

波浪下における漁港用船舶入港支援ガイドの機能確認実験

久保雅義*・斎藤勝彦**・上田 茂***
岡田 学****・下田直克*****

1. はじめに

著者らは、外洋に面した気象・海象条件の厳しい港湾および漁港において、荒天時入港の安全性確保のために、「船舶入港支援ガイド」(以降「ガイド」と略称する。)の設置を提案(久保ら, 1990a, 1990b)している。ガイドの使用法としては、図-1中の①のように港口部での入港船舶の漂流を防ぐ他に、②③④⑥のように港口付近の防波堤・岩礁・養殖施設との衝突防止、さらには⑤の港口部における変針補助、⑦の港内避泊時の漂流防止などが考えられる。ガイドの機能上、他の防衛工と大きく相違する点は、船体が損傷しない程度の反力でその運動エネルギーを吸収するため、船舶が随意にガイドと接触でき、それに沿っても航行できるという、従来の操船常識を180°転換させるようなものである。そして、漁船を対象としたガイドとして、ネット式(久保ら, 1991)およびロープ式(久保ら, 1992a)の2種を提案している。さらに、漁船が風浪により漂流しながらガイドと接触する場合および静水中を自航でガイドに衝突する場合について、模型実験および数値計算によりネット式ガイドの機能確認(久保ら, 1991, 1992a)、構造改善(久保ら, 1992b)を行った。また、全国の第2種以上の漁港を対象として入港時の安全性に関するアンケート調査を実施し、地域によっては波浪が入港を困難にする主な原因となっていることを明らかにした(久保ら, 1992c)。

よって本研究では、既に提案されているネット式およびロープ式他、ネット式のフロートを剛体として縦ラインを除いた構造を持つビーム式(図-2参照)の3種のガイドについて、模型実験により、波浪作用下自航でガイドに衝突する場合の機能確認を行なった。

2. 実験方法

実験対象とした20GT型底曳網漁船およびガイドの縮尺は1/14.4とし、ダッシュポットの減衰係数およびバ

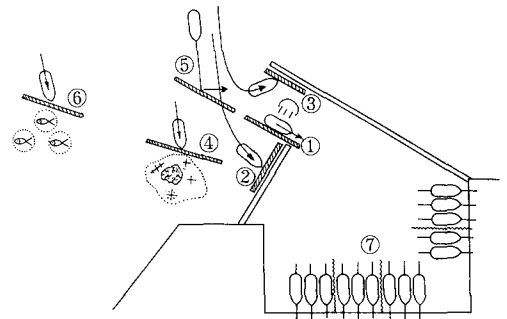


図-1 ガイドの使用法

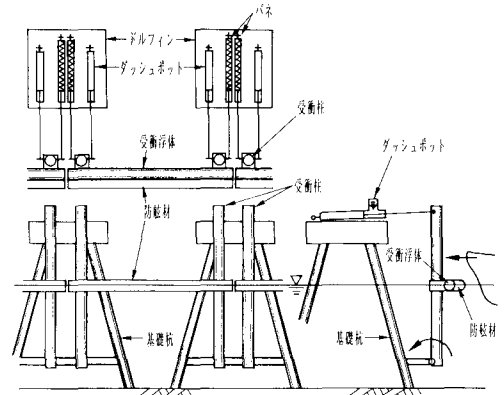


図-2 ビーム式ガイド概念図

ネ定数が現地スケールでそれぞれ3.33 tf/m/sec (32700 N/m/sec), 5 tf/m (49000 N/m) となるよう模型を製作(久保ら, 1991)した。実験は、東洋建設(株)鳴尾研究所の平面水槽において行い、船首尾線に対する波向がほぼ正船尾および斜め後方45°となるよう、ガイド法線に対する波向 ϕ 、漁船のガイド法線に対する進入角 θ をそれぞれ45°および90°とした。入港速度(対水速度)は現地スケールで約5ノットとし、リモートコントロール装置により入港速度および進入角を制御した。波浪条件は現地

* 正会員 工博 神戸商船大学教授 船貨輸送研究施設

** 正会員 博(工) 神戸商船大学助手 船貨輸送研究施設

*** 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所 構造部

**** 正会員 工修 東洋建設(株) 技術本部

***** 正会員 技研興業(株) 技術部

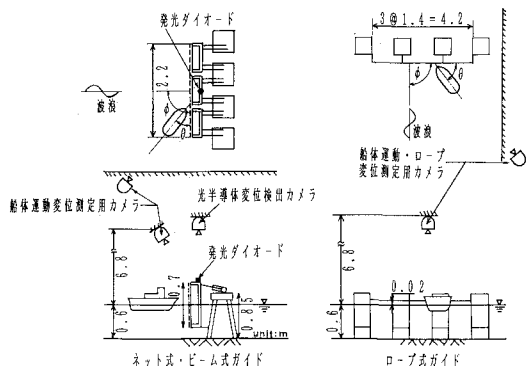


図-3 模型実験配置図

スケールで $H=2\text{ m}$, $T=7\text{ sec}$ の規則波および修正プレットシュナイダー光易型のスペクトルを呈する $H_{1/3}=2\text{ m}$, $T_{1/4}=7\text{ sec}$ の不規則波とした。

また、図-3 に示すように、船体運動およびロープ式ガイドのロープ変位は上方および進入針路後方のビデオカメラにより撮影し解析した。ネット式およびビーム式ガイドの枠変位は、枠に取り付けた発光ダイオードを上方の光半導体変位検出カメラで追跡し、測定した。

3. 実験結果

(1) 進入速度

図-4 は、規則波について漁船がガイドと衝突する時の波の位相と進入速度（船首尾方向）の関係を現地スケールに換算して示したものである。ここで、 T は波の周期、 λ はガイド設置位置において波の峰が通過してから漁船が衝突するまでの時間であり、 $(1-\lambda/T)$ を横軸に取ることにより図の上部に示す空間波形と対応する。進入速度 v_0 は、衝突時の波の位相が波の前面 ($0 \leq 1-\lambda/T \leq 0.25$) である場合に最大となり、その値は波向 ϕ が 45° 、進入角 θ が $35^\circ \sim 55^\circ$ の場合で 7.5 ノットである。図中には、漁船の対水速度（ 5 ノット）に、微小振幅波理論より計算した静水面における水粒子速度（ ± 2.42 ノット）を加えた値を表示している。漁船の対水速度自体のばらつきおよび水粒子速度との方向の違いによる進入速度の値のずれ、また波位相が漁船重心位置におけるものでないためのずれが見られるものの、計算値は実験値とほぼ合致している。

不規則波について衝突時の波の位相と進入速度の関係を示したものが、図-5 である。波高・周期が不規則なため進入速度のばらつきは大きい、規則波の場合と同様に波の前面において最大値をとる。その絶対値は波向 90° 、進入角 $35^\circ \sim 55^\circ$ の場合 9.2 ノットであり、規則波より約 1.2 倍大きい。これについてはさらに検討する必要があるが、一つの目安として $H_{1/10}/H_{1/3}=1.27$ （樋口・柿

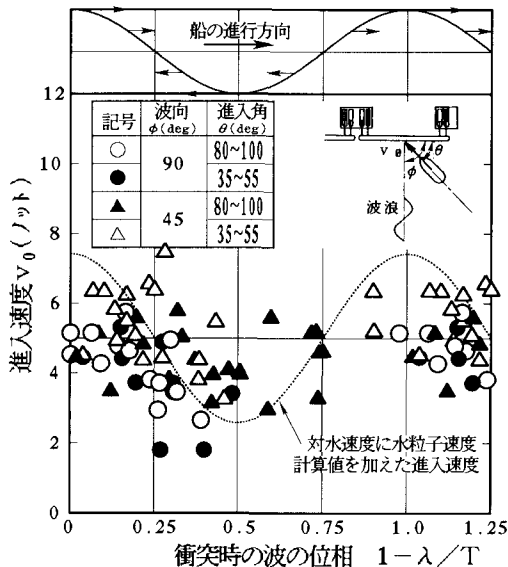


図-4 衝突時波位相と進入速度（規則波）

沼, 1965) であることより、波の小さい時を狙って入港する場合、進入速度が単純に対水速度と水粒子速度の和で評価されるとして、 $H_{1/10}$ 程度の波に対して進入速度を設定すればよいのではないと思われる。

図-6 は、衝突時の波の位相の頻度分布を示したものである。データ数は規則波で 50 、不規則波で 66 であったが、船体が波の前面 ($0 \leq 1-\lambda/T \leq 0.25$) にある状態でガイドと衝突する確率の高いことがわかる。

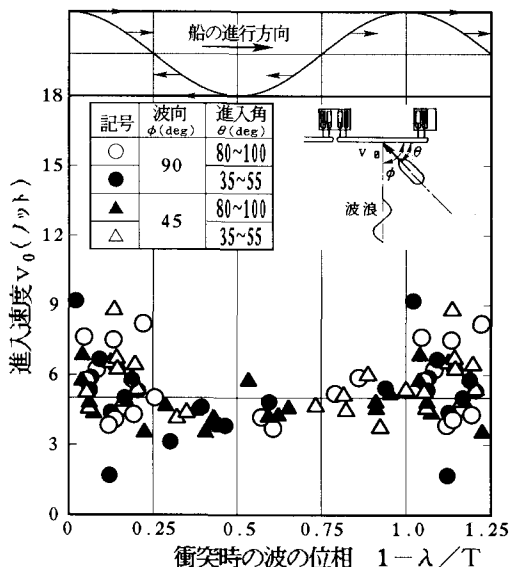


図-5 衝突時波位相と進入速度（不規則波）

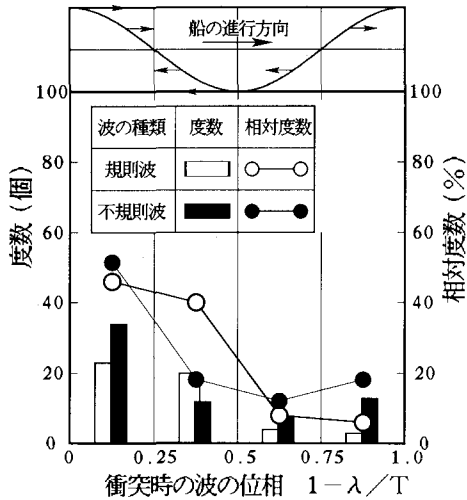


図-6 衝突時波位相の頻度分布

(2) 最大横傾斜角

図-7は、3種のガイドについて進入角が35°~55°の場合、衝突後の船体の最大横傾斜角を進入速度によって示したものである。最大横傾斜角は進入速度が大きいくほど、また進入角が45°に近いほど大きくなる(久保ら, 1991, 1992a, 1992b)。波浪下で船体がガイドと衝突する場合、進入速度と進入角はケース毎に異なる上、進入角を一定に保つよう当て舵をしているため、波浪下での最大横傾斜角は大きくばらついている。このときの横傾斜の向きは、衝突前の波による横傾斜にかかわらず、常にガイドと反対であった。ネット式ガイドの場合は静水中での実験結果も併せて示しており、静水中では船体との接触位置を下げるためのフロートをガイドに取り付けることにより、横傾斜を約1/2に低減できることがわかる。また、5ノットで衝突する時の最大横傾斜角は、波浪下で約20°、静水中で約12°であり、この差は波による横傾斜(正船尾から波を受ける場合: ±2°~7°, 斜め後方45°から波を受ける場合: ±5°~17°)にほぼ相当する。ビーム式・ロープ式ガイドの最大横傾斜角の最大値は共に約30°であり、ネット式ガイドと比べやや大きい。この理由についてもさらに検討を要するが、昨年提案したロープ式ガイドの改善案(久保ら, 1992b)では、ロープ端部での波浪追従性が悪く、さらにロープ断面が変化しているため、衝突後の滑らかな航行を阻害する例が見られた。

(3) 最大粋変位置

図-8は、ネット式ガイドの最大粋変位置を衝突時の波の位相と併せて示したものである。パネ・ダッシュポットの特性は強風下の漂流時を想定して決めたが、波浪下の自航時においても最大粋変位置は1m以下である。また、最大粋変位置は静水中と同じく進入速度が大きいく

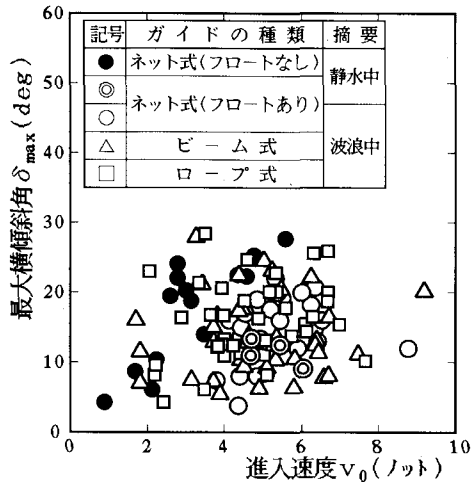


図-7 進入速度と最大横傾斜角 (θ=35°~55°)

ほど大きくなると考えられ、波の位相に対し進入速度と同様な変化を示す。さらに、最大粋変位置は静水中と同じく進入角にも依存し、正面衝突(θ=90°)に近づくほど大きくなる。

図-9は、ビーム式ガイドについて、最大粋変位置と波の位相の関係を示したものである。ネット式の場合と同様に、最大粋変位置は進入速度に対し正の相関を持つものと考えられるため、波の位相に対しても同様な変化を示す。しかし、最大粋変位置の絶対値については、ネット式の場合が1m以下であったのに比べ、ビーム式では同じパネ・ダッシュポットの特性にもかかわらず1.3m

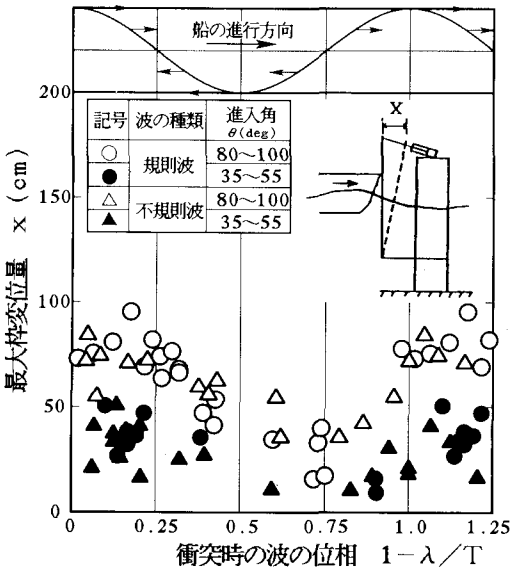


図-8 衝突時波位相と最大粋変位置 (ネット式)

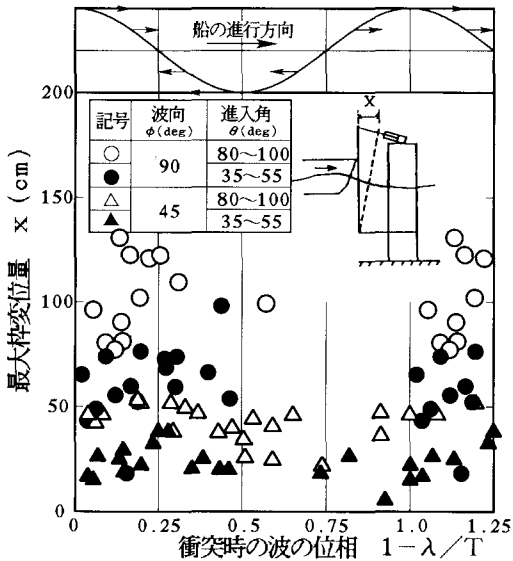


図-9 衝突時波位相と最大横変位量（ビーム式）

以下と大きくなっている。また、進入角よりも波向の影響が大きく現われており、波が正面（ $\phi=90^\circ$ ）から作用するほど大きくなる。これは、ビーム式では衝突時の横傾斜の低減を狙ってフロートを剛体（図-2中での受衝浮体）としたが、これに作用する波力はネット式と比べて大きくなり、波向の影響も顕著になったものと考えられる。

ロープ式ガイドについては、静水中5ノットで衝突する場合のロープ法線直角方向変位が4 m以下、作用反力が10 tf(98100 N)程度となるよう、ロープ展張力を当初10 tf(98100 N)とした(久保ら, 1992b)。しかし、波のみによるロープ変位が大きいことがわかったため、実験ではロープ展張力を15 tf(147000 N)とした。このとき変位の最大値は、静水中で3.6 m、波浪中では4.6 mであり、他の2種のガイドと比べかなり大きい。またロープ式では、衝突時の進入速度、進入角だけでなく、平面的な衝突位置もその変位に影響すると考えられるが、波浪下での進入速度と進入角のばらつきのため、変位と衝突位置の明確な相関は見出せなかった。

4. おわりに

本研究では、ネット式、ビーム式およびロープ式の3

種の漁港用ガイドについて、模型実験により波浪下における機能検討を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 波浪下での進入速度は、ほぼ、船の対水速度に水表面の水粒子速度を加えた値をとり、船体が波の前面にある状態でガイドと衝突する場合に最大となり、その確率も高い。
- (2) 群波状の波のなかで波の小さい時を狙って入港する場合、 $H_{1/10}$ 程度の波に対して進入速度を設定すればよい。
- (3) 3種のガイドの内ではネット式ガイドが最も優れた耐波性能を持つ。
- (4) ロープ式ガイドでは、波浪下で漁船が衝突後滑らかに航行できるよう、ロープ端部の更なる改良が必要である。

さらに、数値計算により実験結果の確認・検討を今後、鋭意行う予定である。

最後に、本研究を行なうにあたり、大阪大学工学部：榎木 亨教授および運輸省港湾技術研究所：塩見 雅樹設計基準研究室長、白石 悟海洋構造研究室長には貴重なご意見を賜った。また、当時神戸商船大学学生の清水 昇君および(株)トマック：山本 泰雄氏には実験において御助力をいただいた。ここに、諸氏に対し感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 久保雅義・斎藤勝彦・大音宗昭 (1990a): 風浪の厳しい港湾の入港問題と改善策について, 日本沿岸域会議論文集, 2, pp. 31-38.
- 久保雅義・斎藤勝彦・大音宗昭 (1990b): 漁船の入港援助施設に関する基礎的研究, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 728-732.
- 久保雅義・斎藤勝彦・岡田 学・下田直克 (1991): 漁港用ネット式船舶入港支援ガイドに関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 756-760.
- 久保雅義・斎藤勝彦・上田 茂・岡田 学・下田直克 (1992a): 入港支援ガイド接触時の船体運動について, 日本航海学会論文集, 第86号, pp. 251-259.
- 久保雅義・斎藤勝彦・上田 茂・岡田 学・下田直克 (1992b): 横傾斜の低減を目的とした船舶入港支援ガイドの構造改善について, 海岸工学論文集, 第39巻, pp. 1066-1070.
- 久保雅義・斎藤勝彦・岡田 学 (1992c): 漁船の入港問題の現状について, 日本航海学会論文集, 87号, pp. 39-46.
- 樋口明生・柿沼忠男 (1965): 日吉津海岸における波浪観測について, 京都大学防災研究所年報, 第8号, pp. 459-478.