 年 7 月 7 日現在, 2017.