

## 片爪アンカーの挙動の研究

Behaviors of Anchor with a Single Fixed Fluke

浦 環\*・能 勢 義 昭\*

Tamaki URA and Yoshiaki NOSE

## 1. はじめに

船舶が繫留に用いる船用アンカーは、投錨・揚錨作業を容易にするために船首尾のベル・マウスからホース・パイプにシャンクを引き込む。錨作業が容易であることは、短期間の繫留が多い般船にとって不可欠である。このためにアンカーはその形状に多くの制限がある。これに対して、小形の作業船、石油試掘りグなどのいわゆる海上構造物、ブイ、漁網などの繫留では、形状に制限のないアンカーを用いることができる。制限が少なれば、設計の自由度が増し、多岐にわたって性能の良いアンカーが可能となる。一つの形態として、Fig.1に示されるような片爪アンカーが注目される。片爪アンカーは通常、長いストックが付いており、これがシャンクまわりの回転を防止している。シャックル側のストックは短いと効果がないために、細長くなり、材料力学的に弱くなりやすい。ここでは、ストックではなく、平板形のスタビライザーを持つ片爪アンカーについて検討する。

## 2. 復元性

Fig.1に示されるように片爪アンカーは爪とシャンクの間が離れており、面積の広い爪が地盤に深く入る。このため、把駐力係数(把駐力/自重)は船用アンカーに比べて大きくなる。シャンクまわりの回転 $\psi$ に対する復元特性は、ストックの効果でFig.2に示される形となる。 $\psi=0^\circ$ が正常な状態である。投錨時に裏返るとアンカーとしての効果が無いため、チェーン側とその反対側のシャンク端とで吊し、投錨されることもある。

ここで平板形のスタビライザー<sup>2)</sup>について考える。ストックのスタビライザーとしての特性は、回転角 $\psi=90^\circ$ に関して対象である。したがって $\psi=0^\circ$ の平衡点を安定にすると同時に、 $\psi=180^\circ$ の平衡点をも安定にする。このため、上記のように裏返ったときの対策を考えておかねばならない。一方、平板型のスタビライザーでは、必ずしも両平衡点を同時に安定化せず、逆に $\psi=180^\circ$ の平衡点を不安定化させる性質を持たせることができる。この点を利用して、Fig.2において破線で表される復元

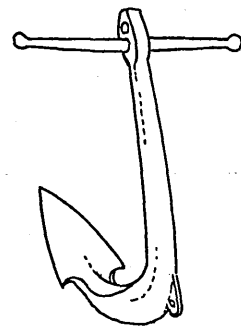


Fig.1 片爪ストック・アンカー

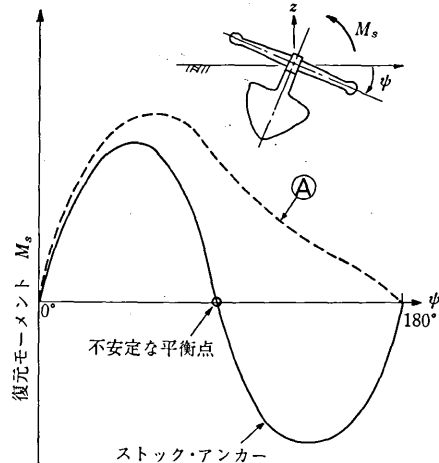


Fig.2 片爪アンカーのシャンクまわりの回転に対する復元モーメント

特性を持つ片爪アンカーが可能である。すなわち

$$M_s \geq 0, \quad 0 < \psi < 180^\circ$$

このときには、いかなる大きさの外乱に対しても正の復元モーメントが作用し、 $\psi=0^\circ$ の平衡点は全く安定している。投錨時に於いても任意の姿勢から容易に最大把駐力状態となる。この性質を完全安定性と呼ぶ。

Fig.3は試作した完全安定片爪アンカーで、アルミニウム製で

\* 東京大学生産技術研究所 第2部

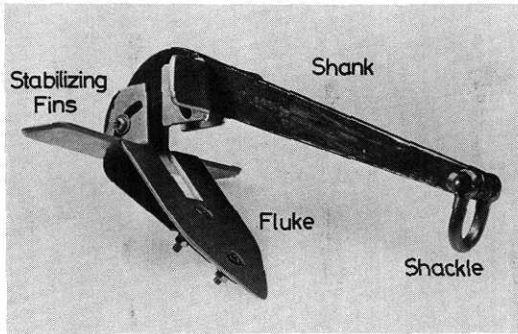


Fig. 3 完全安定片爪アンカーのモデル

自重 (W)	0.29 kg
長さ	21.5 cm
幅	14.6 cm
爪の長さ (L)	10 cm
爪の幅 (B)	6 cm
シャックル-爪開き角	25°

である。粗な乾燥砂に対しては

最大把駐力 $H_{max}$	5.5 kg
最大把駐力係数	19

となる。

砂面上の進行方向に  $x$  軸，鉛直上向きに  $z$  軸を取る。アンカーの表面  $dS$  が粗な乾燥砂より受ける力を考慮して，復元モーメント  $M_s$  は文献1より

$$M_s = \int p \{ (y - y_0) n_x \alpha_z - (z - z_0) q n_y \alpha_x \} dS + M^w$$

$$p = \begin{cases} C_N(\eta) \gamma z, & n_x > 0 \text{ かつ } z < 0 \\ 0, & n_x \leq 0 \text{ あるいは } z \geq 0 \end{cases}$$

$$\alpha_x = \cos \eta \tan \delta(\eta) + \sin \eta$$

$$\alpha_z = -\sin \eta \tan \delta(\eta) + \cos \eta$$

$$C_N = 1.07 \times 10^3 / \eta^2 + 8.98 + 1.35 \times 10^7 \times \eta^4$$

$$0 < \eta < 180^\circ$$

$$\delta = \begin{cases} \pm 24^\circ & \eta \leq 78^\circ, 150^\circ \leq \eta \\ 76^\circ - (2/3)\eta & 78^\circ < \eta < 150^\circ \end{cases}$$

$$q = 0.37$$

$$\gamma = 1.35 \text{ g/cm}^3$$

で計算される。ここで  $\mathbf{n} = (n_x, n_y, n_z)$  は面  $dS$  の外向き単位法線ベクトルであり， $\eta = \tan^{-1}(n_z/n_x)$  で与えられる。 $M^w$  は自重による復元モーメント， $(y_0, z_0)$  は回転中心の座標である。爪だけの場合を含めて， $M_s$  の計算結果を Fig. 4 に示す。ここでは簡単のために，シャックルは砂表面の  $x$  軸上を移動するとし，アンカーはシャックルまわりに回転すると考える。シャックルに作用する力の影響は無視する。

Fig. 5-a は  $\psi = 180^\circ$  (すなわち裏返った状態) よりモデルを引っ張った例で爪の長さ  $L$  の 1.5 倍ずつの距離での状況および，その時の張力  $H$  を示している。ほぼ

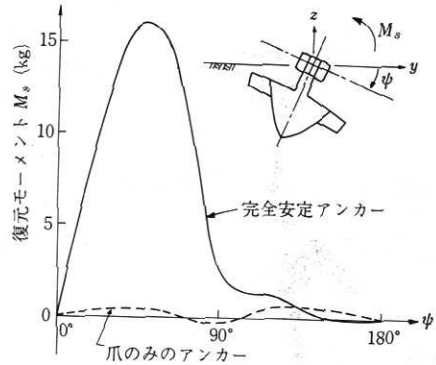


Fig. 4 モデルの復元モーメント

6 L 引くことにより裏返ったアンカーが正常に作動する。Fig. 5-b は爪だけの場合で，これでは爪は土中に貫入しない。また，Fig. 5-c に示されるように，爪が下を向いて一時的にアンカーが効いても，わずかに引かれると転倒して爪が土中より出てしまう。完全安定性を持つアンカーではいかなる大きさの外乱に対しても，このようなことは起こらない。

Fig. 4 の計算ではシャックルを  $x$  軸 (回転軸) に固定して考えたが実際には Fig. 5 に見られるようにアンカーは 3 次的に回転する。シャックルの短い片爪アンカーでは特に顕著である。3 次元の回転を考えて解析を行うには，アンカーの運動を考慮せねばならないが，現状ではそのような解析は不可能であり，実用上は本法による準静的な解析で十分である。

なお  $\psi = 0^\circ$  の安定性のみを考えるとときには，さらに小型のスタビライザーで十分である。このときには，投錨時にストック・アシカーと同様の配慮が必要である。ストック・アンカーでは Fig. 2 の不安定な平衡点を越える外乱に対しては反転し，再び爪は貫入しない。

### 3. 短い錨鎖あるいは索による繫留

錨地の事情などにより十分に長く錨鎖を出せない場合，あるいはワイヤーなどの索により繫留するとき，シャックルに作用する力は鉛直成分を持つ。水平に引かれるときに比べてアンカーは持ち上げられることとなり，一般に把駐力は減少する。船用アンカーでは爪が土中深く貫入していないため，この減少は著しい。片爪アンカーでは爪が深いので，減少は船用アンカーより一般的に小さいが，繫留の設計に当たって十分に注意をせねばならない。

Fig. 3 のアンカー・モデルについて，繫留索と水平面とのなす角  $\theta$  と張力  $H$  との関係を Fig. 7 に示す。ここでは張力は最大把駐力  $H_{max}$  との比で表す。実験は，索引台車上方よりアンカーを引き，台車を移動させ，定常状態の角度と張力を計測した。したがって，ここでの張力

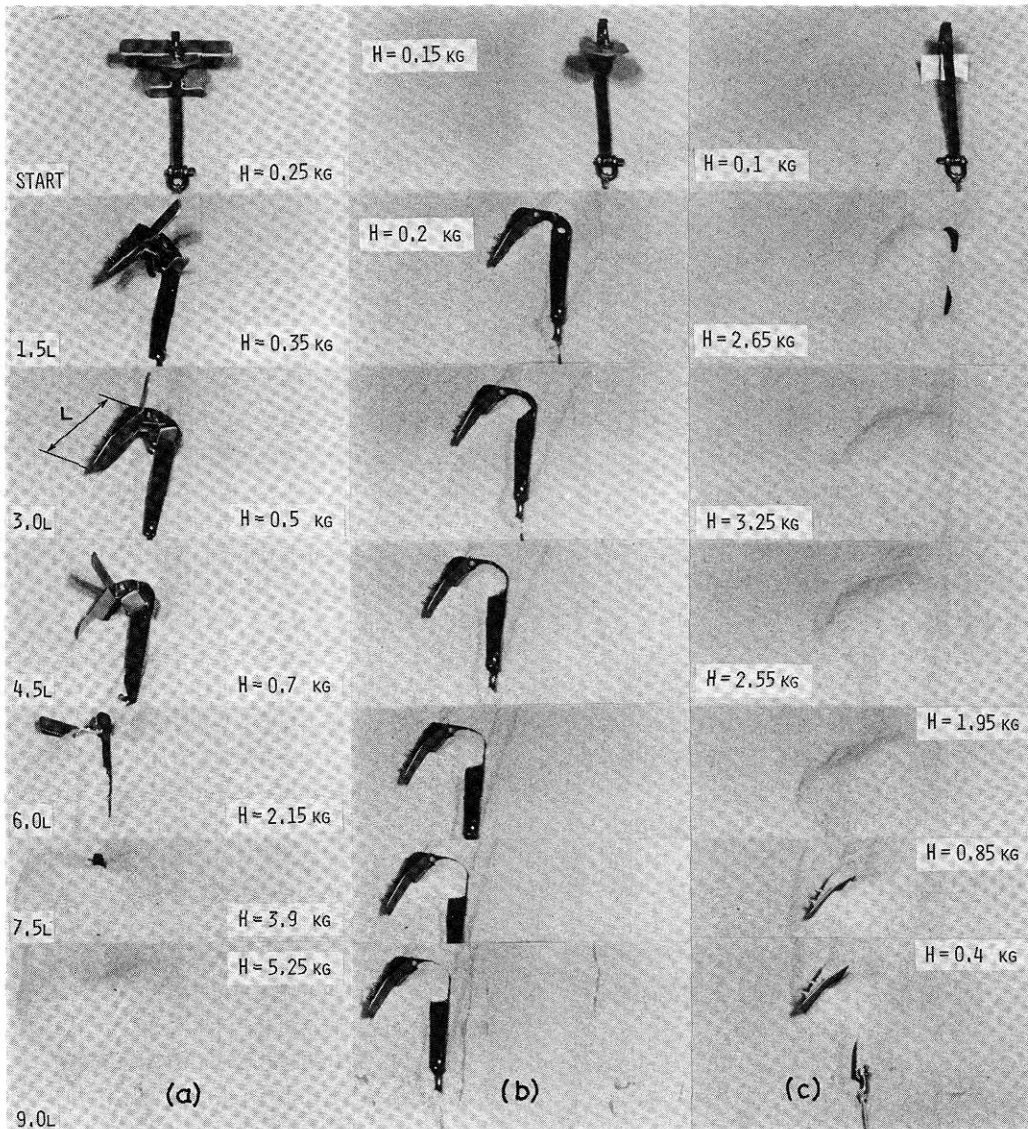


Fig.5 モデルが引かれた場合の挙動. 完全安定なモデルでは, たとえ裏返ったとしても正常に作動する. 爪だけの 경우에는, 爪が一時的に海底土に貫入しても転倒するので信頼性は低い.

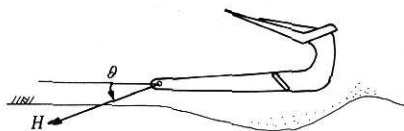


Fig.6 揚力をシャックルに受けるアンカー

はアンカーが $\theta$ 方向に移動するときの値を意味するのではなく, アンカーが揚力をシャックル端に受けながら $x$ 軸の方向へ水平に移動するときの張力であることに注意し

ておく. 図には船用アンカーとの比較として, AC14型, ASS型アンカーの実験値<sup>3)</sup>をも併せて示す. これより, 水深の約2.17倍 ( $\theta \approx 20^\circ$ )の索長で, アンカーの張力は十分に長い錨鎖に比べて, Fig.2のモデルで60%, AC14型で約40%に落ちることが示されている.

4. おわりに

繫留問題でこれまで多くの研究がなされているが, 主として最大把駐力に視点が置かれている. しかし, アン

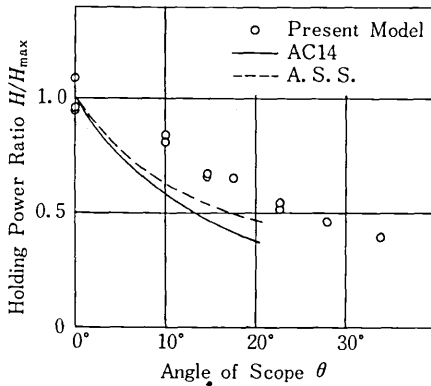


Fig.7 把駐力の減少

カーの海底への貫入を考えた錨作業の効率化は重要な問題であるが、この点でアンカーの性能が見直されることは著者の知る限りではほとんど行われていない。ここに

示した完全安定性が、最大把駐力の安定性を改善するのみならず、錨作業を容易にすることが明らかとなった。また、片爪アンカーでは短い錨鎖や索で繋留する場合にも、十分に大きな把駐力を示し得ることが明らかとなった。

本速報をまとめるに当たって、東京大学生産技術研究所写真技術班、岡宮誠一氏に御便宜をはかっていただいた。ここに深甚なる謝意を表する次第である。

(1979年7月11日受理)

参考文献

- 1) 浦・山本：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 Vol. 140, pp. 279-285 (1976)
- 2) 浦・山本：アンカーの安定性に関する基礎的研究 (第3報)，日本造船学会論文集 Vol. 143, pp. 196-200 (1978)
- 3) H. L. DOVE: Investigations on Model Anchors, Trans. RINA, Vol. 92, pp. 351-375 (1960)

次号予告 (11月号)

研究解説

波浪発電..... { 前田久明 木下健 }

研究速報

Dynamic Soil Reactions (Impedance Functions) Including The Effect of Dynamic Response of Surface Stratum (Part 3) ..... { 原田隆典 久保山三郎 片山恒雄 }

測定可能範囲の大きいガンマ線散乱形密度計..... { 齊藤秀雄 藤藤乙丸 }

繊維補強コンクリートの曲げ挙動に及ぼす支承構造の影響..... { 趙力采 小西一 西今泉 林村和 }

多胴船形浮消波堤の開発 (第2報) ..... { 木下健 西條憲 }

3%マンガン鋼の前オーステナイト結晶粒界に沿った燐と硫黄のマイクロプローブオージェ解析 ..... { 古山直行 石田水 清洋 }

高力ボルト接合部にすべりが生ずる骨組の地震応答解析..... { 谷口英 高梨晃 武一 }