

片爪アンカーの挙動の研究 (その3) —JIS 型ストックレス・アンカーとの比較—

Behaviors of Anchor with a Single Fixed Fluke (3rd Report)

—Comparison of Maximum Holding Power Ratio—

浦 環*・能 勢 義 昭*

Tamaki URA and Yoshiaki NOSE

1. はじめに

前報,²⁾ 前々報¹⁾ で述べてきたように、海上の浮き構造物を片爪アンカーで係留することは、アンカーを設置する作業能率の面や、安全性を十分に考慮した係留設計にとって都合がよい。第1報に示した片爪アンカー (ARS-S型アンカー) の形状を基本にして約6トン、3トン、1トン重量の3丁のアンカーを試作し、実海域で最大把駐力ならびにアンカーの挙動を実験する機会を得たのでその結果を報告する。^{4),5),6)} また、比較の対象として同時に行われた JIS 型ストックレス・アンカーならびにストック・アンカーの実験結果をも併せて報告し、それらの性能を比較検討する。

2. 実海域実験

2.1 海域、実験方法および使用アンカー

図1に示す兵庫県淡路島北東部松帆の浦の沖合約100mの海域で実験を行った。^{4),5)} アンカーの変位 D と把駐力 H との関係をより正確に求めるために、図2に示すように、旧松帆棧橋の橋脚にフェアリーダーを取り付け、それに約200mの係留索を通し、起重機船で引き上げてアンカーを引いた。把駐力はあらかじめ検定したクレー

ンの荷重計で、変位は係留索の送り量をフェアリーダーの位置で読み取り、計測した。水深は約10mで、スコop角を5°~7°に制限した。牽引速度は0.3~1.5m/minであり、この範囲では牽引速度の最大把駐力に対する影響は見られなかった。すでにアンカーが掻いた海底面を、再びアンカーが通らないように、アンカーを設置する位置と方向に注意をはらっている。また、ここでは報告しないが、最大把駐力状態のときの海底土の盛り上がり形状とアンカーの貫入姿勢の計測を行っている。図3は実験海底の表層土 SPu (土粒子の真比重 2.65、塑性指数 13.4) の粒度分布であり、アンカーが貫入する深さ内には堆積したほぼ一様な砂層があるとみてよい。簡易型貫入試験器⁷⁾ を用いて計測した海底土の表層の換算 N 値は 0.42 である。

実験に用いたアンカーの重量 W 、代表長さ (爪の長さ) L 等を表1に、作業現場の各アンカーの写真を図4に示す。ARS-S型アンカーは相似形に作られているので、アンカー重量は代表長さの3乗に比例する。なお、代表長さの取りかたに関しては、図5,6を参照されたい。

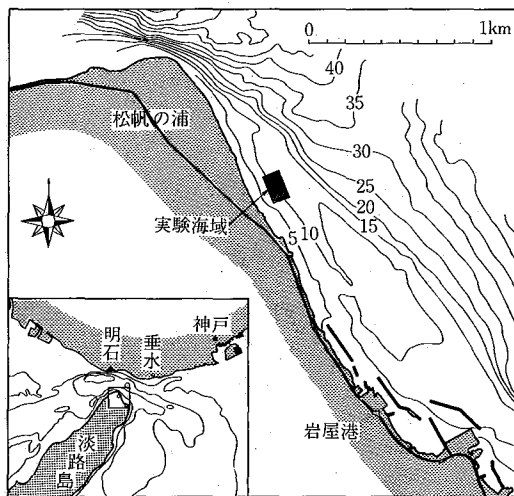


図1 松帆の浦の実験海域

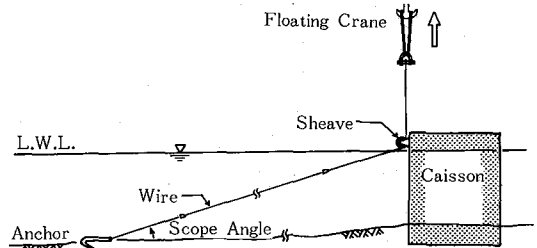


図2 アンカーの牽引方法

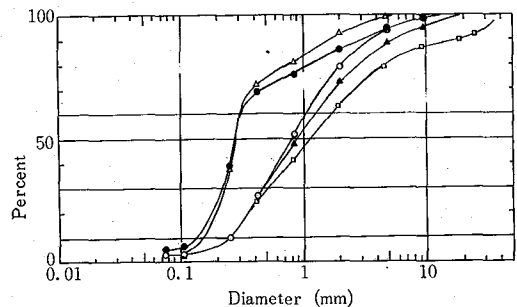


図3 海底土の粒度分布

* 東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報

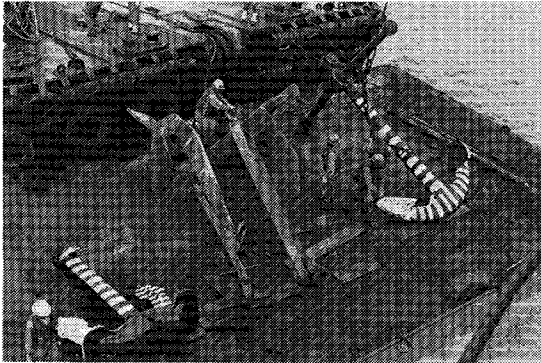


図4 左よりJIS型ストックレス, ARS-S型1トン, 3トン, 6トン, ストックの各アンカー

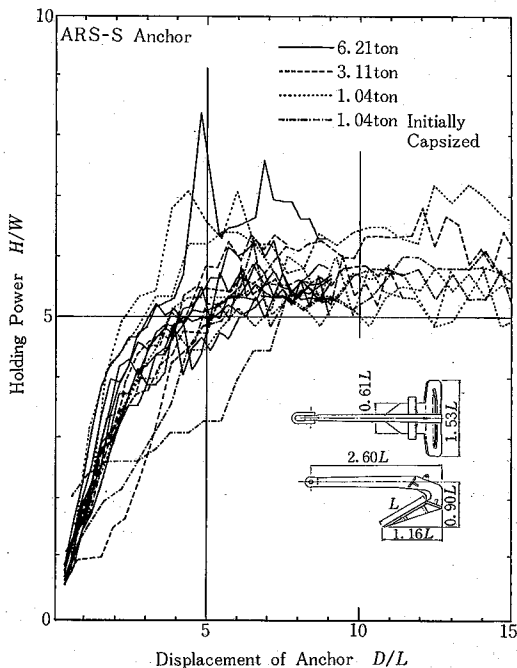


図5 ARS-S型アンカーの把駐力特性. 1トン・アンカーの場合には, 爪を上向きにしてから牽引を開始している例も含む

2.2 把駐力特性

図5にARS-S型, 図6-AにJIS型ストックレス, 図6-Bにストック各アンカーの変位と把駐力の関係を示す。横軸は変位をアンカーの代表長さで割って無次元化し, 縦軸は把駐力をアンカーの空中重量で割って無次元化している。海上のクレーン船からアンカーを静かに海底に降ろした状態を初期状態としている。1トンのARS-S型アンカーの場合には, 完全安定性を確認するために, あらかじめ爪を上に向けてアンカーを海底に設置し, 牽引する実験を併せて行っている。この場合, 最大把駐力状態になるまでに必要な牽引距離が増すが, 爪は確実に

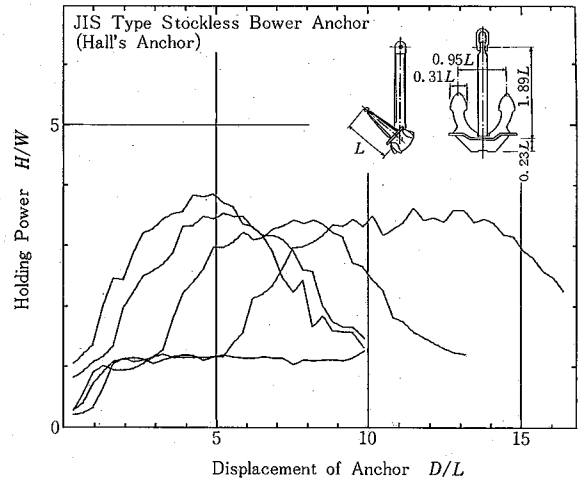


図6-A JIS型ストックレス・アンカーの把駐力特性

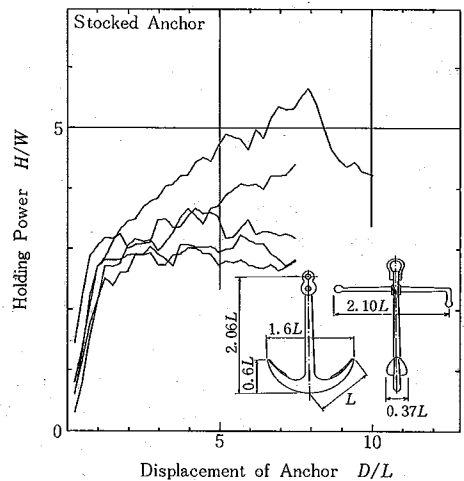


図6-B ストック・アンカーの把駐力特性

に貫入し最大把駐力に影響がないことが示されている。

JIS型ストックレス・アンカーは不安定であり, 総て転倒している。爪がまったく海底土に貫入しない例もある。

3. 最大把駐力

表1に最大把駐力係数 H_{max}/W の値および, 最大把駐力の80%の把駐力を得るのに必要なアンカーの牽引距離 D_{80}/L を示す。

図5に示されるようにARS-S型アンカーに関する実験結果はきわめて良好な再現性を示している。また, 上記のように無次元化すると, 把駐力-変位曲線はアンカーの大きさに無関係になる。ARS-S型アンカーは5L程度引けば最大把駐力状態になることが明らかになった。爪が上を向いて投錨された場合にも10L程度アンカーを引けばよいことが示された。

最大把駐力 H_{max} と代表長さ L の関係をプロットする

表1 使用したアンカーとその最大把駐力および爪が貫入するのに要する牽引距離

| アンカー名称 | 重量 (ton) | 代表長さ L (m) | 最大把駐力係数 | 貫入するまでの距離 D_{90}/L |
|------------|----------|------------|---------|----------------------|
| 6 トンARS-S | 6.21 | 1.68 | 5.93 | 4.2 |
| 3 トンARS-S | 3.11 | 1.33 | 6.34 | 4.3 |
| 1 トンARS-S | 1.04 | 0.93 | 6.19 | 3.2 |
| JIS型ストックレス | 5.61 | 1.51 | 3.51 | — |
| 同転倒時 | 〃 | 〃 | 1.11 | — |
| ストック | 5.20 | 2.00 | 3.61 | — |

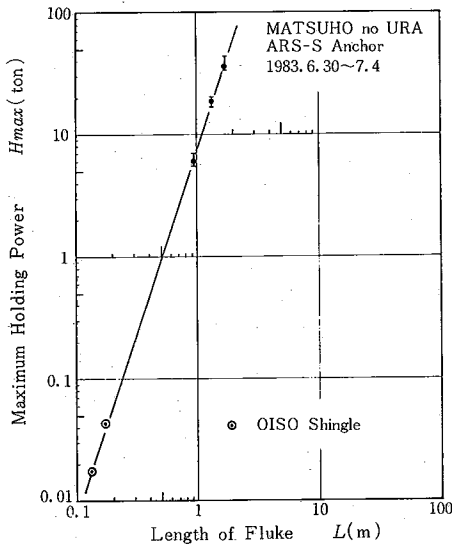


図7 代表長さ最大把駐力との関係

と図7が得られる。同図には、飽和した大磯砂利⁶⁾(平均粒径2.5mm)を敷いた砂利床における縮尺模型の実験結果も同時に示す。ここで明らかなように、緩い状態の砂質の海底におけるアンカーの最大把駐力は一般に

$$H_{max} = C_a \gamma L^3 \quad (1)$$

で表される。 C_a はアンカーの形状と海底土の剪断特性に関係する無次元量である。 γ は浮力を除いた海底土の見かけの比重量である。最大把駐力係数 H_{max}/W が大きい場合には、アンカーの挙動を支配する方程式においてアンカー重量の効果が小さくなる。したがって、(1)式で示されるように、 H_{max} は海底土より力を受ける面の形状により定まり支配され、アンカーの重量に原理的に比例しないことになる。 $\gamma = 0.95 \text{ ton/m}^3$ と図7の結果よりARS-S型アンカーの場合には

$$C_a = 8.21 \quad (2)$$

が得られる。

これらの実験の結果、アンカーに作用する力が推定できるので、これを基準にしてシャンクあるいは爪の板厚をより合理的に定めることができる。本実験に用いたモデルでは、安全のために板厚を十分に厚く取ってあるので重量が重く、最大把駐力係数は約6であるが、部材の

板厚を薄くすることにより最大把駐力係数を上げることができる。

JIS型ストックレス・アンカーの最大把駐力係数は約3.5と小さく、また最大把駐力状態になった後に5~10Lアンカーが移動すると爪が上を向き、最大把駐力係数は約1.1に減少する。ストック・アンカーは爪が急速に貫入するが、爪が上下に付いているために、最大把駐力係数は約3.6とストックレス・アンカーと同程度である。

4. ま と め

(1) ARS-S型アンカーの最大把駐力を求める実験式を導いた。

(2) JIS型ストックレスおよびストック・アンカーの把駐力特性を求めた。

本研究は本州四国連絡橋公団からの受託研究として行ったものであり、公団垂水工事事務所よりデータの提供など種々ご便宜を図っていただいた。また、実験に際して深田サルベージ(株)湯川昇一技術顧問、同飯島靖郎支店長補佐、熊谷・大林組共同企業体善積武典所長、同黒瀬良和副所長、日本鑄造(株)鶴見喜久夫部長、九六(株)高橋操六社長を始めとする多数の方々よりご協力を賜った。ここに深甚なる謝意を表する次第である。

(1984年2月23日受理)

参 考 文 献

- 1) 浦・能勢：片爪アンカーの挙動の研究，生産研究，Vol. 31-10 (1979) 712-715
- 2) 浦・能勢：片爪アンカーの挙動の研究(その2)，生産研究，Vol.34-2 (1982) 68-71
- 3) URA *et al.*: Development of Absolutely-Roll-Stable Anchors, Proc. of 13th OTC (1981) 373-379
- 4) 岩屋：明石海峡大橋松帆沖施工調査，基礎工 (1984.1) 58-66
- 5) 浦：厳しい潮汐流のある環境での係留システムの研究，本州四国連絡橋公団報告書，(1983.3)
- 6) 浦：厳しい潮汐流のある環境での係留システムの研究(その2)，本州四国連絡橋公団報告書 (1983.12)
- 7) 浦ほか：海底土の強度と把駐力特性に関する研究，日本造船学会論文集，Vol.149 (1981) 235-240