

片爪アンカーの挙動の研究(その2)

Behaviors of Anchor with a Single Fixed Fluke (2nd Report)

浦 環*・能 勢 義 昭*

Tamaki URA and Yoshiaki NOSE

1. はじめに

一時的であれ恒久的であれ、いわゆる船ではなくて海上に係留せねばならないものは多い。たとえば、作業台船・海底石油試掘りグ・燈浮標・ブイ・定置網や浮き生簀などの漁業用諸設備・浮き消波装置など大小いろいろとある。前報¹⁾にも述べたとおり、これらに係留するためのアンカーとしては、いわゆる船用ストックレス・アンカーは不適當であり、より効率の良い片爪アンカーが用いられることが望まれる。前報では最大把駐力と完全安定性に重点を置いた片爪アンカー (ARS Single Fluke Anchor と呼んでおく) について述べたが、今回はアンカーが斜め上方より引かれた場合にも十分な効果の発揮できるアンカーについて検討する。小型船や漁具の係留あるいはホーサーやワイヤーを用いて係留する場合には、図1に示すようにスコープ角が30°程度になる場合もあり、斜め上方から引かれたときのアンカーの特性は重要であり、また、シンカーと共用したときのアンカー・シンカー系の設計思想を良く検討する必要がある。

なお、ここではスコープ角 α を索長 L と水深 h とで定義される

$$\sin \alpha = h/L$$

とし、アンカー・シャックルに索鎖類より作用する力の方向は β で表して区別する。ただし、索にアンカーを直接結べば $\alpha = \beta$ である。

2. 最大把駐力特性

まず、解りやすくするため、アンカーを直接索で結ぶ

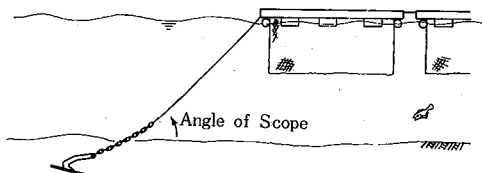


図1 Short Scope Mooring

場合を想定する。

Short Scopeすなわち大角度で斜め上方より引かれても十分に大きな把駐力が得られるアンカーを設計するには、把駐力の鉛直成分を発生させるメカニズムを検討せねばならない。貫入初期にアンカーの後方が押し下げられるような力を発生させ、Short Scopeであっても深い貫入量が達成できれば、爪面上の海底土のかぶり量が増大し、鉛直方向の抵抗が大きくなる。これを実現するために、

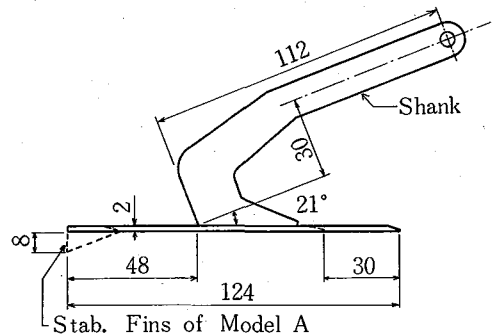
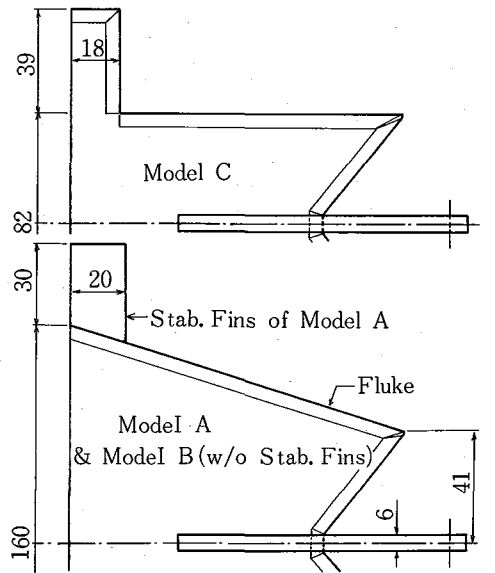


図2 Models

* 東京大学生産技術研究所 第2部

1. 爪面積を大きくする.
2. 爪面と水平面となす角が小さくなるようにする.
3. シャンクの付け根後方の爪面積を増す.

という対策を考える. また, 軽量化・小型化するためにシャンクは可能な限り短くする.

用いたモデルは図2に示すA・B・Cの3体である. Bが基本型で, Aは三角断面の薄いスタビライザーを左右に取り付け, 安定性を改善し, Cは爪面積を減らし後方に張り出しを残している. B・Cでは安定性をスタビライザーという観点からは考慮していない. アンカー重量はそれぞれ, 0.382 kg^f , 0.300 kg^f , 0.250 kg^f である.

これらのアンカーが土中を移動するとき土から受け

る力は著者^{2),3)}らが提案している算定式で略算できるが, ここではアンカーを乾燥砂中を一定の姿勢で水平に移動させ, 実験的に検討する. 図3は装置の概要で, 移動台車に取り付けた模型を定速で移動させ, 作用する力の6成分を計測した.

図4は進行方向に左右対称な姿勢にある各アンカーに作用する力をベクトル表示している. シャンクに作用する力も含まれているが, 便宜上, 全体として爪面に作用しているように表してある. ただし, 爪面上でシャンク取り付け部後端を基準点に取り, そこでの深さ D を 6 cm と一定にし, 爪面と水平面となす角 θ を 21° , 13.5° , 6° と3通りに変えて実験を行った.

$\theta = 21^\circ$, 13.5° の場合にAのスタビライザーはその効果を示さず, それぞれの姿勢で各アンカーに作用する力に大きな差はなく, いずれのモデルもアンカー後方に大きな負の揚力が作用している. $\theta = 6^\circ$ となるとスタビライザー下面に作用する力が大きくなり, 正の揚力が発生するため, AではB・Cとは異なる方向に力が作用する. したがって, AのモデルはB・Cに比べて最大把駐力は劣るが, 安定性は良くなると考えられる.

図5はアンカー・シャックル端に作用する力の方向 β と把駐力 H との関係を示したものである. ただし, アンカーの空中重量 W_a で割り無次元化している. 実験では, 図中に示されるように水深に対応する h を一定とし, 索長 L を変え, 索端を水平に移動させ張力およびアンカーの姿勢 (基準点の深さ D , 爪面の角度 θ) とを計測した. 図6に D および θ を示す.

図5より, β が 15° 以下ではA・B・C各モデルとも把駐力において大差はないが, β が 30° 程度ではAは若干劣る. これは先に述べた理由によるもので, 図6に示されるように, 貫入深さ D がAでは他よりも小さくなっている. ただし, 爪面の水平面となす角 θ は $5^\circ \sim 6^\circ$ でB・Cに比べて大きい. 図5には他の代表的なアンカーを用いた結果を示してある. 同様に乾燥した砂中での実験結果であるため, 性能として比較可能である.⁴⁾ だ

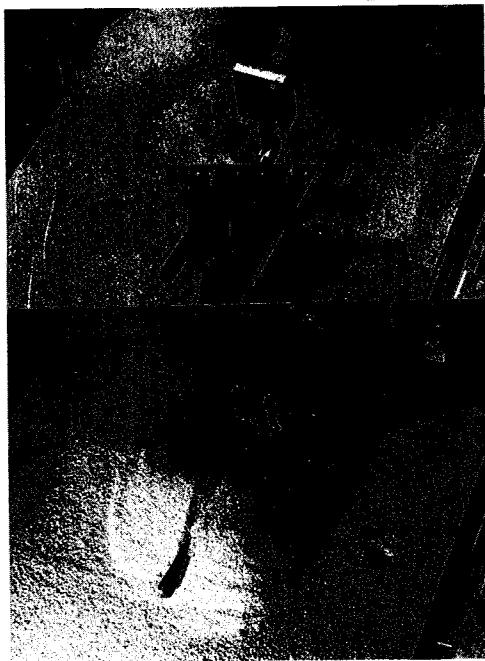


図3 Model A Fixed at the Carriage

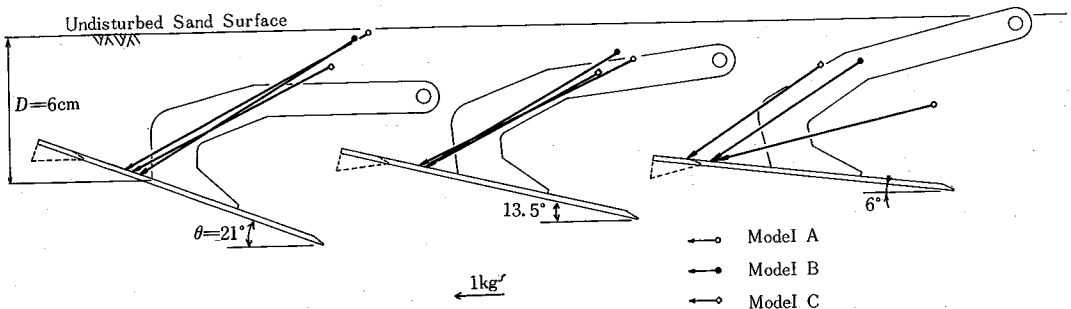


図4 Soil Loading

研究速報

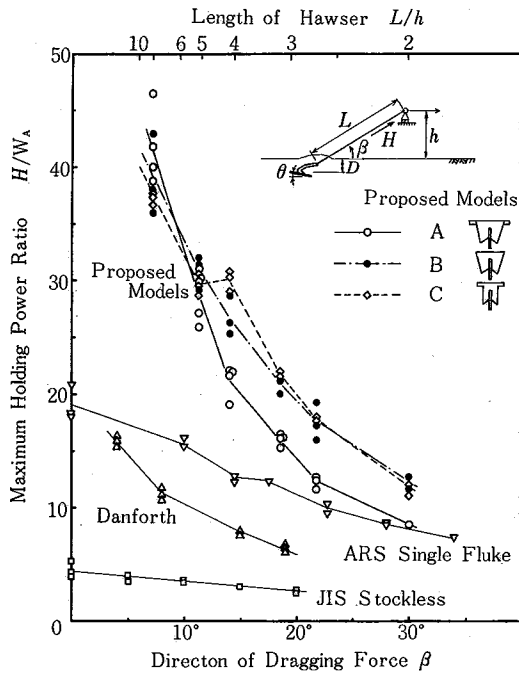


図5 Maximum Holding Power

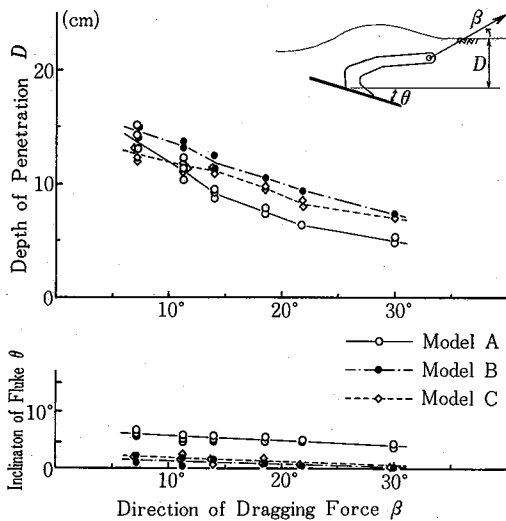


図6 Depth of Penetration and Inclination of Fluke

し、ARS Single Fluke Anchor はジュラルミン製であることに注意しておく。

3. 安定性

図3に示される装置を用いて、アンカーを進行方向の軸まわりに回転させ、作用する復元モーメントを計測した。ただし、回転軸は先に述べた基準点を通るものとし、

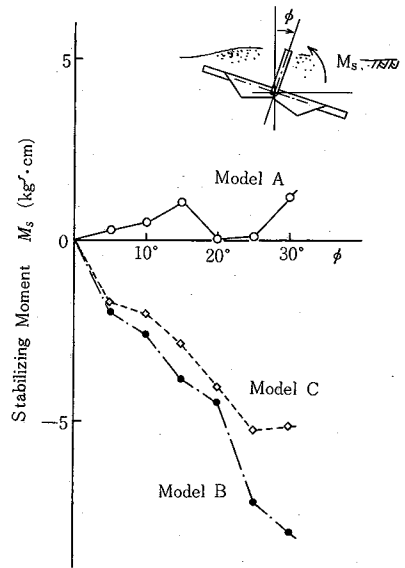


図7 Stabilizing Moment

図6の結果を考慮して、その深さ D を 6 cm 、爪面の水平面となす角 θ を 6° とした。結果は図7に示される。ここで、鉛直方向および水平方向の力は、それにつり合う力がシャック端に索鎖より働くものと考えて、復元モーメント M_s を修正している。すなわち、深さ D を一定として、シャック端を通る進行方向の軸まわりにアンカーを回転させ、土から受ける復元モーメントを計測したことに等しい。

図7より、復元性を考慮していない $B \cdot C$ モデルでは水平に引かれた場合の安定性は必ずしも良くないが、 A モデルではスタビライザーの効果により安定性が改善されている。ただし、自重による復元モーメントは無視している。斜め方向に引かれた場合の安定性をここでは検討していないが、水平に引いた場合と若干異なるので、今後検討を要する。

4. アンカーとシンカーの併用

ここで検討されているアンカーは Short Scope でこれまでのアンカーに比較して十分に好ましい性質を持っているが、より信頼性の高い係留システムを作るには、シンカーと併用されることが望まれる。ただし、この場合施工上の問題をよく検討せねばならない。

図8に示されるように、水中重量 W_s^* のシンカーを取り付ける。シンカーとアンカーとは水深に比較して無視できる長さの索鎖類で結ばれているとする。また、アンカーの引張り方向に対する性能を近似的に、

$$H = H_0(1 - A\beta) \quad (1)$$

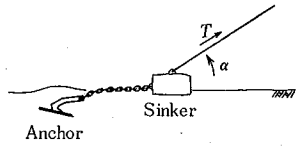


図8 Anchor-Sinker System

表1 Characteristics of Anchors

モデル	最大把駐力係数 H_0/W_A	減少係数 $A(1/\text{deg})$
A	48	0.028
B・C	46	0.025
ARS Single Fluke	18.5	0.019
Danforth	18	0.032
JIS Stockless	4.3	0.021

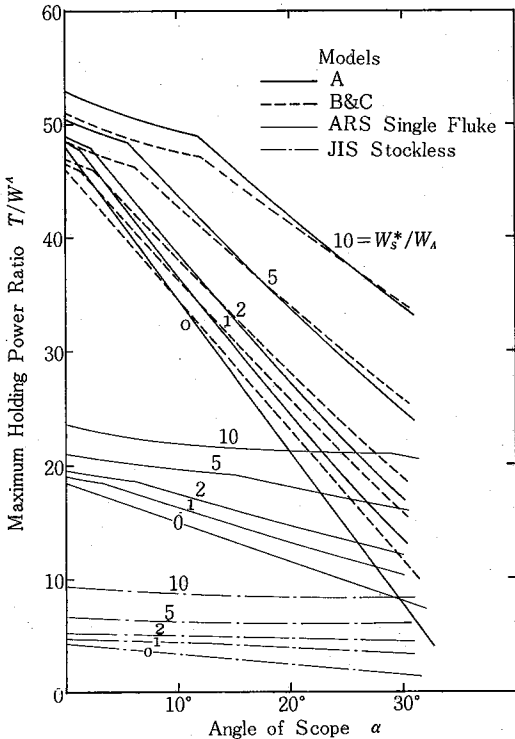


図9 Maximum Tension of Anchor-Sinker System

と表す。 H_0 は水平に引かれたときの最大把駐力であり、 A は把駐力減少係数である。図5の乾燥砂に対する実験により表1の値が各アンカーに与えられる。 T を最大係留張力とすれば、シンカーに関する平衡方程式から、スコープ角 α に対して次式が得られる。

$T \sin \alpha \leq W_s^*$ の場合

$$T \cos \alpha = \mu (W_s^* - T \sin \alpha) + H_0 \quad (2)$$

$T \sin \alpha > W_s^*$ の場合

$$\begin{cases} T \cos \alpha = H \cos \beta \\ T \sin \alpha - W_s^* = H \sin \beta \end{cases} \quad (3)$$

ここで μ は海底とシンカーの摩擦係数である。シンカーのみでアンカーのない場合には、

$$T = \mu W_s^* / (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)$$

(2)式あるいは(3)式に(1)式を代入し、線型化して解けば、近似式として、

$$T = (H_0 + \mu W_s^*) / (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) \quad (4)$$

あるいは

$$T = (H_0 + \frac{180}{\pi} A W_s^*) / (\cos \alpha + \frac{180}{\pi} A \sin \alpha) \quad (A: \text{in } 1/\text{deg}) \quad (5)$$

が得られる。(4),(5)式で与えられる T の小さい方が求めるものである。

今 $\mu = 0.5$ とすれば、 T はシンカー・アンカー重量比 W_s^*/W_A をパラメータとして求まる。表1の値を代入して、(2),(3)式より最大係留張力 T が各アンカーに対して得られる。結果を図9に示す。これより、A・B・C各モデルでは、アンカー重量の約10倍程度の水中重量を持つシンカーを取り付けることにより、スコープ角 $\alpha = 30^\circ$ での最大係留張力は格段に向上することが示される。

なお、

$$W_s^* = H_0 \tan \alpha$$

とすると、シンカーが海底を離れると同時にアンカーが動き出すこととなる。

5. おわりに

本研究により、Short Scopeで係留した場合にも効果のあるアンカーを開発できる可能性を示した。また、シンカーを付けた場合の最大係留張力の算定式を導いた。

本研究の一部は九六株式会社からの受託研究として行われたものである。(1981年11月25日受理)

参考文献

- 1) 浦 環・能勢義昭：“片爪アンカーの挙動の研究”，生産研究. 第31巻10号(1979.10) 28~31
- 2) 浦 環・山本善之：“アンカーの安定性に関する基礎的研究”，日本造船学会論文集, 第140号(1976.12) 279~285
- 3) Ura, T. and Yamamoto, Y.: “Development of Absolutely-Roll-Stable Anchors”, Proc. 13th Offshore Technology Conf. (1981) 373-379.
- 4) 日本造船研究協会：“大型特殊錨の把駐力等に関する調査研究”(1981)