

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：12614

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23760781

研究課題名(和文)海難事故防止のための高把駐力新型錨の開発研究

研究課題名(英文)A study on Development of New Higher Performance Anchor for Marine Accident Prevention

研究代表者

増田 光弘(Masuda, Mitsuhiro)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・准教授

研究者番号：00586191

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：荒天錨泊中の走錨による船舶の事故は、錨の研究が進んだ現在においても絶えることがない。原因の一つとして、現在使用されているJIS型錨やAC-14型錨はそれぞれ最大把駐力や姿勢安定性など構造的に課題点を抱えていることが挙げられる。本研究の目的は高性能な新型錨を開発することである。そのために、既存の錨の性能を再評価し、まとめた錨性能評価表を作成した。そして、錨性能評価表に基づいて高性能新型錨を設計・開発し、新型錨がどのような状況においても安定して性能を発揮することができる錨であることを確認した。

研究成果の概要(英文)：From the viewpoint of prevention of the accident of ships under anchorage, an anchor is a very important device. The anchor with various types and performances has been developed over the centuries. For example, JIS types and AC-14 types are mostly applied to merchant ships at present. However, marine accidents by dredging anchor are not eliminated even now. The issues of present anchor are considered the anchor's shape. In addition, experiment method and evaluation method may have an issue. The purpose of this research is development of new higher performance anchor. The present anchors performance re-evaluation is carried out. Based on it, the prototype new model anchor was designed and developed. And, the stable performance in every situation of the prototype new model anchor was confirmed.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：高性能新型錨 海難防止 錨性能評価

1. 研究開始当初の背景

荒天時における船舶の走錨事故は、現在、過去を問わず数多く報告されている。走錨によって船舶の衝突や座礁といった海難が発生した場合、乗組員の生命に危険を及ぼすのみならず、船体の損傷やそれに伴う燃料の流出による環境汚染といった事態に陥るとともに、それによる経済的損失も非常に大きなものとなる。走錨の原因の一つとして、現在使用されている JIS 型錨や AC-14 型錨はそれぞれ最大把駐力や姿勢安定性など、構造的に課題点を抱えていることが挙げられる。JIS 型錨は把駐力が小さく、また曳引されると必ず反転し、走錨が始まってしまうと船舶を錨泊地点に止めておくことが困難になる。AC-14 型錨は、把駐力は大きいものの安定性が悪く、また爪の根元が薄い造りになっているため、欠損や爪が折れるなどの事故も起きている。さらに、錨の性能は底質によっても変化する。そのため、操船者は底質の状況に応じて適切な錨泊を行う必要がある。また、天候が急変する荒天時における複雑な状況の判断は、操船者に大きな負担を強いることとなる。これらのことから、どのような状況においても安全・確実に錨泊可能な錨が必要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、どのような状況においても安定した性能を発揮できる高性能な新型錨を開発することである。そのために、まず既存の錨 (JIS 型錨、AC-14 型錨、DA-1 型錨) の模型を用いて様々な状況を想定した曳引試験を行い、錨の把駐性能や安定性、錨の反転に関する定量的な計測を行い、既存の錨の性能をまとめた錨性能評価表を作成する。次に、各試験結果および錨性能評価表から新型錨に必要な要素や形状について考察を行い、新型錨の設計および開発を行う。最後に、開発した新型錨の性能について模型試験による検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 試験水槽

本試験は東京海洋大学海洋工学部海事システム工学科が有する錨水槽実験室錨水槽にて行う。錨水槽の諸元を図 1 に示す。錨水槽は長さ 11.6m、幅 1.55m、高さ 1.28m、底質は細砂、無水、砂深 0.85m である。砂の粒径は 0.002m 以下となるように整備されている。

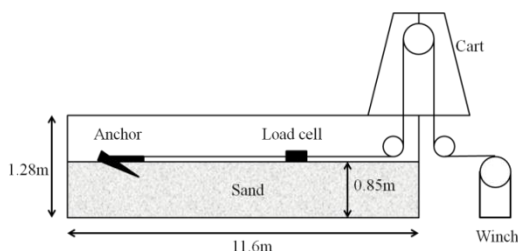


図 1 錨水槽諸元

(2) 模型錨

本試験で対象とした模型錨は図 2 の JIS 型錨、AC-14 型錨、DA-1 型錨の 3 種類である。模型錨の諸元を表 1 に示す。表中の記号と対応する錨模型の項目を図 3 に示す。 L_1 はシャンクの先端からクラウンまでの長さであり、 L_2 はフルークの長さを示している。 B_1 はクラウンの幅を示しており、 B_2 は左右のフルーク先端間の距離を示している。 D は模型錨の奥行、 θ はフルークとシャンクのなす角、 S はフルークの面積、 V はフルークの力が及ぶと考えられる砂の体積を示している。模型錨の空中重量は 3 種類ともに約 10.0kgf である。シャンクを最大に開いたときのシャンクからフルーク先端までの距離は JIS 型錨が 14.6cm、AC-14 型錨が 12.6cm、DA-1 型錨が 12.9cm となっている。DA-1 型錨が AC-14 型錨よりもフルークの面積は小さいにも関わらずフルークの力が及ぶと考えられる砂の体積が大きいのは、V 型と呼ばれる形状のフルークを有しているためである。重心位置は AC-14 型錨と DA-1 型錨がほぼ同じ位置であり、JIS 型錨は AC-14 型錨、DA-1 型錨よりも重心位置はクラウン側にある。



図 2 錨模型

(左: JIS 型、中央: AC-14 型、右: DA-1 型)

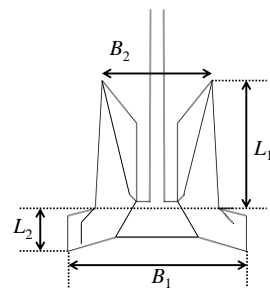


図 3 模型錨の主要目

表 1 錨模型の主要目対応表

	JIS	AC-14	DA-1
weight[kgf]	11.0	10.0	9.8
L_1 [m]	0.16	0.20	0.20
L_2 [m]	0.07	0.07	0.08
B_1 [m]	0.25	0.32	0.33
B_2 [m]	0.18	0.17	0.09
D [m]	0.10	0.10	0.10
θ [deg]	40.0	39.0	40.0
S [m ²]	5.25×10^{-3}	1.08×10^{-2}	9.45×10^{-3}
V [m ³]	3.38×10^{-4}	5.00×10^{-4}	5.13×10^{-4}

(3) 試験項目

本研究では、水平曳引試験、スイッチバック試験、スイッチバック貫入試験、倒立試験の4種類の水槽試験を行うことにより、錨の性能の評価を行う。各試験は再現性を考慮し、各錨 20 回ずつ実施する。それぞれの試験の概要を以下に述べる。

水平曳引試験は、最も基本的な試験であり、砂の上に錨を設置し、フルーク先端の方向へ水平に曳く試験である。スイッチバック試験は、投錨時、必ずしもフルークが船側に向けて着底するとは限らないことを想定し、フルークの向きに対して 180 度反対方向へ曳引する試験である。スイッチバック貫入試験は、フルークを貫入させた状態でフルークの向きに対して 180 度反対方向へ曳引する試験である。これは、荒天時に船舶が押し流された際の錨の追従性能を検証するための試験である。倒立試験は、錨を寝かせた状態からシャंक軸周りに 90 度回転させ、シャंकを最大に開いた状態で錨を半分砂中に埋めてから曳引する試験であり、錨の反転後の再貫入性能について検討するための試験である。

4. 研究成果

(1) 既存の錨の性能評価

結果の一部を示す。図 4 に水平曳引試験、図 5 にスイッチバック試験、図 6 にスイッチバック貫入試験、図 7 に倒立試験の把駐力係数特性曲線を示す。把駐力係数は、曳引試験より得られた把駐力を模型錨の空中重量で除したものである。いずれのグラフも縦軸が把駐力係数、横軸が曳引距離[m]を示しており、グラフの黒色が JIS 型錨、赤色が AC-14 型錨、青色が DA-1 型錨を示している。錨の性能をまとめた錨性能評価表を表 2 に示す。評価項目は、把駐力係数、高把駐力到達距離、高把駐力維持距離、反転の有無、再現性の 5 項目である。把駐力係数は、把駐力係数が 8.0 以上を◎、7.0 以上 8.0 未満を○、6.0 以上 7.0 未満を△、6.0 未満を×と評価する。高把駐力到達距離は、フルークの貫入から把駐力係数 6.0 に到達するまでの距離が長い順に◎、○、△、×と評価する。高把駐力維持距離は、把駐力係数 6.0 以上を維持した距離が長い順に○、△、×と評価する。反転の有無は、反転がなければ○、反転があれば×と評価する。再現性は、高い順に○、△、×と評価する。

図 4 から、DA-1 型錨は把駐力係数が大きく、また安定性が良いことがわかる。AC-14 型錨は、把駐力係数は高いものの安定性が悪く、最大把駐力を維持できないことがわかる。JIS 型錨は把駐力係数が小さく、また反転してしまい、反転後は再貫入しないことがわかる。それは図 6、図 7 においてもほぼ同様の傾向を示している。図 7 は反転状態からの再貫入性能を表わしているが、AC-14 型錨は安定性が悪いことから、把駐力が低下している。また、JIS 型錨は反転状態から復原することができないため、把駐力は発生しない。図 5

のスイッチバック試験の結果を見てみると、AC-14 型錨と DA-1 型錨は把駐力係数が JIS 型錨より小さくなっていることがわかる。この結果から、投錨時、フルークが船側に向けて着底しなかった場合、錨本来の性能が発揮されない可能性があることがわかる。

これらの結果をまとめた表 2 の錨性能評価表から、既存の錨においては DA-1 型錨がもっとも高性能であることがわかった。これはフルークの面が外側を向くように設置された V 型のフルーク構造が把駐力を高め、クラウン両端に設置されたスタビライザーが安定性を高めていることが理由である。また、AC-14 型錨は安定性には欠けるものの、把駐力は DA-1 型錨より大きい。これはフルークの面積が大きいことが理由である。このことから、高性能新型錨を設計するにあたっては、①V 型のフルーク構造、②スタビライザーの設置、③面積の大きなフルークが重要な要素であると考えられる。それに基づき、新型錨の設計および開発を行う。

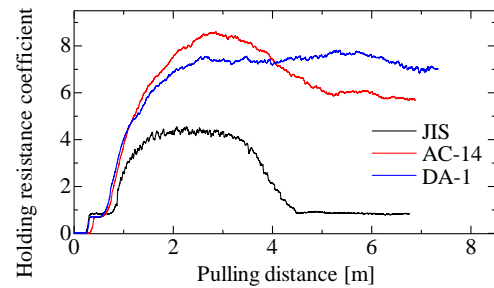


図 4 把駐力係数特性曲線（水平曳引試験）

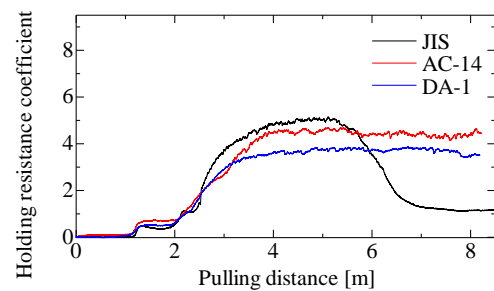


図 5 把駐力係数特性曲線
(スイッチバック試験)

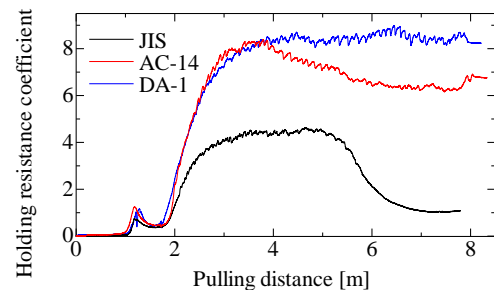


図 6 把駐力係数特性曲線
(スイッチバック貫入試験)

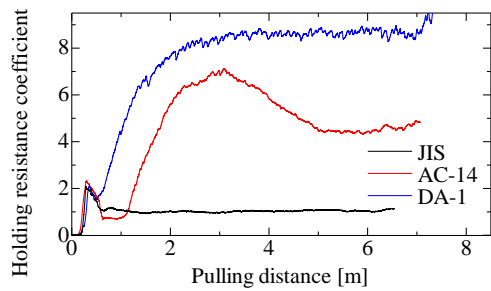


図7 把駐力係数特性曲線（倒立試験）

表2 錨性能評価表

評価項目	試験項目	JIS	AC-14	DA-1
把駐力係数	水平曳引	×	◎	○
	スイッチバック	×	×	×
	スイッチバック貫入	×	◎	◎
高把駐力到達距離	水平曳引	×	○	△
	スイッチバック	×	×	×
	スイッチバック貫入	×	△	○
高把駐力維持距離	水平曳引	×	△	○
	スイッチバック	×	×	×
	スイッチバック貫入	×	△	○
反転の有無	水平曳引	×	○	○
	スイッチバック	×	○	○
	スイッチバック貫入	×	○	○
再現性	水平曳引	○	×	△
	スイッチバック	○	×	△
	スイッチバック貫入	○	△	×
	倒立	×	△	○

(2) 新型錨の開発および性能評価

本研究によって開発した試作新型錨を図8に、試作新型錨の諸元を表3に示す。図9に試作新型錨の4つの曳引試験結果より得られた把駐力特性曲線を示す。

図9から、水平曳引試験において最大把駐力はAC-14型錨やDA-1型錨と比較するとそれほど高くはないが高把駐力である把駐力係数6.0を越えている。また、最大把駐力の後に把駐力は低下してしまうが、把駐力低下後も把駐力係数は6.0で安定している。さらに、本試作新型錨はスイッチバック試験を含むすべての曳引試験においてほぼ同等の性能を発揮していることがわかる。このことから、本試作新型錨がどのような姿勢から曳引されたとしても、常に安定して性能を発揮できる錨であることが示されたといえる。

本研究によって、既存の錨の性能を多角的に評価することによって、既存の錨のこれまで論じられてこなかった性能について明らかにすることができた。さらに、船舶の安全な運航において重要な、どのような状況においても性能を発揮できる新型錨を開発し、その性能を示すことができた。今後は、クラウンの重量を軽くするなど、錨の重心位置を調節し、性能を保ちながら把駐力係数を大きくするよう改良を重ねていく予定である。

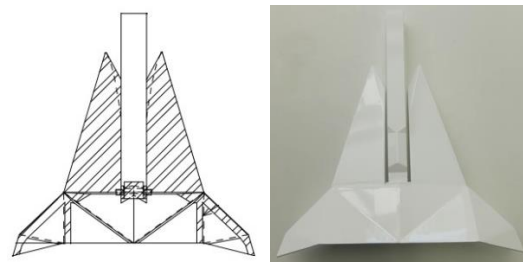


図8 試作新型錨模型

表3 試作新型錨模型の主要目対応表

New-Type anchor	L_1 [m]	L_2 [m]	B_1 [m]	B_2 [m]
	0.22	0.10	0.38	0.09
weight[kgf]	D [m]	θ [deg]	S [m ²]	V [m ³]
11.7	0.11	38.0	1.32×10^{-2}	6.54×10^{-4}

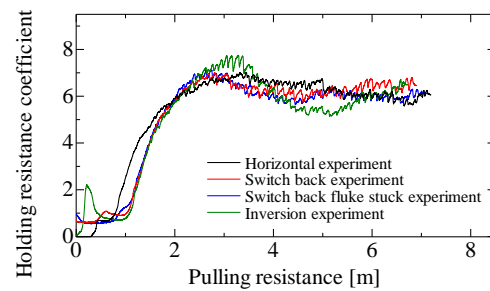


図9 試作新型錨の性能

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕（計3件）

- ① Mitsuhiro Masuda and Kiyokazu Minami, A Fundamental Study on Anchor Performance Evaluation for Marine Accident Prevention, 査読有, Proceedings of OMAE 2015, 2015, CD-ROM
- ② Mitsuhiro Masuda, Ikuho Otani and Kiyokazu Minami, A Fundamental Study on Development of New Higher Performance Anchors for Safe Maritime Transportation, 査読有, Proceedings of MARTECH 2014, 2014, pp.663-669
- ③ Mitsuhiro Masuda, Kiyokazu Minami, Koichi Masuda and Tomoki Ikoma, A Fundamental study on Development of New Higher Performance Anchors for Marine Accident Prevention, 査読有, Proceedings of OMAE 2013, 2013, CD-ROM

6. 研究組織

(1) 研究代表者

増田 光弘 (MASUDA, Mitsuhiro)
 東京海洋大学大学院・海洋工学系・海事システム工学部門・准教授
 研究者番号：00586191

(2) 研究協力者

南 清和 (MINAMI, Kiyokazu)
 庄司 邦昭 (SHOJI, Kuniaki)