新 型 錨 の 開 発

小 山 荒 雄*・鶴 田 三 郎*

Development of New Type Anchor

Arao KOYAMA and Saburo TSURUTA

Abstract

In the present report we have studied the method of improving the holding ability of anchor. We mainly pay attention to three characteristics of anchor, that are tripping ability, stability and holding power. The results may be summarized as follows.

- * In the condition that anchor is laid on ground, to leave gap between ground and the anchor except tripping part and bills improves tripping ability.
- * To minimize the width of tripping part improves stability and holding power.
- * To attach wings like wedge to the shoulder improves stability remarkably.

Using these results we have produced trial model anchor. And we have ascertained the excellent performance of the new type anchor.

1. は じ め に

錨は船と共に存在し、長い歴史を持っている、一見簡単な形状をした工作加工物でありながら、研究発表されもしくは開発され実用に供せられている錨の種類は多く、ストックレスアンカーだけでも40種類以上存在する。それぞれよく似た錨が多数存在し、全体形状でこれらを大別すると、マーチン型、アドミラル型、バルト型、AC14型及びダンフォース型のたかだか5種類に分類することができる。また平面形状、正面形状、爪の断面形状等の部分形状についても、同様にそれぞれ類似した錨が多数存在している。しかしながらそれらの錨の性能はそれぞれ異なり、その中から選ばれ現在使用されている錨についてさえ問題点が種々指摘されている。JIS型ストックレスアンカー（以後JIS型と呼ぶ）については、かき込み性能、把駐力、安定性などについて問題点が指摘されているし⁽¹⁾⁽²⁾、またダンフォース型錨については、かかないことがあるとの現場からの報告がある。そして高把駐力錨のAC14型錨についても、シャンクを軸にして回転する傾向があることが、実験において確認されている。

そこでこれらの現在使用されている錨の性能を改善するための方法について検討するために、またより良い錨を開発するための錨の形状についての方向性を検討するために、かき込み性能、把駐力、及び安定性の3性能に主として注目し、新型錨の研究開発を行なった。以下その経過と結果について報告する。

2. 供 試 錨

錨が引張られる時の縦方向の安定性（シャンクに平行で平均的な爪の面に垂直な面内での安定性）を確保する

* 正会員 東京商船大学（東京都江東区越中島2-1-6）

ために鞠谷が昭和50年に考案した、爪の微小部分に働く土圧の作用線が常にアンカーシャックルの位置を通るような断面形状の爪を持つ錨（1型、図1）を原型として、試験を行ない性能を検討しつつ順次供試錨を製作した。製作した錨の数は、1型から25型まで計9体である。その内の主なものを図1～6に示す。またそれらの主要目を表1に示す。表1には、錨の空中重量（W）、爪の長さ（h）、基準寸法（L）、爪の開き角（ γ ）、シャンクの長さ（l）及びシャンクを除く平面投影面積の21型のそれに対する比（Ca）を示す。それぞれの形状及び要目は、それぞれの型について何回かの小修正を加えた後の最終のもの、もしくは代表であるものを示している。

表1 供試錨の主要目

型	空中重量 W	爪の長さ h	基準寸法 L	爪の開き 角 γ	シャンク 長 l	投影面積 比 Ca
1	10.73 ^{kg}	207 ^{mm}	250 ^{mm}	25 ^{deg}	340 ^{mm}	1.25
11	5.25	208	121	37	340	1.00
12	5.20	208	120	37	340	1.00
13	(21型に同じ)					
14	5.62	208	130	37	340	1.02
21	5.33	208	123	41	340	1.00
22	5.17	129	311	38	190	0.83
23	6.22	158	249	43	240	1.01
24	7.39	210	168	37	383	1.23
25	5.54	204	133	37	308	1.25
J I S	10.98	183	233	46	340	0.61

3. 試験方法

試験は東京商船大学錨実験水槽（長さ11.6m、幅1.6m）において実施した。水槽は上部約40cmを残して普通の河砂で満たされており、本試験においては砂面上10cmまで漲水した。文献(3)と比較できるように、砂面下20cmの砂のコーン支持力が $2.5 \sim 3.0 \text{ kg/cm}^2$ で均一にかつ砂面が水平になるように整えた。

引張試験は、錨を砂面上に平置した後、ほぼ標準引張速度⁽⁴⁾（ $1.7 \sim 1.8 \text{ cm/sec}$ ）で引張り実施した。25型については把駐係数を求めるために、さらに速度3.8及び6.2cm/secで引張試験を実施した。引張距離は爪の長さの約25倍とし、最大を水槽の長さの制限から約6mとした。25型についてはまた、基準寸法の約3倍の高さから錨を落下させ標準速度の約3倍の速度（6.2cm/sec）で引張るかき込み率の測定試験、及び最大把駐抵抗を示した時の錨の引き抜き抵抗の計測を行なった。それぞれの試験は8回づつ実施した。記録例を図7に示す。

4. 試験結果

4.1 1型

かき込み距離はほとんど0であり、またかき込み率は100%であり、1型（図1）は優れたかき込み性能を示した。しかしながら深くかき込むことは無く、すぐにシャンクを軸にして回転してしまう、横方向の安定性（シャンクに直角な面内での安定性）に欠ける、把駐力の小さい錨であった。

4.2 10型シリーズ

1型の優れたかき込み性能を残しながら他の性能の改善を計るため、引張試験において錨がかき込む時にそしてその後も、砂が抵抗となって錨を回転させないように、縦方向の部材をできるだけ少なく小さくしたのが11型（図8）である。ダンフォース型、ステビン型、クラレン型も同様に縦方向の部材は抵抗が小さい形状をしているが、大きく異なる点は1型のかき込み性能の良さを維持するためのトリッピング用部材をできる限り小さくしてスタッド状にし、シャンクから遠い位置に対称に残した点である。横方向の安定性を得るために、ショルダー部を大きく突出させ、ダンフォース型のヘッドストックに似た形とした。11型は1型と同様な優れたかき込み性能を有し、また再かき込み性能も有する、そして最大把駐抵抗（Hd）の無次元値（Hd/W）は約30と大きい錨であった。しかしながら11型は横方向の安定性に欠ける、そして引き抜き抵抗が大きい錨であった。

TYPE No.1

図1 外形図(1型錨)

TYPE No.21
(No. 13)

図2 外形図(21型錨)

TYPE No.22

図3 外形図(22型錨)

TYPE No.23

図4 外形図(23型錨)

TYPE No.24

図5 外形図(24型錨)

TYPE No.25

図6 外形図(25型錨)

図7 実験結果例(25型錨)

トリッピング部をスタッド状にした効果が著しいものであったため、11型のトリッピングスタッド及びヘッドストックの長さや形状を変えた錨を製作し、種々の小修正を行ないながら主としてかき込み性能に及ぼす影響について予備試験的に検討したのが10型シリーズである。13型(21型に同じ)を図2に、14型を図9に示すように、10型シリーズはほぼ同じ基本形状をしているが部分形状の異なる別の錨である。これら4体の供試錨も、またこれらに小修正を種々施した錨もそれぞれ非常に良く似た形をしているが、かき込み性能などの諸性能は大きく異なっていた。10型シリーズの結果をまとめると次のようになる。①トリッピング部の幅はショルダーから反対のショルダーまで全幅にわたる必要はない。②しかしながらスタッド状にした場合トリッピング機能を持たせるためには頂部の面積には下限があり形状にも制限がある。③着底した時に爪の先端とトリッピング部のみが接地するように底面との間をあけるとかき込み性能が良くなる。④ヘッドストック端部を引張方向及び先端方向に傾斜を持たなくさび状にすると安定性が改善される。

図8 外形図(11型錨)

図9 外形図(14型錨)

4.3 20型シリーズ

20型シリーズでは、10型シリーズの結果を確認するとともに、安定性の向上を計った。図10～16に各型の把駐抵抗特性曲線を示す。引張速度(v)に応じて、速度1.7cm/secでは20秒間の、3.8cm/secでは10秒間の、そして6.2cm/secでは5秒間の平均把駐抵抗を示す。把駐抵抗(H)は錨の空中重量で無次元化し、引張距離(d)は基準寸法及び爪の長さで無次元化した。基準寸法は定義⁽⁴⁾から明らかなようにいわば錨の高さや厚さに関する寸法であり、各型が相似形をしていないため、距離を無次元化するに当って、これと直角な寸法でも無次元化したものである。また表2にかき込み率、かき込み距離(d_T)及び試験終了時の横方向の回転角を示す。

21型(図2)は13型と同じものであり、11型よりヘッド部が全体に厚くなり、端部のくさび状の形がよりはっきりした錨で、10型シリーズを代表するものである。表2に示したように、8例中4例、爪とシャンクの間に砂を噛み爪が開かなかったが、砂が噛まなかった場合には正常に開き期待したかき込み性能が得られた。かき込み距離の爪の長さによる無次元値は21型で約2であり、この値は24型、25型及びJIS型と同程度の値である。砂が噛まなかった場合の最大把駐抵抗(H_d)は無次元値(H_d/W)で約19であった。しかしながら特性曲線(図10)にはJIS型に似た回転につれて急激に把駐抵抗が小さくなる傾向がみられた。把駐抵抗の低下の限界をみるため21型の場合、引張距離を他のものよりも長めにとり最大約6mとした。横方向の安定性について11型と比較した場合、11型は常に180°回転したが21型では180°回転したのは1例で、大半は試験した引張距離の範囲では50～70°までしか回転しなかった。

安定性が改善された原因が端部のくさび状の形の大きさの違いにあると考え、これを確認するため端部のくさび形状をよりはっきりさせ、把駐抵抗を小さくし引き抜き抵抗を小さくするため21型を肉厚にしたのが22型(図3)である。肉厚にしたため最大把駐抵抗は小さくなったが、横方向の安定性は21型より改善されており、回転角はいずれの場合も70°以内におさまった。特性曲線(図11)はストックドアンカーのそれによく似た好ましい形を

している。21型よりスタッドを太くしたもののかき込み率が悪いのは、10型シリーズの結果によれば、厚さを増したことにより相対的にトリッピングスタッドの高さが低くなり、底面との間に十分すき間があかなかったためと思われる。21型は平置するとかき込まなかったため、把駐抵抗と安定性を検討するためにはかき込ませた状態から試験を開始した。

安定性の改善を主として図るために、22型の端部形状を翼状に広げ大きくしたのが23型（図4）である。かき込み率は22型と同様に非常に悪いが、横方向の安定性はさらに改善され回転角はいずれの場合も 50° 以内におさまった。23型は把駐抵抗を大きくする目的で爪の長さを22型より長くしたところ、最大把駐抵抗は大きくなったが、特性曲線（図12）にみられるように把駐抵抗がその後回転につれて無次元値で8～10程度まで下がるという傾向が現われた。

大きな最大把駐抵抗とともに、安定した把駐抵抗を得るためには、横方向の安定性をさらに改善する必要がある。24型（図5）は翼部形状の厚さをさらに増してくさび形状をはっきりさせて安定を図った。同時にトリッピング部の形状を棒状のものから角形に変え接地面積を広げ、かき込み性能の向上も図ることとした。10型シリー

図10 把駐抵抗特性曲線
(21型錨, 引張速度1.8cm/sec)

図11 把駐抵抗特性曲線
(22型錨, 引張速度1.8cm/sec)

図12 把駐抵抗特性曲線
(23型錨, 引張速度1.7cm/sec)

図13 把駐抵抗特性曲線
(24型錨, 引張速度1.7cm/sec)

ズの結果から推定できることではあるが、かき込み性能は格段に改善され8例すべてが正常にかつ爪の長さの約2倍の距離でかき込んだ。また横方向の安定性は予定通りに改善され、回転角は最大でも40° 大半は30° 以内におさまった。その結果特性曲線(図13)はストックドアンカーに似た形となり、大きい最大把駐抵抗が得られるとともに、安定した把駐抵抗を得ることができた。最大把駐抵抗は23型と比較すると小さくなったものの終了時の把駐抵抗と比較すると大きく、平均では12.5であった。24型までの結果から、高い横方向の安定性を得るためには、24型のようにショルダー部に、引張方向よりやや開いた方向に向って傾斜しているくさび状の十分な厚さ及

図14 把駐抵抗特性曲線
(25型錨, 引張速度1.7cm/sec)

図15 把駐抵抗特性曲線
(25型錨, 引張速度3.8cm/sec)

図16 把駐抵抗特性曲線
(25型錨, 引張速度6.2cm/sec)

表2 かき込み性能, 安定性

型	引張速度 cm/sec	かき込み率	かき込み距離		回 転 角 deg
			d_T/L	d_T/h	
21	1.8 (平置)	4/8	1.89	2.28	20~180
22	1.8 (平置)	0/8	—	—	(0~70)*
23	1.7 (平置)	0/8	—	—	(30~50)*
24	1.7 (平置)	8/8	2.74	2.19	20~40
25	1.7 (平置)	8/8	2.87	1.87	10~20
	3.8 (平置)	8/8	3.63	2.37	0~30
	6.2 (平置)	8/8	2.82	1.84	0~10
	6.2 (落下)	8/8	—	—	—
J I S	1.7 (平置)	4/8	1.05	1.88	180
	6.2 (落下)	4/8	—	—	—

* 平置状態からのかき込み率が0であるため、かき込まれた状態からの実験結果を()内に示す。

図17 最大把駐抵抗
(引張速度1.7cm/sec)

図18 最大把駐抵抗, 静止抵抗
(25型錨)

び大きさのある翼(安定翼)を取り付けると効果があるといえる。

4.4 25型

今までの結果をとりまとめて確認するために25型を製作した。即ちかき込み性能を良くするために、トリッピング部(錨脚)を高くし面積を広げるとともに、トリッピング部と爪の先端のみが着底時に接地するようにした。横方向の安定性を持たせるために、端部に厚く広い、断面がくさび状の形をした安定翼を設けるとともに、引張試験において爪前面に盛り上がる底砂が後方に逃げやすいように、トリッピング部を小さくした抵抗となりにくい形状とした。高把駐力を得るために、爪を板状にして錨の重量を軽くするとともに爪を長めにした。トリッピング部を小さくすることは、錨を深くかかせる効果も生み、把駐抵抗を大きくするのにも役立つ。また横方向に高い安定性を持たすことは、把駐抵抗を安定させるためにも役立つ。さらに引き抜き抵抗を小さくするために、爪をシャンクに寄せるとともにシャンクを長めにした。各部に以上のような目的を持たせながら、全体形状は24型までの流れの延長上にある形とした。

25型(図6)はダンフォース型、ステビン型、クラレン型等に似た、平板状の爪断面と爪上面の砂を後方に逃がす構造を持ち、AC14型、ストークス型、DA1型等に似た平面形状をし、ストークス型、ドープ型、クラレン型等に似たショルダー部の安定用部材を持つ錨であるが、正面形状は独特である。またこれらの形状を組み合わせた錨も発表されてはいない。

かき込み率は正規の方法での試験⁽⁴⁾も含めて100%であり、かき込み距離は爪の長さの約2倍で21~24型とほぼ同じ大きさであった。回転角は常に30°以下で大半は10°以下であった。図17に示すように供試錨の中でも最大把駐抵抗は大きい方であり、また特性曲線(図14~16)にみられるように把駐抵抗は安定しており、この傾向は引張速度が速くなっても同様である。図18は3種類の速度における最大把駐抵抗から把駐係数を求めたものである。引張速度0の時の最大把駐抵抗(静止把駐力)を無次元化した値(把駐係数)は約12.5であった。JIS型の例を同図上に示したが、比較すると25型の速度係数はかなり大きいため、文献(3)に示した方法で静止抵抗(R_s)からも把駐係数を求め同図上に示した。25型は把駐抵抗がほぼ一定しているため、試験終了時の静止抵抗

と最大把駐抵抗が現われた時のそれとが同程度であると思われるのでこの値を用いたが、静止抵抗からの把駐係数も約 12.5 であり、両方法による値は文献(3)と同様にほぼ一致した。引き抜き抵抗は 14.6kg で 2.6W であった。25型よりも重量は重い若干爪の短い J I S 型は 13.8kg で 1.3W であり、無次元値では 25型の方がかなり大きいものの、25型の把駐係数は J I S 型の約 3 倍であり、得られる最大把駐抵抗で比べると 25型は引き抜き易い錨であるといえる。

5. ま と め

かき込み性能と安定性の 2 性能を中心として、把駐力を含めた錨の性能を改善する方法を検討した結果、以下に示すような考え方の方向を示すことができ、その例として予想した性能を持つ新型の 25型錨を示すことができた。同じ考え方は現在使用されている錨に対しても適用することができるもので、在来型錨を改良する可能性とその方向を示すことができた。結論は次のようになる。

- (1) かき込み性能を良くするためには、着底時に爪の先端とトリッピング部のみが接地し、底面と錨のその他の下面との間に間隙があるようにすると良い。
- (2) トリッピング部は全幅にわたる必要は無く、むしろ必要最小限にする方が良い。クラウン中央部のトリッピング用の部材を減じる事により、錨の安定性を増し把駐力を大きくすることができる。
- (3) ショルダー部の側方に突出した、引張方向に対してやや外側向きの、断面がくさび状の形状をした部材を設けることによって横方向の高い安定性を得ることができる。
- (4) これらの部分形状を同時に持つ錨は優れた性能を示す。

しかしながら 25型はあくまでも実験水槽における試作品であり、より良い錨を開発するためには、トリッピング部その他の寸法や取り付け位置、また把駐力や引き抜き抵抗の適当の大きさや値について、さらに取り扱い性などについて研究を進める必要があるし、本船錨とするに当っては強度についても研究する必要がある、また実際の海域での性能についても検討する必要がある。

船員が信頼して使用できる錨を開発するために、今後は残された問題点について検討する予定である。おわりに本研究に当たり、一方ならぬ御指導を頂いた東京商船大学鞠谷宏士学長に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 本田啓之輔, 片上圭四郎, 杉浦昭典: 水槽実験によるアンカーの把駐特性, 日本航海学会誌 22号, 昭和 35 年 3 月
- (2) 本田啓之輔, 片上圭四郎: J I S 型ストックレス・アンカーの把駐性に関する水槽実験, 日本航海学会誌 24 号, 昭和 36 年 2 月
- (3) 鶴田三郎, 小山荒雄, 小山悟郎, 鞠谷宏士: 錨の把駐特性に及ぼす引張速度の影響に関する実験研究, 東京商船大学研究報告 32号, 昭和 56 年 12 月
- (4) 日本海難防止協会錨小委員会: アンカーの把駐性能表現法および標準試験法, 航海 29号, 昭和 44 年 3 月

質 疑 応 答

浦 環: かき込み性能を考慮した錨脚の実用例をお示し下さり、たいへん参考になりました。これはお願いなのですが、図 6 のようにある程度の大きさを作られるときに、実物での強度を考慮した模型としていただきたい。またヒンジピンまわりの設計の良し悪しが、かき込み性能に大きく影響するので、その点でも実機の設計を考慮していただきたい。そうしたときに錨の重量および重量分布が図 6 のものとかかなり変化すると思われる。その影響はどのようなものとお考えでしょうか。

小山荒雄: この研究は重量約 5 kg の模型錨による基礎的なものであり、実機の問題は今後の課題と考えております。