

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 427 Sept. 1982

係船柱にかかるけん引力について

福 田 功
柳 生 忠 彦

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. ま え が き	3
2. 現行の係船柱のけん引耐力の設定方法	3
3. 鋼船規則の改訂に伴う係留索の切断荷重の変更	5
4. 係留索, ウィンチ, 係船金物の設計法	7
5. 係船柱の利用状況に関する現地調査結果	9
5.1 係留索の材質と切断荷重	11
5.2 係留索の使用本数と係留方法	12
6. 船舶のけん引力の計算	14
6.1 数値シミュレーション手法によるけん引力の計算	14
6.2 船舶のけん引力の静的計算	23
7. 係船柱の所要のけん引耐力の検討	28
7.1 算定条件の検討	28
7.2 一般貨物船に対するけん引耐力	29
7.3 カーフェリー, コンテナ船, 旅客船に対するけん引耐力	29
8. 係船柱のデザイン, 配置について	33
8.1 標準タイプの係船柱の形状	33
8.2 係船柱の利用上の問題に関するアンケート調査結果について	33
9. あとがき	40
参 考 文 献	41
付 属 資 料	42
1. 鋼船規則の改訂値	42
2. 大型船の係船装置の設計	45
3. 係留方法に関する調査結果	48
4. 各港の避難体制	52

Tractive Force on Bollards and Storm Bitts

Isao FUKUDA*
Tadahiko YAGYU**

Synopsis

Bollards and storm bitts were standardized 10-years ago, critical load of mooring ropes was fairly changed according to the revision of Rules for Construction of steel ships. It is now possible to calculate the tractive force on a mooring post by a numerical simulation method. In this paper, we examine required tractive force capacity for bollards and storm bitts using the results of simulation study.

We also obtained information through questionnaires on the current problems concerned the utilization of standard bollard and storm bitts.

* Member of the Design Standard Laboratory, Design Standard Division.

** Ex-Chief of the Design Standard Laboratory, Design Standard Division.

係船柱にかかるけん引力について

福田 功
柳 生 忠 彦

要 旨

係船柱の標準化が実施されてから10年を経過するが、その間に錨船規則の改正（昭和53年9月1日以降入級船舶に適用）により船舶の艦装する係留索の所要切断荷重が大幅に変更され、また、船舶の動揺シミュレーションモデルの開発などの研究成果により船舶のけん引力を計算することも可能となってきた。本資料は、それらの結果を踏まえ、係船柱の所要のけん引耐力について検討を行ったものである。

さらに、現行の曲柱、直柱について利用上の問題に関するアンケート調査を実施し、そのデザインの評価、網取りを行う上での問題点等について取りまとめを行った。

1. まえがき

現在行なわれている係船曲柱や直柱等の係船柱の設計は、日本港湾協会出版の港湾構造物標準設計¹⁾に基づいて行なわれている。これは、当所、設計基準課が昭和45年に発表したけい船柱の標準設計(案)²⁾に基づいて作成されたものである。同標準設計案には船舶のけん引力の検討、係船柱の配置等に関する現地調査、係船柱の載荷実験等、その標準化に至る一連の検討経過が述べられており、ここで得られた成果は、その後、実際の港湾構造物の設計に取り入れられ、標準設計として広く利用されている。また、係船柱のけん引耐力については、単に係船柱の設計のみならず、係船岸の主要な設計外力のひとつとして用いられている。

しかしながら、係船柱の標準化が行われてから10年を経て、その間に係留索の切断荷重の改訂、船舶の動揺シミュレーションモデルの開発、船体諸寸法に関する新たなデータ整備等がなされている。

現行の係船柱のけん引耐力は、風圧力によって生ずる船舶けん引力と船舶の艦装する係留索の切断荷重等をもとに決定されている。ところが、錨船規則の改訂（昭和53年9月1日以降入級船舶に適用）により、船舶の艦装すべき係留索の切断荷重が大幅に変更されたために、その考え方をそのまま適用すればかなり大きなけん引耐力を設定する必要が出てくる。また、船舶に作用する外力や係留力については、最近、船舶の動揺を考慮した数値シミュレーション手法が開発され、風や波の作用時の係留系の応答が比較的精度良く把握し得るようになって

きた。近年、外洋における船舶の係留や港内の係岸遊泊等の要請からこの種の数値シミュレーション手法の実用化が図られてきた。さらに、船舶に作用する外力を求めるためには、船舶の種類ごとの船体諸寸法が必要となるが、これについても、当所のシステム研究室が昭和54年度にアンケート調査を実施し、艦装数、風の受圧面積等のデータが新たに整備されている³⁾。

本資料では、以上の点について検討すると共に、その結果を補完するため、係留索の切断荷重、船舶の係留方法等について現地調査を行い、それらの結果をもとにして、係船柱の所要のけん引耐力について検討を行った。

また、最後に、曲柱、直柱の利用面からみた問題点について利用者からアンケート調査を実施し、前述の標準設計における曲柱（運輸省型と呼ばれている）のデザインの評価、網取り作業上の問題点とその対策等について若干の考察を行った。

2. 現行の係船柱のけん引耐力の設定方法

現行の係船柱のけん引耐力は、港湾の施設の技術上の基準（通達）において、船舶のけん引力として示されている。従って、この係船柱のけん引耐力は、係船柱本体や基礎部の設計はもちろん、タイロッド張力の計算、係船岸全体の安定解析などで、係船岸の主要な設計外力のひとつとして用いられている。以下に、その考え方と計算方法の概略を述べる。（詳細は、文献2）を参照のこと。）

係船曲柱・直柱のけん引耐力は、風や潮流などの外力を受けた場合の船舶けん引力、及び、船舶の艦装する係留索の切断荷重の両方を考え合わせて設定している。

* 設計基準部 設計基準研究室

** 設計基準部 前設計基準研究室長

船舶の受ける外力としては、風圧力、潮流力、及び接岸時の接岸抵抗力を考え、船舶の載荷状態に応じてそれらの外力の大きさを比較検討している。その結果は次のとおりである。①潮流力は、岸壁法線方向（以下、船首方向という）に作用し、岸壁法線直角方向（以下船側方向という）に働く風圧力と接岸抵抗力の合力に対し、最大4割程度である。②風速が15m/sになれば、満載時の接岸抵抗力に比べ、空船時の風圧力が大きくなる。この場合、空船時の接岸抵抗力は、風圧力に対し数パーセントである。比較条件は、風速は15m/s、流速2ノット、接岸速度は0.3m/sである。従って、船舶に働く外力としては、空船時の風圧力を考えておけば、おおむね、危険な外力状態を想定したことになり、それをもとに船舶のけん引力の計算を行っても良いとしている。また全風圧力を2個の曲柱（直柱）で受け持つ静的な計算を行い、それを船舶のけん引力としている。風圧力の計算式は次式のとおりである。

$$R_a = \frac{1}{2} \rho_a V_a^2 C_a A_a \quad (2.1)$$

ここに R_a ; 風圧力 (kgf)
 ρ_a ; 空気密度 (0.23kgf・s²/m²)
 V_a ; 風速 (m/s)

C_a ; 抵抗係数 (1.2)

A_a ; 水面上船体側面投影面積 (m²)

ここで対象とした船舶は、貨物船、タンカー、鉱石船である。係船柱に作用するけん引力は次式で与えられる。

$$T = \frac{1}{2} R_a \cdot \frac{1}{\sin \theta \cdot \cos \alpha} \quad (2.2)$$

ここに

T ; 係船柱に作用するけん引力に (tf)

θ ; 係留角度 (係留索と岸壁法線の狭角, 度)

α ; 俯角 (係留索が水平面となす角度, 度)

一方、船舶の艀装する係留索の切断荷重は、旧鋼船規則に定められているワイヤーロープ、マニラロープの切断荷重をもとにしている。鋼船規則では、係留索の切断荷重は船舶の艀装数に応じて定めてあるので、総トンと艀装数の相関式を船舶諸元から算定し、それにより船舶の総トン毎の切断荷重を求めている。

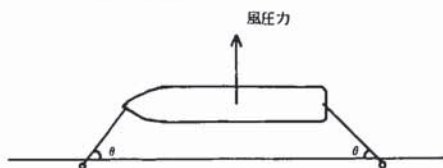
具体的なけん引耐力の設定に当たっては、表-2.1のような計算条件を採用している。曲柱は、バース中間部とその他の曲柱に分け、バース中間部は、係留索1本の切断荷重でその他の曲柱は風速15m/s時の船舶のけん引力、則ち、係留索の張力で決まっている。風速の設定は、台風時に船舶に避難勧告の発令される風速15m/sを根拠に

表-2.1 係船柱のけん引耐力の計算条件

		船舶のけん引力の計算 *1	係留索の切断荷重の計算	備考
曲柱	バース中間部 曲柱	風速 10 m/s 係留角度 $\theta = 25^\circ$	1本の切断荷重	係留索1本の切断荷重に重点を置いて設定している。
	その他の曲柱	風速 15 m/s 係留角度 $\theta = 25^\circ$	5,000 GT 以上は2本の切断荷重	係留索に作用する張力の計算に重点を置いて設定している。
直柱		風速 35 m/s 小型船 (概ね 1,000 GT 以下) 風速 30 m/s 中型船 (概ね 10,000 GT 以下) 風速 25 m/s 大型船 (概ね 10,000 GT 以上) 係留角度 $\theta = 45^\circ$	4本の切断荷重 (概ね 1,000 GT 以下) 3本の切断荷重 (概ね 1,000 GT 以上)	船舶けん引力と切断荷重の両方をすり合わせている。

注) 係留角度とは、岸壁法線と係留索のなす角度である。

*1 参考図



表一 2.2 係船柱の応力計算法と許容応力のとり方

	外力及び方向	胴部の設計	アンカーボルトの設計	底板の設計	備考
直柱	胴部上端にけん引力P (水平) 中央鉛直上向きに P/2 を同時に作用させる。	<ul style="list-style-type: none"> 片持ばりと考え $\sigma_s = \frac{M}{Z} + \frac{P_y}{A} \leq \sigma_{sa}$ で肉厚を決定。 円筒代として7口みしている 	<ul style="list-style-type: none"> 転倒モーメントによる引張応力(σ_{s1})は $\sigma_{s1} \leq \sigma_{sa}'$ 転倒モーメントによる底板下のコンクリート支圧応力(σ_c)は、 $\sigma_c \leq \sigma_{ca}$ 転倒モーメントによる引張応力(σ_{s1})と水平力による曲げ応力(σ_{s2})の和が、 $\sigma_{s1} + \sigma_{s2} \leq \sigma_Y$ 		<ul style="list-style-type: none"> 埋込み部前面支圧応力の検討を行っている ($\sigma_{ca} = 90 \text{ kgf/cm}^2$) アンカーボルト引張応力、コンクリート支圧応力は偏心外力を受ける円筒として計算
曲柱	胴部と頭部の接続部に P の力を鉛直に $0^\circ \sim 90^\circ$ 、水平に $0^\circ \sim 180^\circ$ 変化させ各部応力が最大となる方向をとる。	上に同じ	<ul style="list-style-type: none"> 岸壁法線直角方向の外力に対しては $\sigma_{s1} \leq \sigma_{sa}'$ $\sigma_{s1} = \frac{P}{nA \sin \alpha}$ <ul style="list-style-type: none"> n: アンカーボルト本数 α: アンカーボルト埋込角 A: アンカーボルト1本の面積 岸壁法線平行方向の外力に対しては、直柱に同じ 	2辺固定2辺自由の版の曲げモーメント係数から $\sigma_{ca} \leq \sigma_{ca}$	<ul style="list-style-type: none"> アンカーボルトは傾斜して埋め込み、岸壁法線直角方向の外力は引張で受け持つ 底板にはリブを設けている。
材料		SC 46 $\sigma_{sa} = 1400 \text{ kgf/cm}^2$ (許容応力)	SS 41 $\sigma_{sa} = 1400 \text{ kgf/cm}^2$ $\sigma_Y = 2300 \text{ kgf/cm}^2$ (許容応力) コンクリートは $\sigma_{ca} = 180 \text{ kgf/cm}^2$ (設計基準強度) $\sigma_{ca} = 90 \text{ kgf/cm}^2$	SC 46 $\sigma_{sa} = 1400 \text{ kgf/cm}^2$	

している。直柱は、気象資料から既往の最大風速を概ね 30 m/s 程度とし、その他船型の相異や直柱への網取り本数等を考慮している。

以上、係船柱のけん引耐力の計算方法について、文献 2) に従って述べたが、これらは、設計上、単純なモデル化を行っているために問題点も含まれている。例えば、風速条件や係留方法などは個々の港湾やバースによって異ってくるものであり、また、係留索を破断させる要因についても、使用する係留索の種類や風速条件、係留方法などに左右される。しかし、この程度の単純化は、標準化を行う上で妥当なものと考えることができる。

最後に、現行の係船柱の応力計算法とその許容応力の取り方について表-2.2に示す。胴部、底板、アンカーボルトに発生する応力については、実物大の載荷実験を実施し、その結果をもとにして各部応力の計算法を検討している。転倒モーメントによるアンカーボルト引張応力及び底板下面コンクリート縁支圧応力の算定には、鉄筋コンクリートの偏心荷重を心外に受けた円形ばりの計算法を適用している。底板に作用する水平力によるアンカーボルト応力及び底板前面コンクリートの支圧応力の算定は、アンカーボルトが完全に弾性体に打ち込まれた杭と考えて計算している。ただし、曲柱の場合は、岸壁法線近くに設置され、岸壁法線直角方向の力に対してコンクリートの支圧応力が期待できないため、アンカーボルトを傾斜して埋め込み、けん引力をその引張応力で受け

持つ計算を行っている。許容応力のとり方は、係船柱の胴部、底板については、 $\sigma_{ca} = 1400 \text{ kgf/cm}^2$ 、アンカーボルトは、転倒モーメントと水平力によって生ずる応力の和に対し $\sigma_Y = 2300 \text{ kgf/cm}^2$ を上回らないこととしている。また、コンクリート支圧応力度は設計基準強度 $\sigma_{ca} = 180 \text{ kgf/cm}^2$ に対し $\sigma_{ca} = 90 \text{ kgf/cm}^2$ としている。

3. 鋼船規則の改訂に伴う係留索の切断荷重の変更

昭和53年の鋼船規則の改訂により、艀装品については、アンカー、アンカーチェーン及び索類(マニラロープ、ワイヤロープ)の所要の切断荷重、重量等の変更がなされ、合成繊維ロープ(ポリプロピレン、ビニロン、ナイロン、ポリエチレン、ポリエステル)の切断荷重の規格が、新たに定められた。新しい規定値をまとめて付属資料-1に示しておく。変更の内容は、全般的に艀装品の所要の切断荷重、重量、所要本数などを大きくしたこと、及び、近年の合成繊維索の需要の増大に対応してナイロン、ポリプロピレン等の規格を明示したことである。なお、改訂値は、昭和53年9月1日以降入級申し込み船舶について適用され、それ以前の入級船舶についても船主の希望により適用が可能である。また、当規則は、国際船級協会にも認められたものであるが、国によって適用のしかたが異なり、その拘束力の実態は明らかではない。マニラロープ、ワイヤロープについては、鋼船規則

によれば、船舶の艀装数が決定されれば、所要の切断荷重、本数が定まるようになっているが(付属資料表C 27.1アンカー、アンカーチェーン、索類)合成繊維索については規格が定められているのみで、係留索の選定に当たっては、鋼船規則集・検査要領にもとづくこととされている。当検査要領は、マニラロープの径とそれに対応する各種の合成繊維索の径との対応表(表-3.1)を掲げている。貨物船の艀装数と総トンとの関係を文献3)により求めて、所要の切断荷重の旧値と改訂値との関係を図-3.1に示した。艀装数の算定式及び艀装数と総トンとの関係は付属資料-1に示した。

図-3.1によると、かなり大幅な改訂が行われ、マニラロープ、ワイヤーロープの切断荷重は1,000GTを境界に、改訂値が旧値を上回り、2,000GT以上では、1.5倍~2倍程度となっている。また、マニラロープ、ワイヤーロープに対し、合成繊維索ではその強度の信頼性を配慮して安全率を大きくとり、所要の切断荷重の上増しが行われている。特にナイロン、ビニロンが非常に大きいことが注目される。2.現行の係船柱のけん引耐力の設定方法で述べたように、現行のけん引耐力は、マニラロープ、ワイヤーロープの切断荷重から定められている。これは

当時、マニラロープの使用がかなり多かったことによると推察される。しかし、今回の現地調査の結果では、船舶の係留にマニラロープを使用することはまったくなく、また、ワイヤーロープの使用も合成繊維索に比べて少ない。さらに、合成繊維索はマニラロープに比べ、強度や耐久性の面で優れた性質を有しており、今後も合成繊維索の利用が増すことは明らかである。以上のことから合成繊維索の切断荷重をけん引耐力設定上の基本とするべきと考えられる。なお、切断荷重を緩和する規定として、鋼船規則では、係留索1本の切断荷重が50,000kgf以上で装備する総和が表C 27.1(付属資料)に示す(切断荷重)×(所要本数)以上であれば、係留索の数及び切断荷重の減少が可能であるとしている。しかし、50,000kgf以上の係留索を持っているのは、概ね10,000GT以上の船舶であり、これらの船舶にあっては次章で述べるような設計がなされることもあり、上述の緩和規定は適用され難いと推察する。なお、船舶の寿命は一般に20年と言われ、鋼船規則の改訂が昭和53年9月からの新造船に適用されることから考えて、係留索はただちに、図-3.1に示すような改訂値に統一されるものではないが、漸次、増えてゆくものと考えられる。

表-3.1 マニラロープと合成繊維索の径の対応表

(単位、mm)

マニラロープ	ビニロンロープ		ポリエチレンロープ		ポリエステルロープ	ポリプロピレンロープ		ナイロンロープ
	1種	2種	1種	2種		1種	2種	
	スパン、モノフィラメント	マルチフィラメント	普通糸	強力糸		スパン、モノフィラメント	マルチ・特殊マルチ・特殊モノ・スプリット	
20	18	16	18	15	14	16	15	14
22	19	18	19	17	16	18	17	16
24	21	19	21	18	17	19	18	18
26	23	21	23	20	19	21	20	19
28	24	23	24	21	20	23	21	20
30	26	24	26	23	22	24	23	22
32	28	26	28	24	23	26	24	24
35	30	28	30	26	25	28	26	26
40	35	32	35	30	29	33	30	29
45	40	36	40	34	32	37	34	32
50	44	40	44	38	36	41	38	35
55	48	45	48	41	39	45	41	39
60	53	50	53	45	42	49	45	42
65	58	55	58	49	46	53	49	45
70	62	60	62	53	49	57	53	49
75	67	65	67	56	53	61	57	53
80	71	70	71	60	57	65	60	56
85	75	74	75	64	61	69	64	60
90	80	78	80	68	65	73	68	64
95	84	82	84	72	70	78	72	67
100	89	87	89	75	75	82	75	70

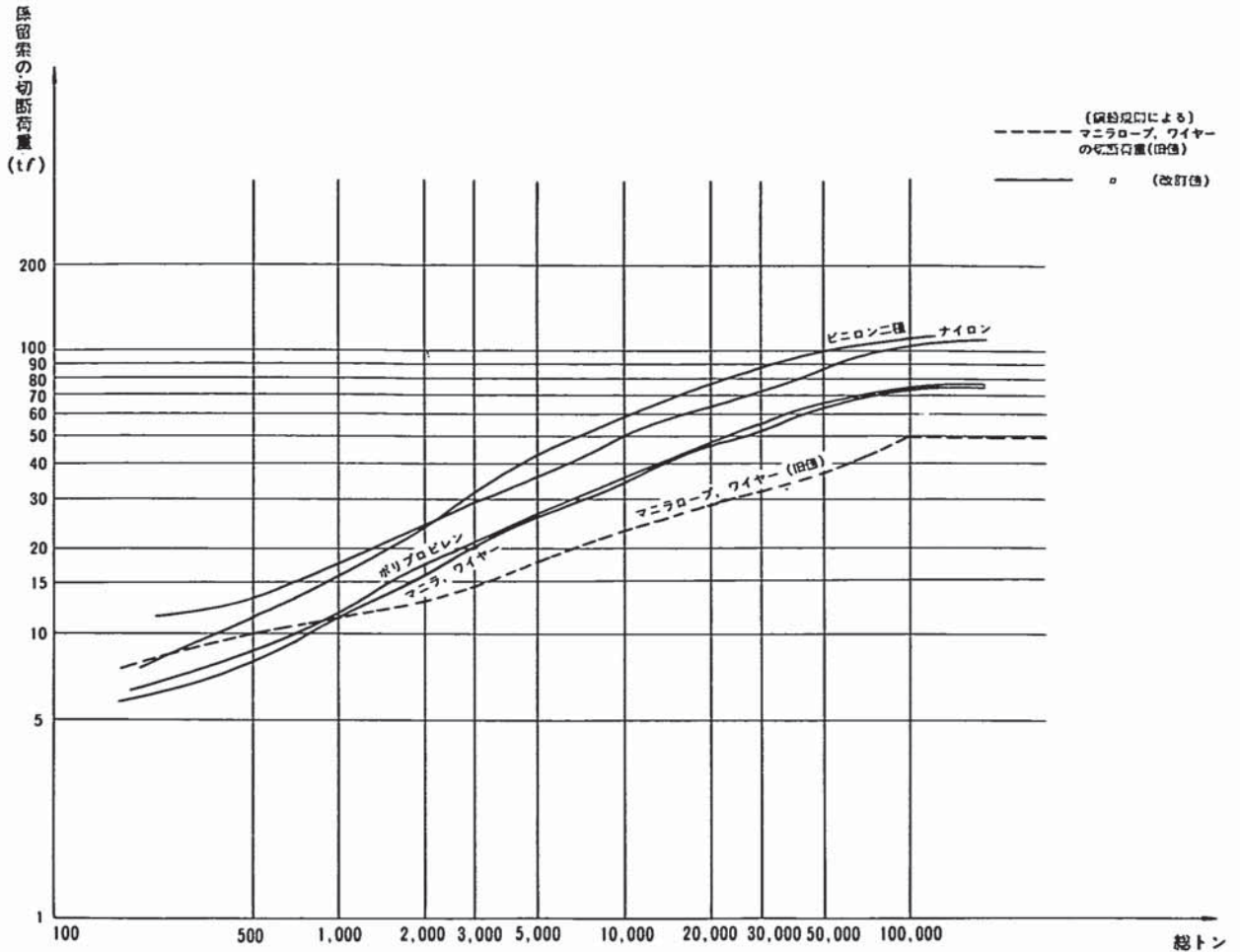


図- 3.1 総トン数, 係留索の切断荷重

4. 係留索, ウィンチ, 係船金物の設計法

日本造船学会では, 造船関係の専門家よりなる委員会を構成し, 船舶の係船装置について設計資料を作成している⁶⁾。それには, 大型船を対象に船舶の受ける外力条件及び係留索, ウィンチ, 係船金物等の設計手法や具体的設計例が示されている。以下, 文献6)に従い, 係船柱のけん引耐力を考える上で必要となる係船装置の設計法について述べる。なお, 文献6)は法的な根拠に基づくものではないので実態は必ずしもそれに従っているとは言えないが, 造船関係者の間では手引き的な利用がなされている。また, 対象とする船舶は大型船であり, 範囲は明確にされていないが, 記述の内容から見て貨物船で10,000 DW以上, タンカーで100,000 DW以上が対象となっているものと考えられる。

(1) 係留索の安全率

係留索の安全率として以下の値を用いている。

ワイヤーロープ	2.5
マニラロープ	3.25

合成繊維索 3.8

ワイヤーロープの安全率は, クレーン構造規則における安全率及び港湾で用いられるタイロッド材の安全率を表-4.1にまとめて示すが, 特に大きな値ではない。

マニラロープの安全率は, その根拠は明確でないが, ロープの衰耗が大きいことを考慮してワイヤーロープの安全率を3割だけ割増ししているものと推測される。合成繊維索はマニラロープに比べ強度的に優れており腐敗しないので耐久性が良い。しかし, 一般的傾向として, 熱に弱く, 高荷重の状態では摩擦を受ける場合にたみやすく, また, 水にぬれた時に強度は低下する。安全率を定めるについては, 本来ならば各種の索に応じて定めるのが合理的であるが, 現段階でその定量化は難しいため, ナイロン, ビニロン系のぬれた時の強度低下を考慮して一率に3.8と定めている。

(2) 船舶に働く外力及び係留索の設計

接岸移動時や接岸係船時など船舶の状態に応じ, 風圧抵抗, 潮流抵抗, 形状抵抗, 推進器抵抗の4種類の外力を想定し, それらの外力の組み合わせについて船側・船

表-4.1 ワイヤロープの安全率

種	類	安全率
クレーン構造規則	巻上用ワイヤロープ (第40条のクレーンの巻上用ワイヤロープを除く)、ジブの起伏用ワイヤロープ、横行用ワイヤロープ又はケーブルクレーンの走行用ワイヤロープ	5
	ジブの支持用ワイヤロープ、緊張用ワイヤロープ又はガイロープ	4
	ケーブルクレーンのメインロープ又はレールロープ	2.7
	第40条のクレーンの巻上用ワイヤロープ	9
港湾の矢板控え材	ロックドコイル形ロープ及びワイヤロープ	常時4.0以上 異常時3.0以上
	PC 鋼線を用いたタイワイヤー	常時3.8以上 異常時2.5以上

註 ただし、クレーン構造規則第40条のクレーンとは、運転室又は運転台が巻上用ワイヤロープによりつられており、かつ、荷の昇降とともに昇降する方式のクレーンでスタッカ式クレーンのことをいう。

首方向別に単純加算する方式をとっている。外力の組み合わせ条件は表-42に示すとおりである。各外力の算定式は付属資料-2に示したので参照されたい。風圧力の算定にあたって風速は、接岸移動時で10m/s接岸係船時で15m/sを標準としている。

係留索の設計計算は上述の外力をもとに式(4.1)～式(4.2)によって行うこととしている。

$$T = \frac{R}{\cos(90 - \theta) \cos \alpha} \quad (4.1)$$

$$R = \sqrt{R_L^2 + R_T^2} \quad (\text{船側, 船首方向の合力, } R)$$

T : 総張力 (tf)

θ : 係留角度 (度)

α : 俯角 (度)

$$F_T = \frac{T}{n} \times f \quad (4.2)$$

F_T : 係留索1本の所要切断荷重

n : 係留索の本数

f : ロープの安全率

この計算において、 $\alpha = 0^\circ$ 、接岸移動時 $\theta = 45^\circ$ 、接岸係船時 $\theta = 30^\circ$ として良いとしている。この方式においても係留索の所要強度は2.現行の係船柱のけん引耐力の設定方法で述べたと同様に接岸係船時の風速15m/sによる風圧力が支配的であり、それにより定まる結果となる。

(3) ウィンチ、係船金物の設計

係留索に作用する張力やその切断荷重をもとに設計されるものに、ウィンチや係船金物などの係船措置がある。その設計方法の概要は以下のとおりである。

ウィンチは係留索をつなぎとめ、船舶の状況に応じて係留索の巻き込み、巻き出しを行うためのものである。通常、用いられているものは、ブレーキドラムウィンチと呼ばれ、係船中はドラムにブレーキをかけておくことによって係留索の張力を支持させるものである。ブレーキドラムウィンチでは、係船中に喫水の変化などに応じて係留索の張力の調整を行う必要があるので張力の変化に対応し易い合成繊維索が使われることが多い。また、最近では、張力の増減に対応し自動的に係留索の巻き出し、巻き込みを行う自動ムアリングウィンチが使用されることもある。この方式によれば、喫水の変化、風力、波浪等により大きな外力を受けた場合にも、係留索の張力を確実に許容範囲内に保持することができる。ただし、係留索の伸び量の大きい合成繊維索には適さず、もっぱ

表-4.2 外力条件の組み合わせ

係船法	船体抵抗		風圧抵抗		潮流抵抗		形状抵抗		推進器抵抗		各成分毎の抵抗
	R_L	R_T	R_{wL}	R_{wT}	R_{cL}	R_{cT}	R_{sL}	R_{sT}	R_{pL}	R_{pT}	
接岸移動時	L		○						○		$\Sigma R_1 L$
	T	○						○			$\Sigma R_1 T$
接岸係船中	L		○						○		$\Sigma R_2 L$
	T	○									$\Sigma R_2 T$
接岸係船中 (前後に移動)	L		○						○		$\Sigma R_3 L$
	T	○									$\Sigma R_3 T$
ブイ係船	L		○						○		$\Sigma R_4 L$
	T	○									$\Sigma R_4 T$
一点係船 ブイ係船	L	○	○						○		$\Sigma R_5 L$
	T									○	$\Sigma R_5 T$

註 L : 船首方向 T : 船側方向

らワイヤーロープのウィンチとして用いられている。

ウィンチの設計に用いられる荷重は表-4.3のようにまとめられる。定格荷重は、定格速度で巻込む際に係留索に生ずる張力であり設計の基本となる荷重である。ブレーキ力は、ブレーキドラムウィンチが抵抗し得る最大の抵抗力であり、自動ムアリングウィンチの自動係船時最大繰出張力は、ブレーキドラムウィンチにおけるブレーキ力に相当する。すなわち、ブレーキ力を越える張力が作用した場合ブレーキドラムは回転するので、それ以上の力は生じないことになる。このブレーキ力は表-4.3に示すように係留索の使用最大荷重としており、これは、式(4.2)における T/n に対応する。弛緩した係留索が急激に張ってメインドラムが急速に回転しなければならない場合があるので、ブレーキ力を索破断強度までとすることは危険で、少なくとも静止中のメインドラムを起動させる張力分だけは余裕を残しておくことが必要である。

係船金物は、挽索径(引綱)をもとにして係船金物装備基準表がまとめられている(付属資料-2参照)。けん引耐力を考える上で特に重要な関係を有するのは船舶のボラードの強度である。係船柱に綱取りされる係留索はフェアリーダやユニバーサルショックを経てウィンチに連結されるが、係留索の本数が増えるとウィンチだけでは間に合わず、ボラードに直接結びつけられることが一般的である。ボラードの強度は挽索の切断荷重に対して安全率を1.4以上にとることとしている。挽索の切断荷重は、係留索の切断荷重(マニラロープ、ワイヤーロープ)の2倍~3倍程度であるので、ボラードの強度は、係留索の切断荷重の3倍~5倍程度となる。

(4) 設計計算結果

前述の方法による係留索、ウィンチ、係船金物の所要強度の試算結果を図-4.1に示す。ウィンチのブレーキ力については、係留索に働く張力(T/n)による値と、定格荷重によってウィンチを選定した場合のブレーキ力の範囲を示した。ウィンチは、通常、定格荷重が第一の選定要因であり、ウィンチの機種によってブレーキ力もば

らついた値となる。図中の斜線部は実例からこのばらつきの範囲を示したものである。

図-4.1より、以下のことが言える。

- ① 係留索の所要強度(切断荷重)は、鋼船規則の改訂値と概ね一致する。
- ② ボラードの強度は、係留索の切断荷重に対して、はるかに大きい。
- ③ ブレーキ力は、係留索の切断荷重より若干下回る。従って、係留索に切断荷重に近い張力が働くと、計算上は、ブレーキドラムが回転する可能性がでてくる。しかし、船員等の経験によれば、係留索が破断に至るような状態においても、ブレーキドラムが回転することはほとんどない。また、荷重速度や荷重方向にもよるが、ウィンチの種類によってブレーキ力にかなりのばらつきがあること、風速が大きくなると、ウィンチよりもボラードにより多くの係留索がとられることなどを考えれば、ブレーキ力を張力の制限要因としてとらえることは危険である。

以上のことから、係留索の切断荷重は鋼船規則の改訂値でみておけば十分であること、また、船舶の装備するボラード、ウィンチは、係留索1本の切断荷重と同程度かそれ以上の耐力を有しているものとして扱って良いと考えられる。

5. 係船柱の利用状況に関する現地調査結果

横浜港本牧ふ頭、新潟港臨港ふ頭において係船柱の利用状況に関する現地調査を実施した。係船柱の利用状況に関しては、当所、設計基準課が昭和39年~昭和41年の3年間神戸港新港ふ頭に接岸した10,000隻に及ぶ船舶の係留状況を解析し、曲柱や直柱にとられる係留索の本数とその利用頻度、係留角度等について豊富な成果を得ている。今回行った調査は小規模なものであるが、従来の資料で不足している点、例えば、船舶の艦装している係留索の切断荷重や係留方法を詳細に把握することに重点を置いた。調査内容は表-5.1のとおりである。以下

表-4.3 ウィンチ設計荷重

ウィンチの種類	設計荷重
ブレーキドラムウィンチ	定格荷重 = 接岸時最大巻取荷重 定格速度 15m/min以上 ブレーキ力 = ロープの最大使用荷重
自動ムアリングウィンチ	定格荷重 = 接岸時最大巻取荷重 定格速度 15m/min以上 自動係船時最大繰出張力 = ロープの最大使用荷重

註 定格荷重とは定格速度で巻込際の係留索の張力であり、定格速度は一般に、15m/minとされている。

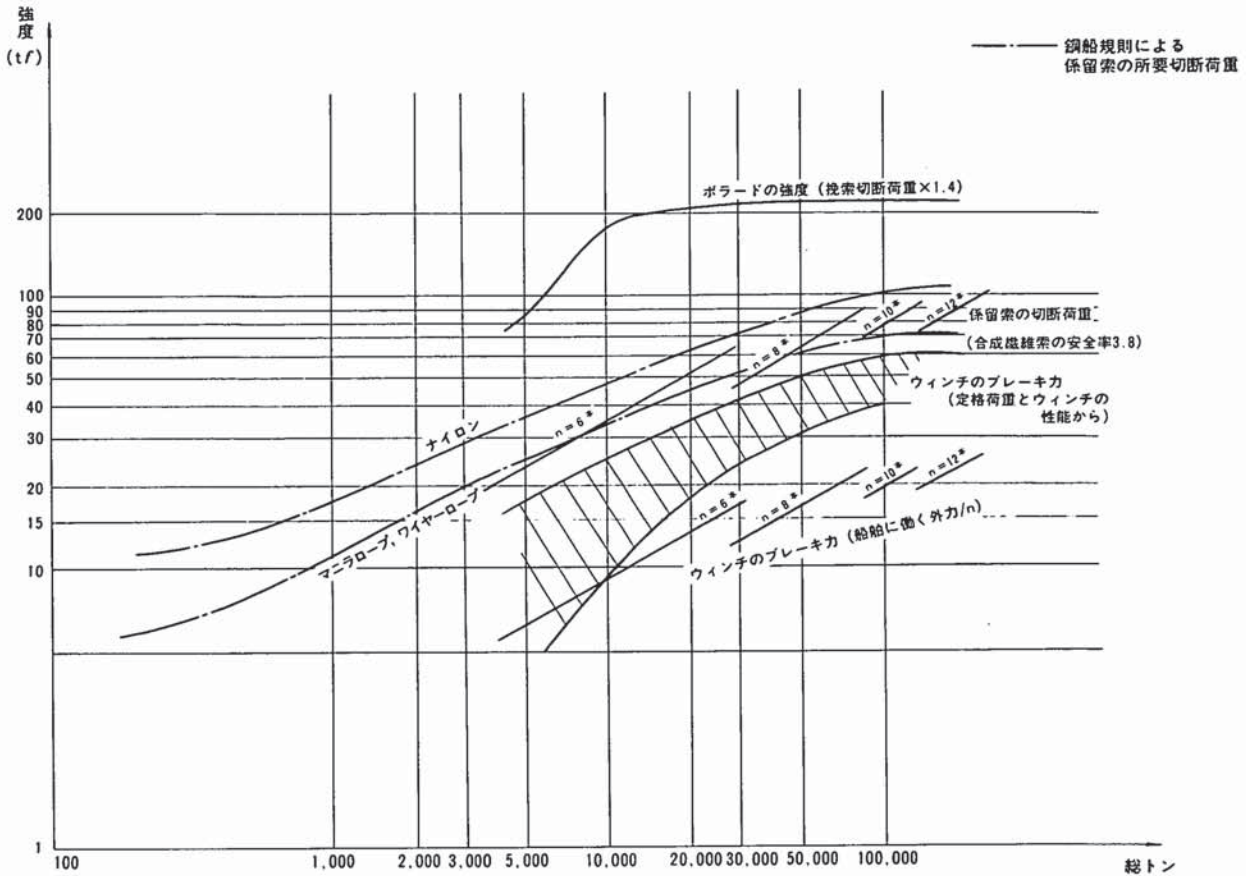


図-4.1 係留索、ウィンチ、係船金物の設計計算結果
(大型船の係船操置計画指針)

にその結果を簡略に示し、一部は巻末の付属資料-3に掲げる。

表-5.1 調査内容

調査場所	横浜港本牧C、Dふ頭 新潟港臨港ふ頭
調査年月日	横浜港 昭和56年3月3日～9日 新潟港 昭和56年3月13日～19日
測定項目	① 気象海象条件；風向、風速、波高、波周期 ② 船舶諸元；GT、船長等 ③ 使用された係留索の種類、本数、長さ ④ 着岸時、離岸時の綱取り、解らん順序 ⑤ 荷役時の係留状況 ⑥ 相ビットの状況
現地ヒヤリング内容	① 暴風時の対策 ② 綱取り作業上の問題 ③ 直柱の利用状況 ④ その他の諸問題

対象とした船舶の総数は48隻で、うち4隻が調査期間内に繰り返し接岸している。それを総トンで階級別に示したものが表-5.2である。新潟臨港ふ頭は石油木材等の船舶であり3隻を除いて日本船である。横浜港本牧ふ頭はコンテナ船7隻、その他は貨物船で、国籍別では日本船が3隻、その他は外国籍である。対象とした船舶の船型は、新潟臨港ふ頭では、比較的小型船が多く、横浜港で大型船が多くなっており全体に適度な分布になっている。

表-5.2 対象船舶一覧

総トン数	横浜本牧ふ頭		新潟臨港ふ頭		総計
	日本船	外国船	日本船	外国船	
500-以下			4		4
500-1,000			7		7
1,000-3,000	1	2		1	4
3,000-5,000	1	3	1	1	6
5,000-10,000	1	4	1		6
10,000-20,000		9		1	10
20,000以上		6	1		7
合計	3	24	14	3	44

5.1 係留索の材質と切断荷重

使用されていた係留索の材質は図-5.1のとおりである。

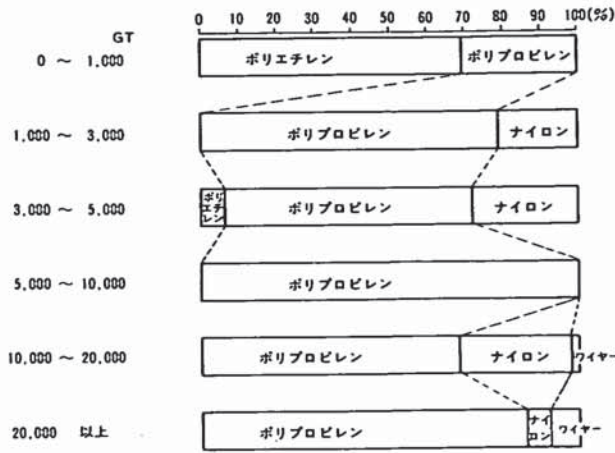


図-5.1 使用された係留索の材質

全体にポリプロピレン系の係留索の使用が多く、1,000 GT以下でポリエチレン系、また船舶が大型になるとナイロン、ワイヤーロープの使用も認められる。またマニラロープの使用は皆無であり、係船担当者等へのヒヤリ

ング結果でもほとんど利用されていないことが明らかとなった。ワイヤーロープの使用は、横浜港の外国籍船に多く、図-5.1の比率は、ワイヤーロープを単独で用いたものの比率であるが、ワイヤーロープと繊維索を連結して用いているものはかなり多く、全体の10%程度であった。連結は、岸壁側に繊維索、船側にワイヤーロープがくるようアイスプライスでとめられている。このような使用が行なわれるのは、係留索を水中に落とした場合でも沈まないこと、及びワイヤーと係船柱の摩耗を防止するためと考えられる。

次に、係留索の切断荷重について調べた結果を図-5.2 (a)~(c)に示す。切断荷重は、係留索の種類と直径の実測値から鋼船規則の規格表(付属資料-1参照)により求めた。係留索の種類は例えばポリプロピレン系でも一種及び二種があり強度が異なるが、その判別がつかないものについては大きい方の強度を用いた。また、係留索の摩耗によって本来のロープ径がわからない場合は、実測値のすぐ上のランクのロープ径を用いた。ワイヤーロープと繊維索が連結されている場合は、強度の小さい方の切断荷重を用いた。

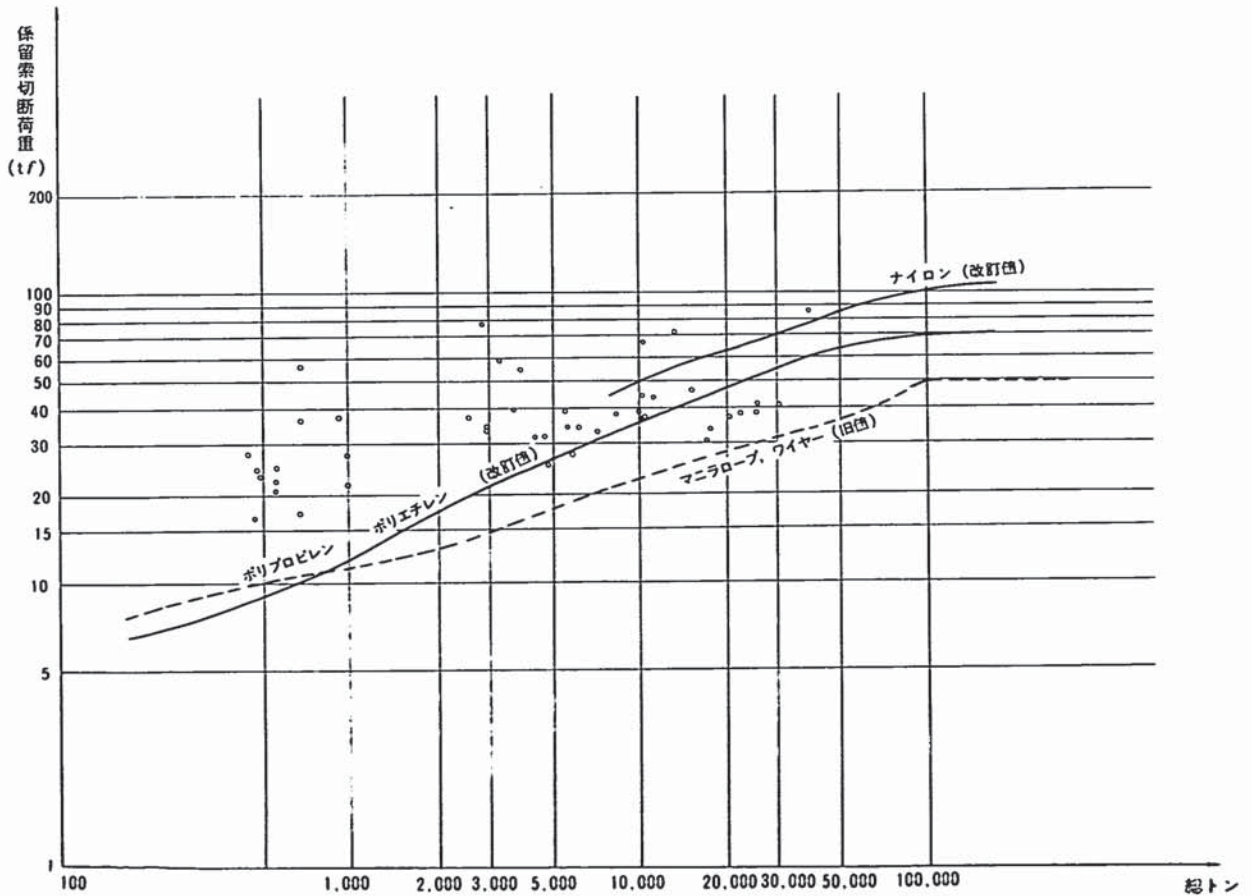


図-5.2(a) 係留索1本の切断荷重(1船当りの平均値)

図-5.2(a)は、一隻から網取りされた係留索の切断荷重の平均値を示している。実線と点線で、鋼船規則による新、旧の係留索の切断荷重を示している。図によれば、10,000GT以下の船舶ではほとんど規定以上の強度をもった係留索を使用していることがわかる。特に、1,000GT以下の船舶では16tf~58tf程度の規定よりかなり強いものを持っている。10,000GT以上の船舶では、鋼船規則の改訂値をやや下まわるものがみられる。図-5.2(b)に、離着岸時に使用された係留索の切断荷重を示す。現行のけん引耐力の考え方では、離着岸時は操船上の問題により係留索の切断荷重いっぱいまでの力が働くことが予想されるため少くとも索1本の切断荷重は必要としている。図-5.2(b)によれば、前述の平均切断荷重とほぼ同様の傾向がみられ、ほとんどが旧規定にもとづく値よりかなり大きくなっている。次に、曲柱1本にとられた係留索の切断荷重の総和を図-5.2(c)に示す、図中の実線は現行の曲柱けん引耐力である。パウライン、スターラインにとられる係留索の本数が最も多く、1,000GT未満の船舶で1本、1,000GTを越える船舶では2本~3本、10,000GT以上の船舶では4本とすることもある。

同じ曲柱にとられる係留索でもその強度や長さ、方向が異なるので単純な加算はあまり意味がないと思われるが、曲柱の耐力に比べほとんどの船舶が2倍~5倍程度の大きな強度を有していることがわかる。

5.2 係留索の使用本数と係留方法

係留索の平均使用本数と最大使用本数を図-5.3に示す。今回の現地調査の実施期間中は概して平穏な天候で、昭和56年3月15日横浜港で早朝から夕暮まで風速10~20m/sが観測されたほかは、風速10m/s未満であった。3月15日の横浜港本牧C及びDふ頭では入港船1隻、出港船1隻と極端に少なかった。この日に接岸していた船舶は5隻で、風向は船首または船尾方向からであり船舶の受けた抵抗は小さいと判断されるが、やはり使用された係留索の本数は多く、すべての船舶で平均値を上回っていた。鋼船規則に規定された係留索の最小所要本数は、5,000GT以下で4本、10,000GTで5本、15,000GT~100,000GTで6本~8本程度であるので、それよりはかなり多くの係留索を使用していることになる。また、気象海象条件が厳しくなれば、1本の係留索(全長100~200m)を折り返して使うことも実際には行われてお

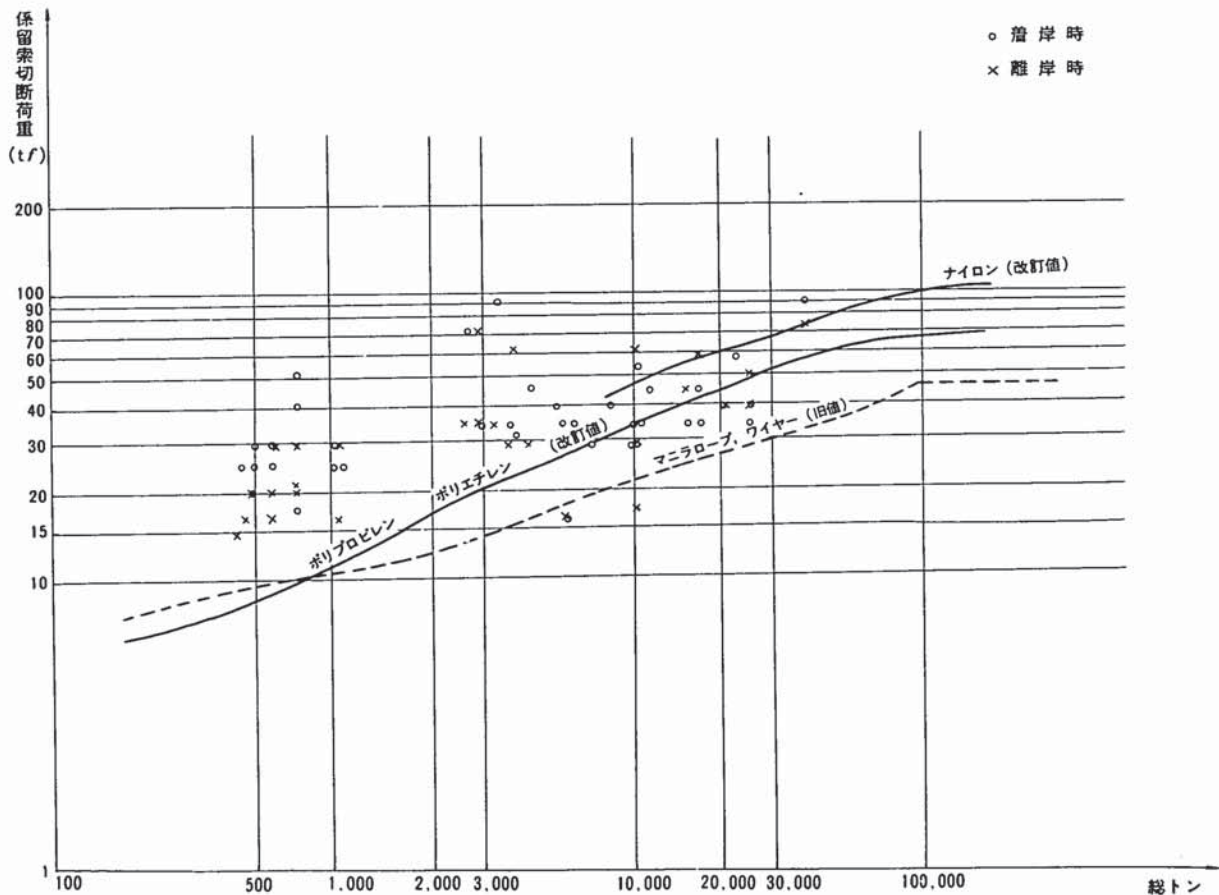


図-5.2(b) 離岸時、着岸時に使用された係留索の切断荷重

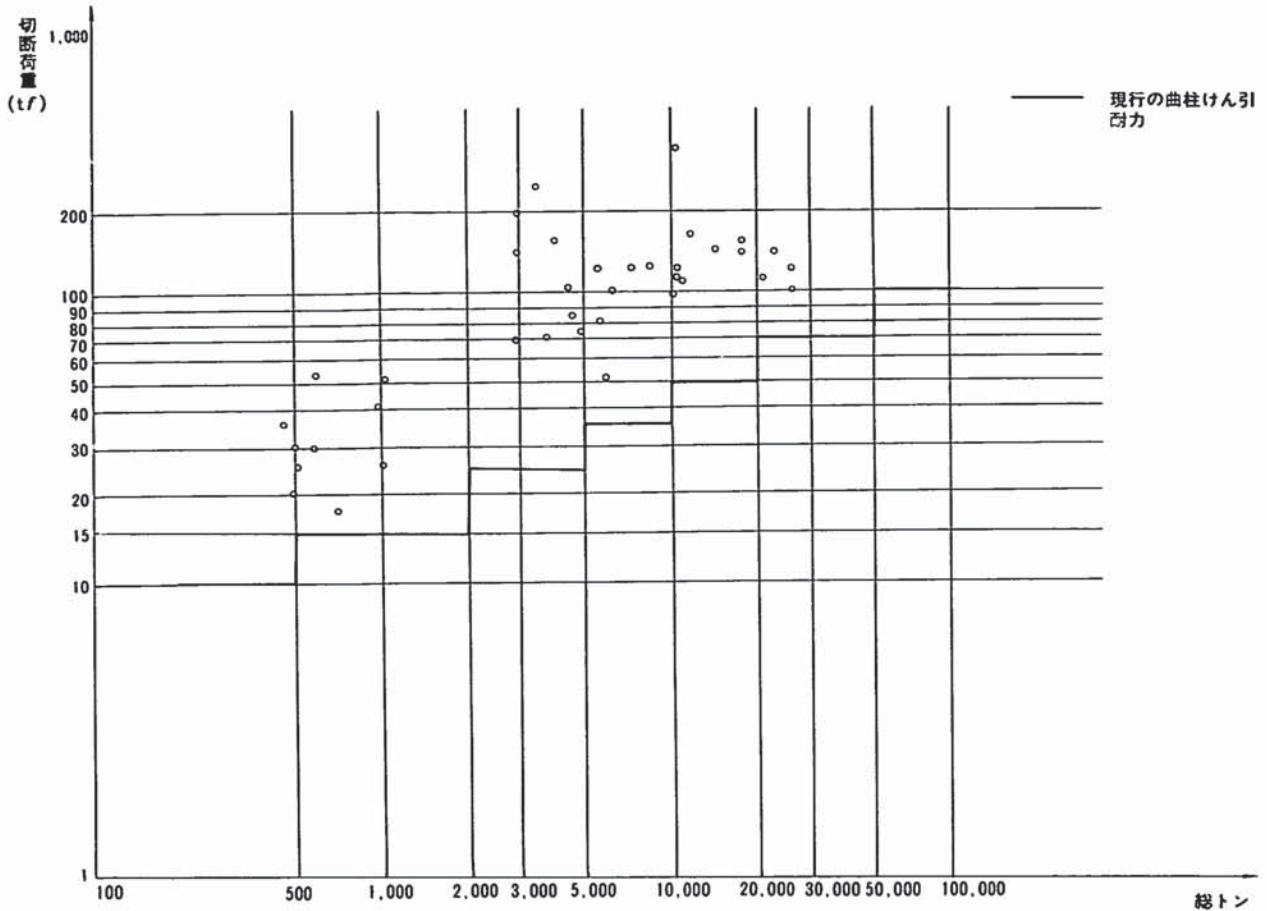


図-52(c) 曲柱1本にとられた係留索切断荷重の総和

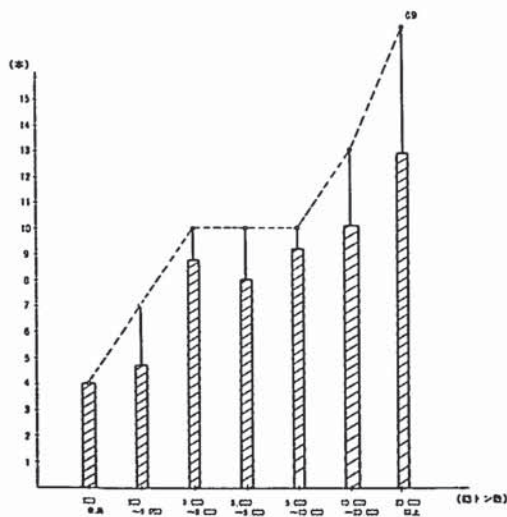


図-5.3 係留索の平均使用本数

り、係留柱にとられる係留索総数はさらに多くなると推定される。

次に、荷役時の係留索の取り方についてまとめたものを図-5.4に示す(図には各ラインの一般的な呼称も示した)。図中の③と④のスプリングラインは、係留角度が

45°以下のもの、②と⑤のプレストラインは、③及び④以外のもので①及び⑥と同一の曲柱にとってないものとして扱っている(係留角度、ロープ長等は付属資料を参照のこと。)図によれば、全般的にプレストラインをとるものは半数程度で、バウ、スターンライン、及びスプリングラインはほとんどの船舶がとっている。また、1,000 GT未滿を除きバウ、スターンラインに2本~3本の係留索がとられ、スプリングラインには通常1本で、多くて2本程度である。文献2)には、船首もしくは船尾からとった係留索の合計本数をまとめているが、本調査の結果も、それと同様の結果である。図-5.4により一般的な係留パターンが把握できたので、この結果を用いて係留索に作用する力を算定することが可能となる。

なお、接岸係留中、極端に係留索のたわみが確認されたものは係留索総数の15%程度で、特に外国船に多く見られた。

最後に、着岸及び離岸の方法について述べる。着岸時に最初に取られた係留索、離岸時に最後に離された係留索のラインを表-5.3に示す。離着岸の方法は風向きと深い関連があると言われるが、今回の場合、風速が全般に

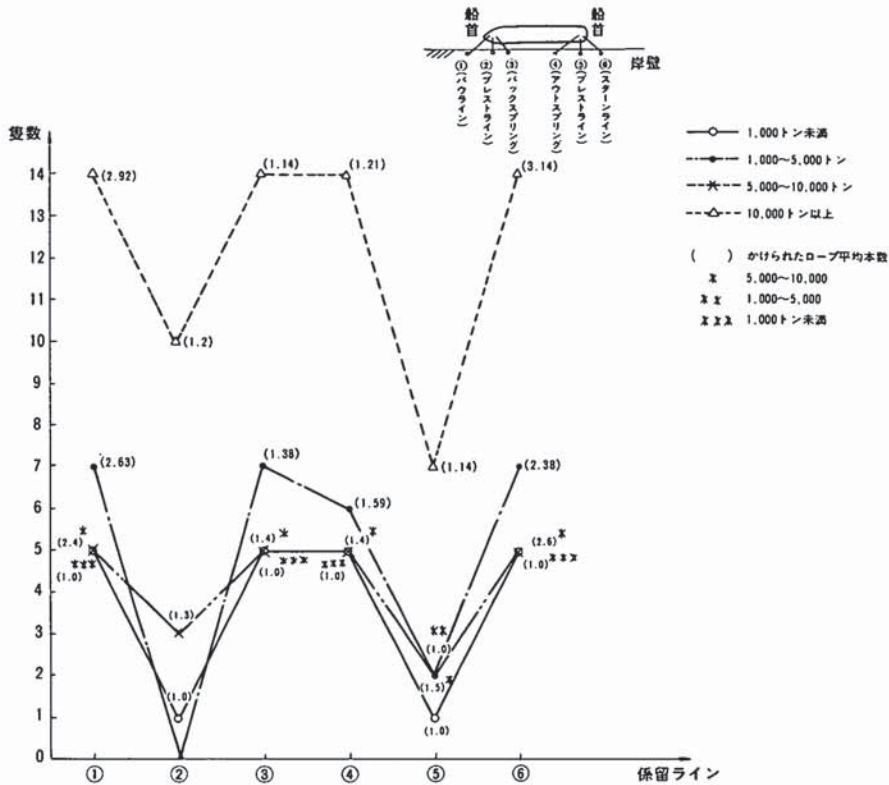
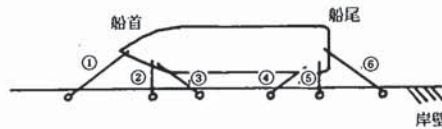


図-5.4 係留タイプ(各ウインにとつた隻数)

表-5.3 着岸時, 離岸時に使用された係留索

	①	②	③	④	⑤	⑥
着岸時に最初にとられたライン	30	0	12	1	0	2
離岸時に最後に離されたライン	10	1	11	5	1	6



小さいこともあり, 風向とは明確な関連は見られなかった。着岸の方法は, 一般に船首からアプローチし, バウライン→バックスプリングライン→スターンライン→アウトスプリングという順に取られている。離岸時は, 船尾から離れるものが船首から離れるものの2倍程度ある。なお, タグボートは横浜港で全船舶が使用し, 新潟臨港では大型の船舶を除いて使用されておらず自力接岸している。

6. 船舶のけん引力の計算

6.1 数値シミュレーション手法によるけん引力の計算

当所 海洋構造研究室で開発された係留船舶の動揺解析シミュレーションモデルを用いて船舶のけん引力を計算する。

現行の船舶のけん引力は, 風や潮流等によって船舶が受ける外力を算定しそれを係留方法に応じて静的に分配する方法がとられてきたが, この方法では, 波力や船舶の動揺等の影響を含ませることができない。ここでは,

船舶の動揺を考慮したシミュレーションモデルを用いて, 風や波の作用時に係留索に生ずる張力について計算を行った。

(1) シミュレーション条件

本シミュレーションの波力の計算法は, 船体の長軸直角方向の断面に長軸直角方向から作用する波力, 造波抵抗力を求めそれを長軸方向に積分する方法(ストリップ法と呼ばれる)を用いており文献8)に詳しく述べられている。なお, 船体はルイスフォームで近似し, 流体力係数は計算で得られた値をそのまま用いている。外力は, ブレッドシュナイダー・光易型の周波数スペクトルを用いた不規則波を, 風はダーベンポートの周波数スペクトルを用いた変動風を採用しているが, これらによる外力の算定については文献9)を参照されたい。運動方程式は, 式(6.1)に示すとおりである。

$$\sum_{j=1}^n \{ (M_{ij} + K_{ij}) \ddot{x}_j + N_{ij} \dot{x}_j + B_{ij} x_j + R_{ij}(x_j) \} = F_{0i} + F_i \cos(\omega t + \epsilon_i) \quad (6.1)$$

ここに、

M_{ij} : i 方向の強制力による j 方向の運動成分に対する質量 (慣性モーメント), (kgf または kgf·m)

K_{ij} : i 方向の強制力による j 方向の運動成分に対する付加質量 (付加慣性モーメント), (kgf または kgf·m²)

N_{ij} : i 方向の強制力による j 方向の運動成分に対する線形減衰係数 (kgf/s または kgf·m²/s)

B_{ij} : i 方向の強制力による j 方向の運動成分に対する静的復原力係数 (kgf/s² または kgf·m²/s²)

$R_{ij}(x_j)$: i 方向の強制力による j 方向の運動成分に対する係留系の反力 (kgf·m/s² または kgf·m²/s²)

F_{0i} : 定常外力を含む高次の外力 (風圧力) (kgf·m/s² または kgf·m²/s²)

F_i : i 方向へ働く波強制力 (kgf·m/s² または kgf·m²/s²)

σ : 波強制力の角周波数 (s⁻¹)

ϵ_i : 位相差

である。ただし、 $i, j = 1, 2, \dots, 6$ で、 x_j は運動のモードを示し、 $x_1 =$ サージ、 $x_2 =$ スウェイ、 $x_3 =$ ヒープ、 $x_4 =$ ロール、 $x_5 =$ ピッチ、 $x_6 =$ ヨウである。

定常外力としては風圧力をとっており、風圧力の抗力係数は風向に応じ下式で示される C_x, C_y, C_m の3つを与えている。

$$C_x = \frac{F_x}{\frac{1}{2} \rho A_x V^2} \quad (6.2)$$

$$C_y = \frac{F_y}{\frac{1}{2} \rho A_y V^2} \quad (6.3)$$

$$C_m = \frac{M_\phi}{\frac{1}{2} \rho A_y L V^2} \quad (6.4)$$

C_x : x 方向の風圧力係数

C_y : y 方向の風圧力係数

C_m : 鉛直軸回りのモーメント係数

F_x : x 方向の風圧力

F_y : y 方向の風圧力

M_ϕ : 鉛直軸回りのモーメント

A_x : x 方向の水面上船体側面投影面積

A_y : y 方向の水面上船体側面投影面積

L : 船 長

ρ : 空気密度

V : 風 速

本シミュレーションの実施上、問題と考えられるのは、岸壁からの反射波の影響を考慮していないこと、及び流体力係数 (付加質量係数、減衰係数) の修正を行っていないことであるが、反射波の影響については、岸壁前面が船舶でしゃへいされているのであまり大きくないと考えられる。流体力係数については、矩形浮体の場合には、修正法の提案も行なわれているが⁹⁾、ここで扱ったルイスフォーム断面の場合には実験データも少なく信頼のおける修正法も見当たらないため、計算値をそのまま適用することとした。これらの点については、今後、模型実験や現地調査の結果を蓄積し、さらに精度の向上を図る必要がある、ここで行った計算も、そうした問題を持っていることに留意しなければならない。また、ここで用いたシミュレーションモデルはうねり等の長周期波中における運動の再現性について、十分な検討がなされていないので、ここでは検討の対象にしなかった。

(2) 計算ケース

対象船舶は、10,000GT、1,000GTの貨物船で風の受圧面積が最も大きくなる空船時での計算を行った。計算ケースは表-6.1に示すとおりである。まず、風と波をそれぞれ別個に主方向を変えて作用させ、その後、風と波を組み合わせて計算を実施した。波の条件は、荷役の限界的な波高として $H_{1/2} = 1$ m とした。風速は 15m/s を中心に 30m/s ~ 40m/s まで変化させている。また、10,000GT 船では、係留索の強度 (バネ定数) と直柱の配置を変えた場合、及び満載時の波力の計算も行った。その他係留方法や係留索の長さ等を変化させた場合についてもいくつか計算を実施した。なお、計算時間は、各ケースとも外力の作用後10分間としている。

(3) インプットデータ

① 船舶寸法の諸元

船舶寸法は文献3)による回帰式より、10,000GT、1,000GT貨物船の基本的な値を定めた。また、型深さ、メタセンター高、環動半径等は、既存の調査例¹¹⁾¹²⁾を参考にして定めた。それらの値を表-6.2に示す。また、ルイスフォーム近似に必要な船軸直角方向断面は、船舶技術研究所で使用された貨物船の模型船の断面諸元を上で求めた基本寸法に拡大して設定した。計算された船舶の排水量は、

10,000GT; 軽荷排水量 10,508 tf, 満載排水量 22,239 tf

表-6.1 シミュレーションケース一覧

(a) 10,000 GT標準船 (空船時)

ケース数	風		波		
	風向(度)	風速(m/s)	波向(度)	波高 $H_{1/3}$ (m)	周期 $T_{1/3}$ (s)
1~11	0-110	15	—	—	—
12~24	—	—	0-110	1	7
25~31	—	—	90	1	5-11
32~42	0-110	15	90	1	9
43~47	70-110	10	90	1	9
48~52	70-110	20	90	1	9
53~57	70-110	30	90	1	9
58~62	70-110	40	90	1	9
63~64 ^{*1}	90	15	90	1	9
65~68 ^{*2}	90	30	90	1	9
69~79 ^{*3}	—	—	0-110	1	9
80~85 ^{*4}	90	15	90	1	9

- * 1 係留索の張力を変化(表-6.3参照)
- * 2 直称の配置を変化(表-6.4参照)
- * 3 満載時
- * 4 係留方法等を変化(表-6.6参照)

表-6.2 対象船舶の寸法諸元

総トン数	10,000 GT		1,000 GT
	空船時	満載時	空船時
船長 L_{pp} (m)	156.9	156.9	71.5
船幅 B_0 (m)	21.0	21.0	11.29
型深さ D (m)	13.0	13.0	5.5
喫水(m)	4.62	8.89	2.29
正面風圧受圧面積(㎡)	420.3		148.2
側面風圧受圧面積(㎡)	1678.1		564.5
メタセンター高(m)	1.5	1.5	1.5
C_B (ブロック係数)	0.674	0.73	0.505
水深	10.5	10.5	7.5
横環動(m)	7.98	6.93	4.29
ローリング固有周期	13.09	11.37	9.68
サージング付加質量	0.015	0.015	0.015

1,000GT; 軽荷排水量 956 tf, 満載排水量 2,366 tf

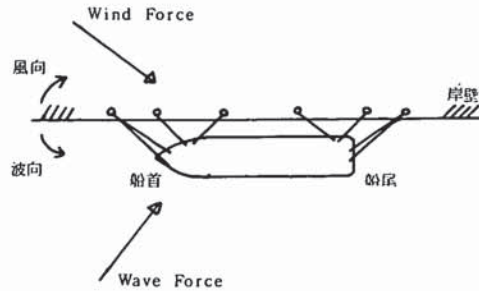
と概ね妥当な値である。

② 係留系の設定

係留柱の配置は現行の標準設計に示されている値を採用し、10,000GTで25m、1,000GTで10mの設置間隔とした。係留索は、それらの曲柱に対し、船首側と船尾側とがほぼ対称になるよう配備し、それによって生じる係留角度、仰角は、現地調査の結果や文献²⁾に合致するようにした。係留索の本数や強度は、前述の現地調査

(b) 10,000 GT標準船 (空船時)

ケース数	風		波		
	風向(度)	風速(m/s)	波向(度)	波高 $H_{1/3}$ (m)	周期 $T_{1/3}$ (s)
1~11	0-110	15	—	—	—
12~24	—	—	0-110	1	7
25~36	0-110	15	90	1	7



結果をもとに、10,000GT、1,000GTとも総数で10本、バウラインとスターンラインに3本ずつ(図-6.1の①、⑧に2本、②、⑦に1本)とし、その他は1本ずつとした。係留索の強度は、10,000GTでポリプロピレンφ65、41.0tf(切断荷重)、1,000GTでポリプロピレンφ50、25.0tf(切断荷重)とした。暴風時の係留方法は、今回の現地調査では明らかでなく、係留直柱の配置状況や暴風の性格によってもかなり異なると考えられるが、風速20m/sまでは曲柱のみが使用され、風速30m/s以上では直柱にも係留索の増取りが行われるものとした。直柱への網取りは船首、船尾からそれぞれ45°方向に係留索が2本使用されるものとした。

防げん材の配置間隔は、既存の実施例¹³⁾をもとに、10,000GTで25m、1,000GTで10mとした。

なお、係留索、防げん材の反力特性は、それらのパンフレット等から非線型特性を考慮して入力した。

(4) 計算結果

① 10,000GT船

風速15m/sで風向を0°~110°まで変化させて係留索の張力を求めたものを図-6.2に、波高($H_{1/3}$)1m、周期($T_{1/3}$)9sで波向を0°~110°まで変化させた結果を図-6.3に示す。図中、①及び⑧は2本分の係留索の張力が含まれている。図-6.2によれば風向の変化に対する係留索張力の応答が顕著であり、70°~90°の範囲で最大の張力が生じている。これらの結果は風向別の抗力係数(C_v)の大きさと対応している¹⁰⁾。①の張力が⑧に比べ

表-6.3 係留係の設定

総トン数		10,000 GT	1,000 GT
係留索	種類, 径	ポリプロピレン2種 $\phi 65$	ポリプロピレン2種 $\phi 50$
	切断荷重	41.0 tf	25.5 tf
	使用本数	10本+4本(風速30m/s, 40m/s)	10本+4本(風速30m/s)
	配置状況	図-6.1参照	図+6.1参照
防げん材	形状	600 ^B × 2500 ^L	600 ^B × 1000 ^L
	使用個数	7	5
	設置間隔	15m	10m
その他(係留索の張力を変えたときの条件)		<ul style="list-style-type: none"> ○ポリプロピレン2種, $\phi 55$, 30tf ○ポリプロピレン2種, $\phi 75$, 53.5tf 	

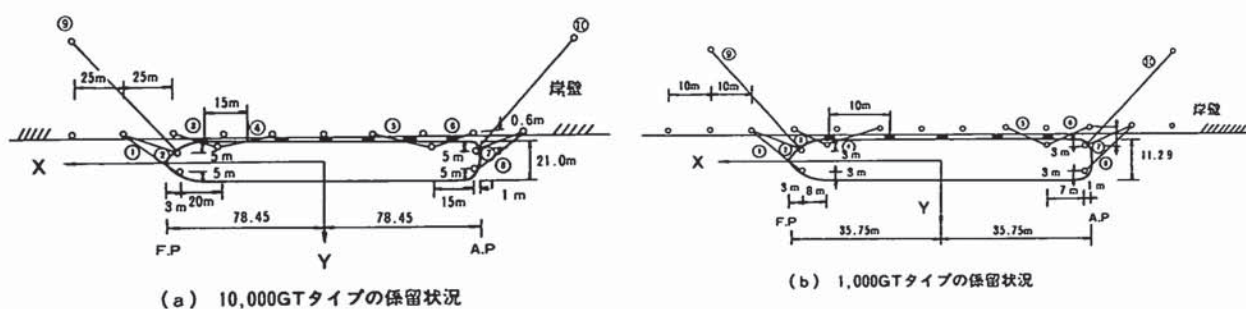


図-6.1 係留状況

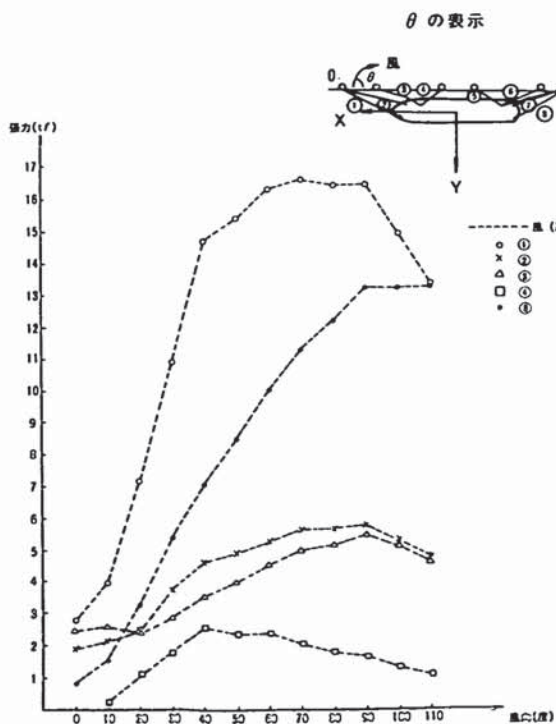


図-6.2 風圧力による係留索張力の最大値

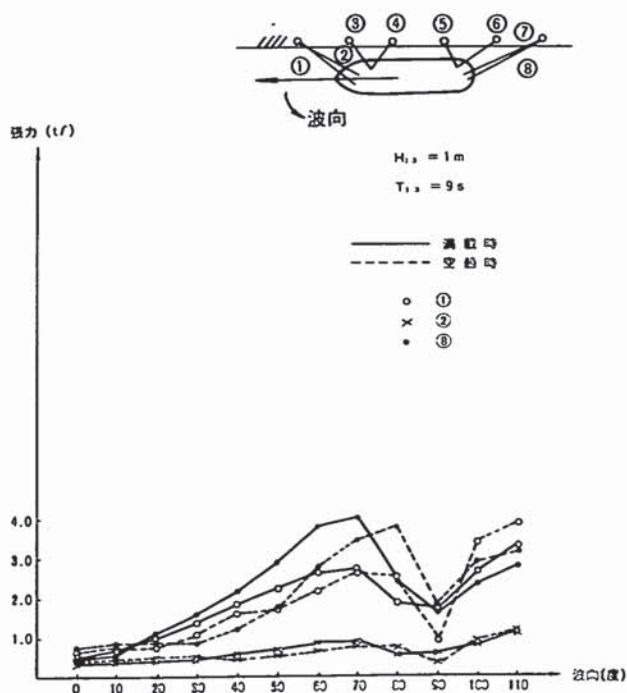


図-6.3 波による係留索張力の最大値

て大きいのは、風向が $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ の範囲で C_m が正の値をもつためである。

図-6.3は、載荷状態が空船時と満載時の係留索張力を合わせて示したもので、両方とも非常に相似している。また、その時の船体の動揺量のうち、主要な4成分を図-6.4(a)(b)に示す。図-6.4(a),(b)からは、どちらの状態でもロール、スウェイが波向が 90° に近づくほど大きくなり、サージはその逆の傾向がでている。ヨウは、 90° を挟んでその前後 20° 程度にピークが見られ、①及び②のラインの張力の変化とも対応している。係留索の張力の大きさは、図-6.2と図-6.3から、風速が 15m/s 程度になれば周期 $5\text{s}\sim 11\text{s}$ の範囲では波の影響は問題にならないほど小さいとすることができる。図-6.5に波の周期を変化させて船体の動揺量の比較を行ったものを示す。

この結果によれば、周期が大きくなるにしたがい、スウ

ェイ、ロールが大きくなる傾向にあるがあまり顕著でない。しかしながら、一般に浮体の運動は周期への依存性が強く¹⁴⁾わずかな周期の変動でも大きく異なることがあり、また、長周期の波で船舶が同調して動揺することが考えられ、それらの点については、今後の検討が必要である。

波向、風向を 90° に固定し、風速を $10\text{m/s}\sim 40\text{m/s}$ まで変化させて、各係留ラインの張力を求めたものを図-6.6(a)~(d)に示す。図中の×印は、次章に示す方法で風圧力の岸壁法線直角方向の成分のみを外力とした静的計算によるものである。最も大きな張力が働くのは①のラインであり、①と②をとる曲柱には風速が 30m/s で 50tf (平均値)の力が作用する。これは、現行の $10,000\sim 15,000\text{GT}$ 用曲柱のけん引耐力に相当する。なお、この時の船舶の船側方向の移動量は最大値で 10.2m である。

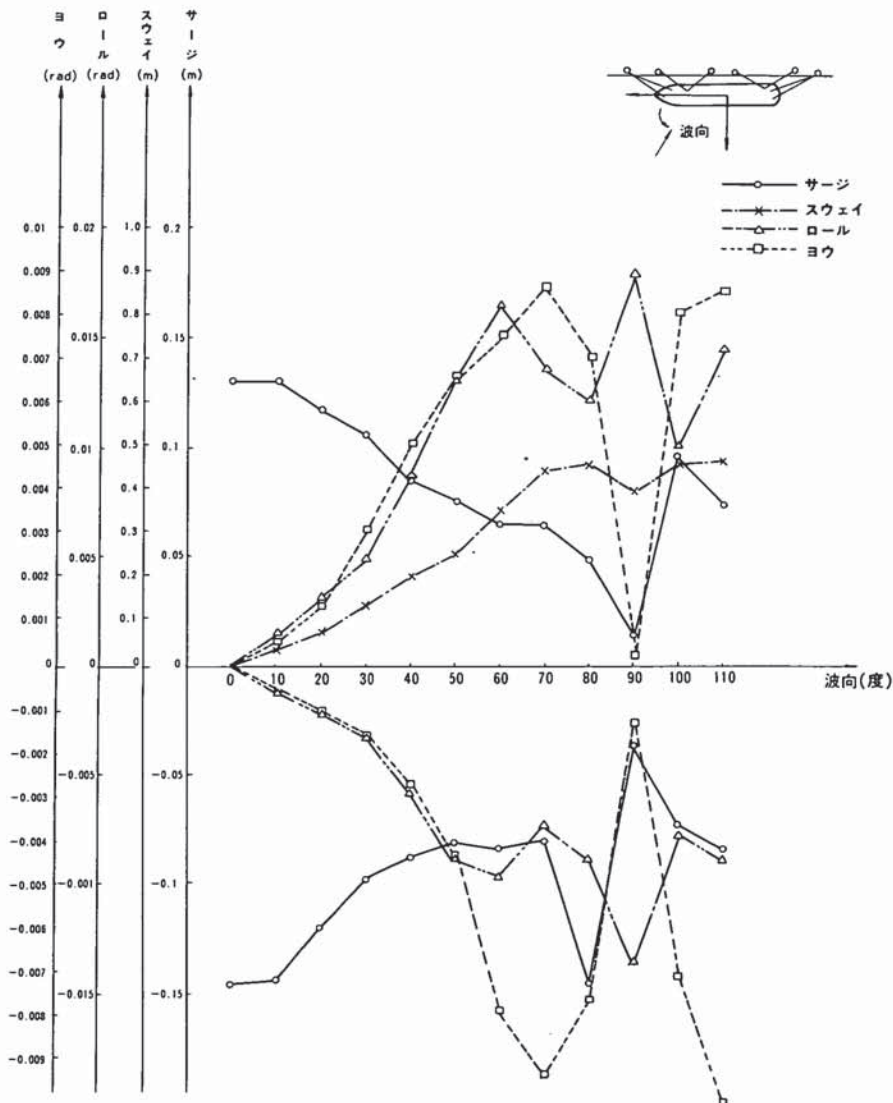


図-6.4(a) 波向の変化による船体の動揺量(空船時)

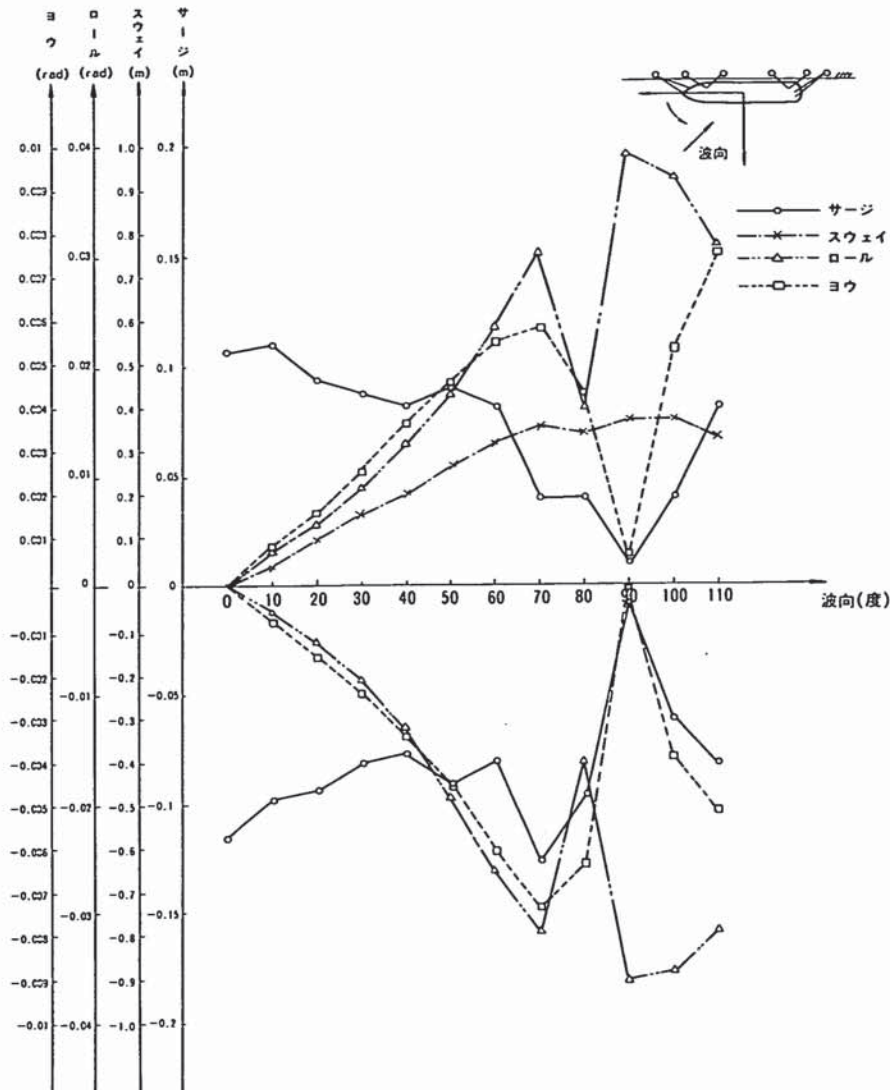


図-6.4(b) 波向の変化による船体の動揺量(満載時)

また②の張力が③より若干大きく出ているのは、ロープ長が小さいことによる影響が大きく、その他の係留索の張力もこのロープ長による影響が大きく出ている。

係留索の強度を表-6.3のように変化させて係留索の張力を求めたものを図-6.7に示す。全体に係留索の強度が大きいほど張力も大きく出ているがその変化はあまり顕著ではない。

次に、表-6.4のように、直柱の配置及び係留索の種類を変化させた場合の計算結果を表-6.5に示す。曲柱への綱取りは図-6.1の①~⑧のラインをとっている。風速は30m/s、風向90°、波高 $H_{1/3} = 1$ m、波向90°、周期9 sである。最も理想的に90°に直柱へ係留索がとれたとして(ケース3)、最大38.8tfの張力である。ケース1、ケース2のような場合には、直柱の機能は果たさず、係留力のほとんどが曲柱に分担される結果になっている。

ケース4、ケース5は、直柱にワイヤーロープを用いた場合であるが、合成繊維索に比べ伸び率が小さいために、両ケースともワイヤーロープは切断荷重に達している。

最後に、係留索の破断の条件について検討する。係留方法は、現地調査の結果を参考に、比較的バランスの悪い状態を想定し表-6.6のように設定した。ケース1は、これまでと同様のラインをとり③と⑥に1本ずつワイヤーロープを使用した場合で、ケース2~ケース6は、ロープの短いプレストラインを取った場合である。また、ケース4~ケース6は、船首側に比べ船尾側の係留索の強度を大きくしており、ケース6では⑥のラインにナイロン(切断荷重は、釣船規則の改訂値より50tfとする)を使用している。計算結果は表-6.7に示すとおりである。ケース1では、ワイヤーロープは完全に切断荷重に達している。ケース2では、③と⑥のプレスト

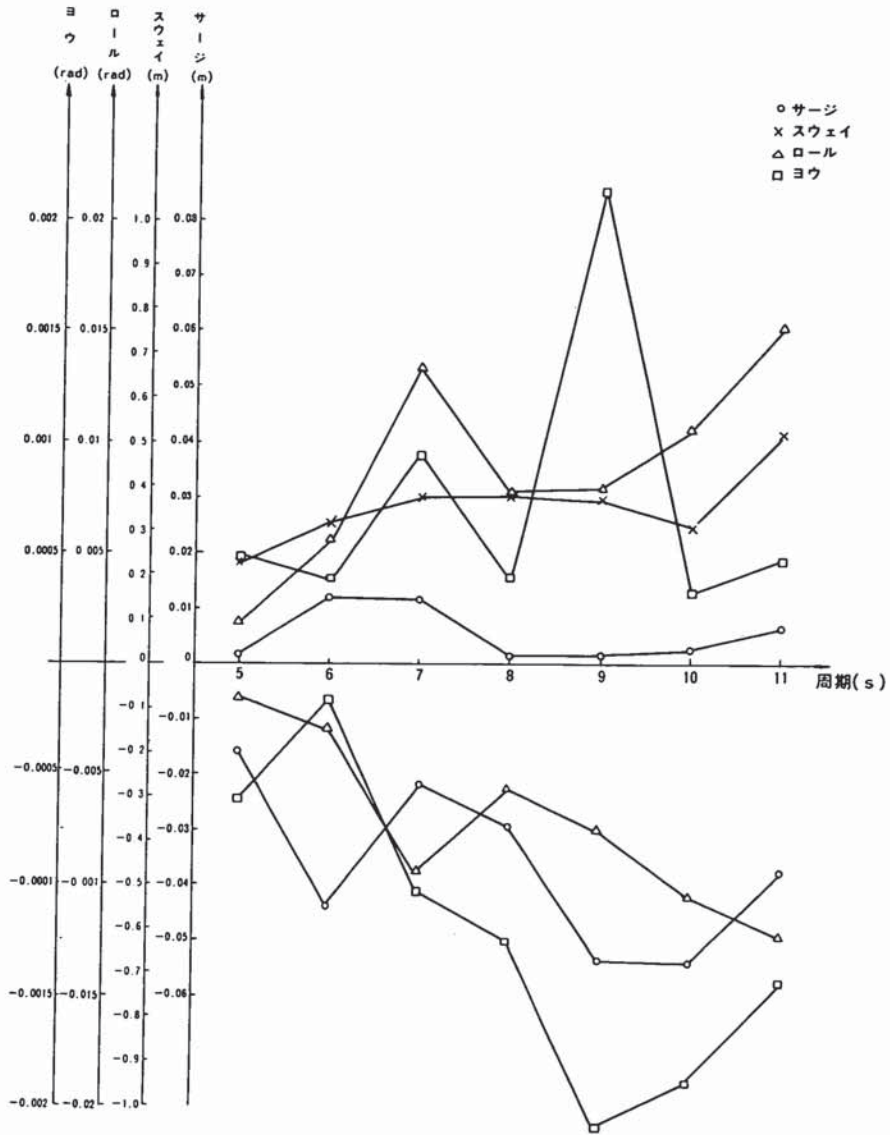


図-6.5 波の周期の変化による船体動揺量

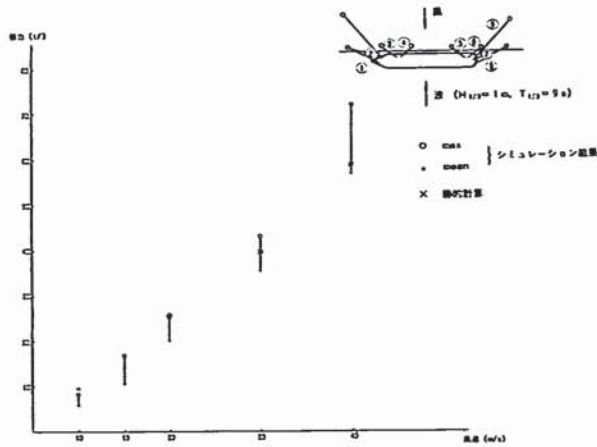


図-6.6(a) 風速の変化による係留索張力(①)の変動

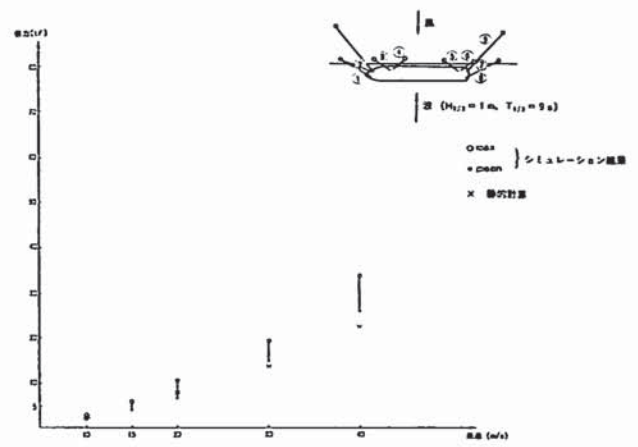


図-6.6(b) 風速の変化による係留索張力(②)の変動

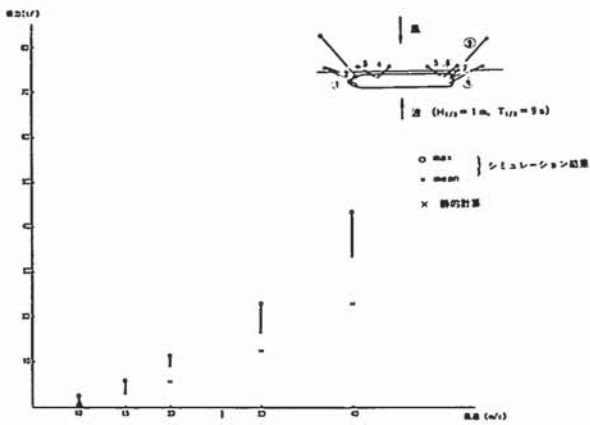


図-6.6(c) 風速の変化による係留索張力(③)の変動

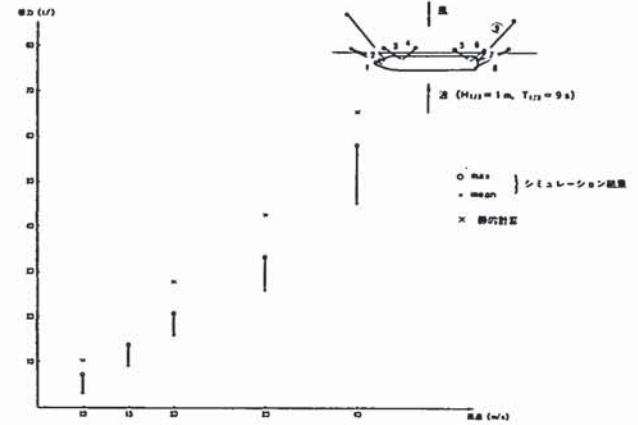


図-6.6(d) 風速の変化による係留索張力(⑥)の変動

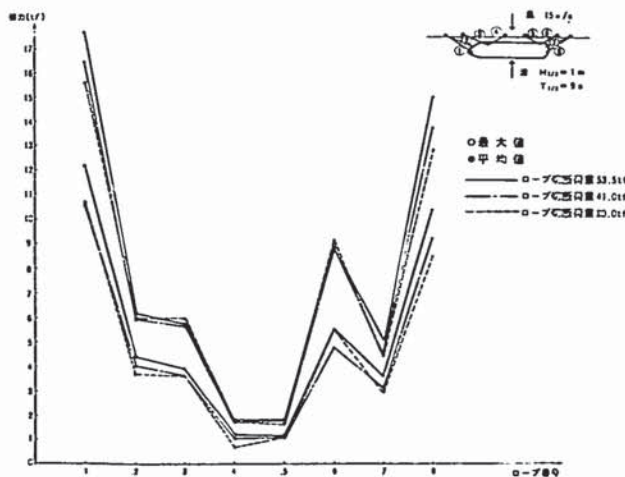


図-6.7 係留索の強度の変化による張力の変動

ラインに力が集中し、⑥のラインには風速 15 m/s で切断荷重の 54 % の張力が働き、風速 20 m/s で 101 % の張力が働いている。ケース 4 ~ ケース 6 では、船舶は⑥のラインの張力によって全体に船主方向に移動し、船首が岸壁から離れた状態を保ちながら動揺を繰り返している。それらのケースでは、いずれも⑥のラインに大きな張力が発生し、風速 15 m/s で切断荷重の 51 ~ 81 % 程度の値となっている。以上のことから、こうした係留を行った場合には、風速 15 m/s ~ 20 m/s 程度で切断荷重相当の力が生ずることがわかる。

表-6.4 Na⑨, Na⑩の係留索の設定

	ロープ長(m)	角度(θ)	用いた係留索	備考
ケース1	75	45°	41.0tf, 2本使用	直柱は岸壁法線から50m離れている
ケース2	44	45°	"	直柱は岸壁法線から30m離れている
ケース3	32	90°	"	"
ケース4	44	45°	ワイヤー, 50tf 1本	"
ケース5	44	45°	ワイヤー, 50tf 2本	"

- 1) 計算は風速 30m/s, 風向は船側方向, 波高 $H_{1/2} = 1$ m, 周期 $T_{1/2} = G_s$, 波向は船側方向
- 2) ワイヤロープは, 伸び量が小さく破断する可能性が強いため, 下図のように $T-\epsilon$ を設定した。

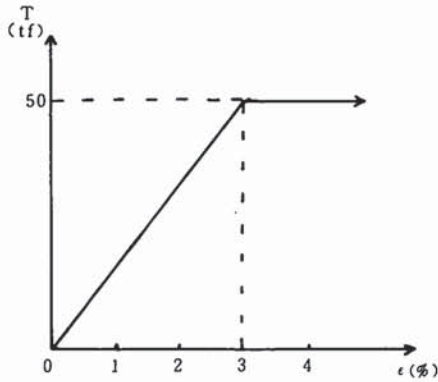


表-6.5 係留索に働く張力の計算結果

(単位, tf)

ラインの番号 ケース番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	備考
ケース1 (max)	44.1	19.1	22.3	5.7	4.3	36.8	12.2	30.6	14.3	9.2	
(mean)	17.4	14.1	16.3	4.4	3.4	24.2	9.5	12.0	6.0	3.9	
ケース2 (max)	38.9	16.6	19.8	4.6	4.7	35.3	11.9	30.4	24.9	19.1	
(mean)	15.2	13.0	14.4	3.5	4.5	23.6	9.3	10.3	10.2	7.7	
ケース3 (max)	27.5	11.7	13.1	2.8	3.8	19.8	8.1	22.0	38.8	35.7	
(mean)	11.2	9.2	9.9	1.9	2.9	13.3	6.0	8.8	15.5	13.8	
ケース4 (max)	23.9	9.7	10.2	2.6	2.9	13.4	6.0	17.3	50.0	50.0	ε = 10 ~ 15% となり, ワ
(mean)	9.1	7.0	7.0	1.5	2.1	9.5	4.2	6.3	50.0	50.0	イヤーは破断する
ケース5 (max)	4.7	1.9	1.9	0.1	0.8	1.8	1.2	4.3	100.0	100.0	ε = 3 ~ 4% となり, ワ
(mean)	1.5	1.1	1.0	0.3	0.5	0.3	0.6	1.5	81.7	74.0	イヤーは破断する

表一 6.6 係留方法等を変えたその他の計算ケース

ケース番号	係留方法*1	外力条件	備考
1	③, ⑥のラインにワイヤロープを使用	波は $H_{1/3} = 1\text{ m}$, $T_{1/3} = 9\text{ s}$, 風は風速 15m/s, 風向 90°	ワイヤロープの $T-\epsilon$ の関係は 直線とし, $\epsilon = 3\%$ で $T = 41.0$ tf とする。
2	③, ⑥のラインを最も近い曲柱にとる (下図参照)*2	上に風速 20m/s を追加	③, ④及び⑤, ⑥のラインの船舶 側の係留点を調整し, ③, ⑥の ロープ長を 7.7 m としている。
3	ケース. 2 で⑥のラインを取り除く	"	
4	ケース. 2 で③のラインを取り除く	"	
5	ケース. 3 で③のラインを取り除く	"	ナイロンは, 切断荷重を 50tf とし, その伸び特性を非線型で 入力
6	ケース. 5 で⑥のラインにナイロンロープ を使用	"	

- * 1 ○ 図一 6.1 に示した係留方法を基準とする。(①と⑧のラインは 2 本, その他のラインは 1 本の係留索)
 ○ 使用する係留索は, ポリプロピレン $\phi 65$ (切断荷重 41.0tf) を基準とする。ただし, 切断荷重付近の $T-\epsilon$ 関係を入力し, 切断荷重以上の張力の計算も行っている。
 * 2 参考図

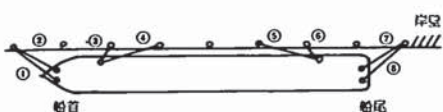


表 6.7 係留方法等を変えた各ラインの張力計算結果

(最大値, 単位tf)

ケース番号	ライン番号	ライン番号								⑥のラインの 切断荷重	⑥のラインの 張力 ⑥のラインの 切断荷重
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧		
1	風速 15 m/s	8.5	2.9	58.3	0.7	0.5	61.0	1.7	5.1	41.0	149
	風速 20 m/s	13.1	4.7	41.9	1.5	2.4	41.6	4.0	11.7	41.0	101
2	風速 15 m/s	9.3	3.4	22.4	1.1	1.6	22.0	2.9	8.6	41.0	54
	風速 20 m/s	13.1	4.7	41.9	1.5	2.4	41.6	4.0	11.7	41.0	101
3	風速 15 m/s	7.5	2.4	24.1	1.9	1.3	34.1	4.9	—	41.0	83
	風速 20 m/s	10.2	3.5	42.4	2.5	2.0	50.5	6.4	—	41.0	123
4	風速 15 m/s	16.4	4.7	—	4.9	0.6	20.9	5.0	10.5	50.0	51
	風速 20 m/s	25.4	8.4	—	8.5	1.0	39.5	7.4	15.0	50.0	96
5	風速 15 m/s	14.0	3.5	—	6.9	0.4	33.1	8.3	—	41.0	81
	風速 20 m/s	22.5	6.5	—	10.7	0.8	51.8	10.9	—	41.0	126
6	風速 15 m/s	14.2	3.7	—	6.9	0.7	38.1	8.6	—	50.0	76
	風速 20 m/s	22.8	6.7	—	10.5	1.3	48.4	10.8	—	50.0	97

② 1,000 GT 船

波のみを作用させ, 波向の変化による船体動揺量を図-6.8に示す。波高は $H_{1/3} = 1\text{ m}$, 周期は 7 s である。10,000 GT 船の結果(図-6.4(a))とはやや異った傾向が出ています。図-6.9に波のみを作用させた場合の係留索張力の最大値を, 図-6.10 に波向を 90° に固定し, 風速を 15m/s で風向を変化させた場合の係留索張力の計算結果を示す。波による係留索張力が 10,000 GT よりもむしろ大きくなっている。

6.2 船舶のけん引力の静的計算

波の影響は, 波の諸元によって複雑に変化し, 一般的

に表示することは簡単ではなく, また, 前述のシミュレーション計算のような条件のもとでは, 波よりも風の影響の方が大きいことから, ここでは, 外力として風圧力のみを考えた船舶のけん引力について係留索の弾性を考慮した静的計算によって検討する。

計算を単純化し, 静定的に解くために, 船首側と船尾側が同一の堅さを持った対称係留であること, 外力は船側方向のみに働く力を考えモーメント成分は考えないこととする。計算式は, 次のとおりである。

$$F = \sum T_i \cos \alpha_i \sin \theta_i \quad (6.5)$$

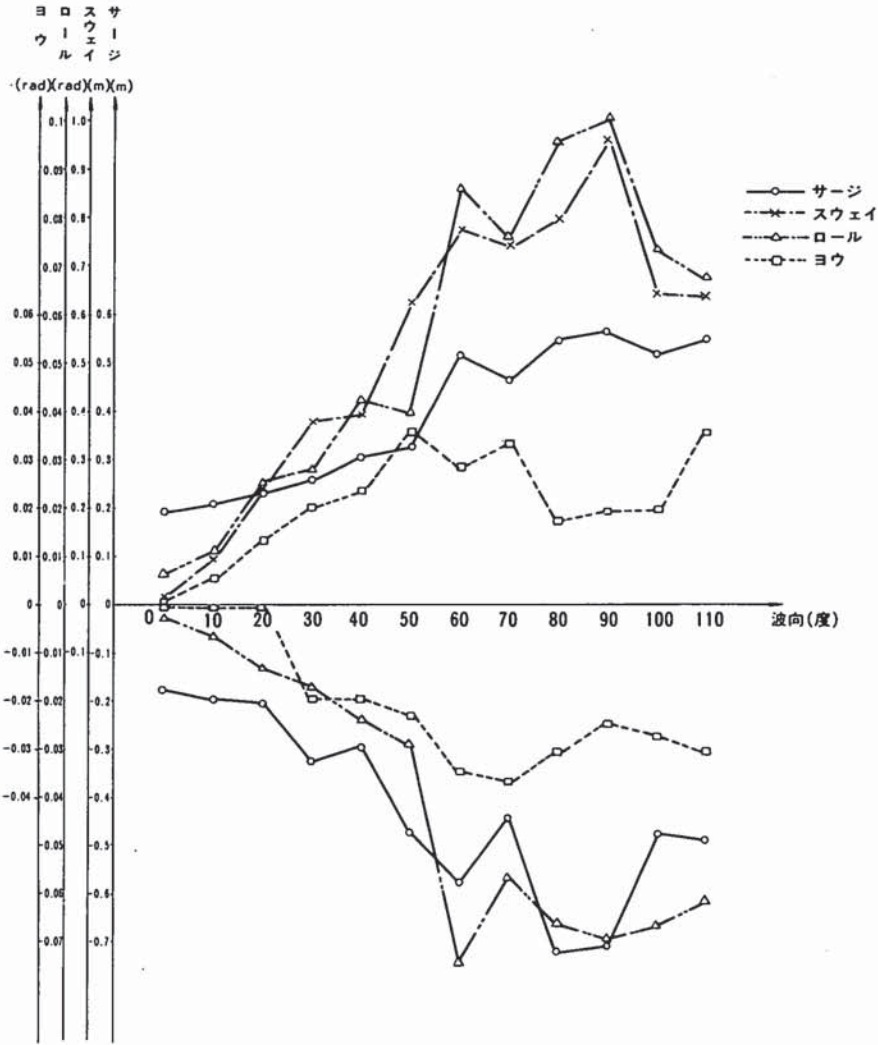


図-6.8 波向の変化による船体の動揺量

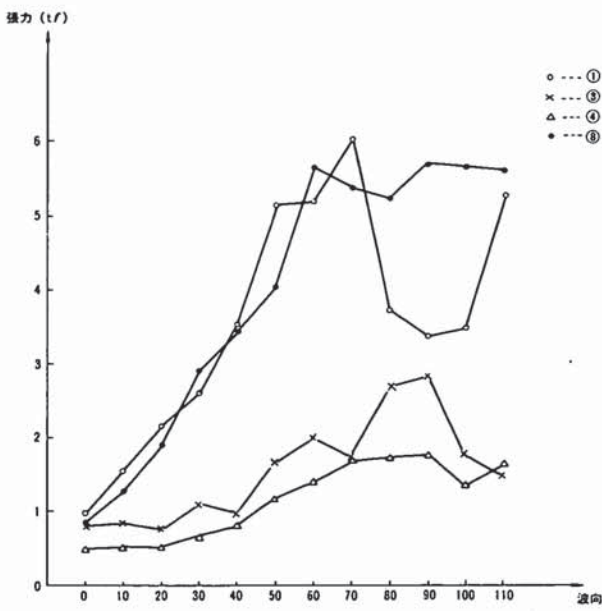


図-6.9 波向の変化による係留索張力の変動

$$T_i = k_i \Delta l_i \quad (6.6)$$

$$F = \sum k_i \Delta l_i \cos \alpha_i \sin \theta_i \quad (6.7)$$

F ; 風圧力, T_i ; 係留索 i の張力,
 α_i ; 係留索 i の俯角 θ_i ; 係留索 i の水平角,
 k_i ; 係留索 i のバネ定数, Δl_i ; 係留索 i の伸び

浮体側の係留点 P が船側方向に Δl 移動したとし, Δl が微小, $\alpha_i = 10^\circ \sim 20^\circ$ とすれば図-6.11より

$$\Delta l_i \approx \Delta l \sin \theta_i \quad (6.8)$$

$$T_i = k_i \Delta l_i \approx k_i \Delta l \sin \theta_i$$

$$= \frac{F}{\sum k_i \cos \alpha_i \sin^2 \theta_i} \sin \theta_i$$

$$\approx k_i \frac{F}{\sum k_i \sin^2 \theta_i} \sin \theta_i \quad (6.9)$$

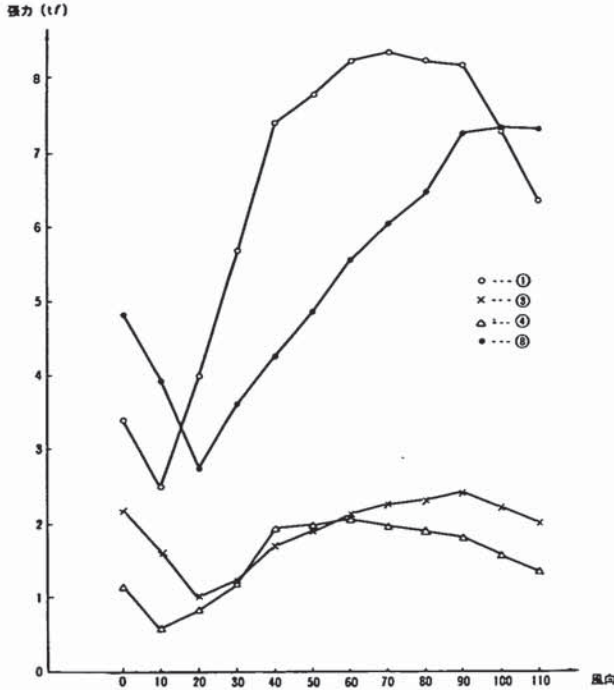


図-6.10 風波が同時に作用した場合の係留索張力の最大値

α_i は、現地調査の結果では、ほとんどが $10^\circ \sim 20^\circ$ の範囲であり、その影響を無視しても T_i の誤差は最大でも 1 割程度である。

シミュレーションの結果と対応させたものを前出の図-6.6 に示す。(ただし、 θ は、各風速における船舶の平均的なスウェイ位置における値を用いた。) ①、②のラインではシミュレーション結果と静的計算結果は概ね近い値となっている。③のラインで静的計算の値が大きくでているのは、風圧力による回転モーメントを考慮していないためと考えられるが傾向としては合っている。また係留索強度を変化させたシミュレーション結果において、係留索の張力に顕著な差がみられなかった(図-6.7参照)。これらのことから、このような静的な取り

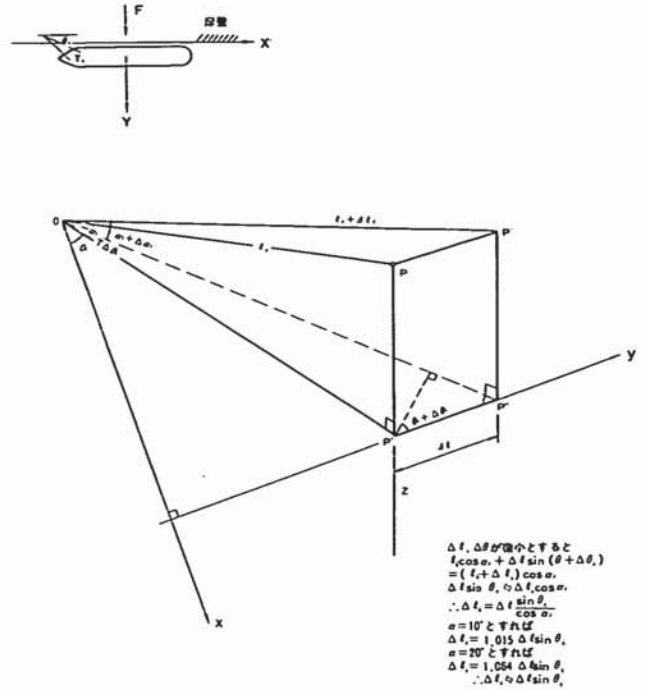


図-6.11 静的な係留索張力の計算

扱いが可能であると言えよう。

現地調査の結果等から、船舶の使用する係留索の本数、係留角度、バネ定数を適切に仮定することにより、風圧力に対する曲柱への作用力の比を簡単に求めることができる。表-6.8にそれらの試算例を示す。

参考として、現地調査を行った各船舶の係留データをもとにして、風速15m/s時にバウ・スターン用曲柱に作用する力の計算結果を図-6.12に示す。図中の斜線部は、貨物船の総トンと水面上側面受圧面積の回帰式をもとにして、表-6.8(a)における $\theta_{0i} = 25^\circ \sim 35^\circ$ (バウ・スターンラインの係留角度)、 $\theta_{0i} = 15^\circ \sim 35^\circ$ (スプリングラインの係留角度) の範囲について求めたものであるが、実船での計算結果もほとんどこの範囲に入っている。

表-6.8 張力分担率(f)の試算例

(a) n=10本の場合(曲柱のみ使用)

(バウ, スターンラインへの張力分担率)

$\theta_{bi} \backslash \theta_{si}$	20°	25°	30°	35°	40°
15°	0.93	0.86	0.79	0.72	0.67
20°	0.73	0.71	0.68	0.64	0.61
25°	0.58	0.59	0.58	0.56	0.54

註① θ_{bi} ; バウ・スターンラインの係留角度,
 θ_{si} ; スプリングラインの係留角度

② $T_i = f \cdot F, f = \frac{k_i \sin \theta_i}{\sum_{i=1}^n k_i \sin^2 \theta_i}$

③ n=10本, バウ・スターンラインに各3本,
スプリングラインは4本, また, k_i は, ス
プリングラインでバウ・スターンラインに対し
現地調査の結果より1.5とした。

(b) n=14本の場合(曲柱のみ使用)

(バウ, スターンライン張力分担率)

$\theta_{bi} \backslash \theta_{si}$	20°	25°	30°	35°	40°
15°	0.89	0.83	0.77	0.71	0.66
20°	0.69	0.68	0.66	0.62	0.59
25°	0.54	0.56	0.55	0.54	0.52

註① バウ・スターンラインに各4本, ス
プリングラインは合計4本とした。

(c-1) n=14本の場合(曲柱, 直柱使用)

(バウ, スターンラインへの張力分担率)

$\theta_{bi} \backslash \theta_{wi}$	20°	25°	30°	35°	40°
45°	0.37	0.41	0.42	0.43	0.43
60°	0.30	0.34	0.36	0.37	0.37
90°	0.25	0.29	0.31	0.32	0.33

註① θ_{wi} ; 直柱へのラインの係留角度

- ② 直柱へ各2本, バウ・スターンライン各3本,
スプリングライン4本
③ k_i は, バウ・スターンラインに対し, 直柱へ
のラインは1/1.5とする
④ θ_{si} は20°とした

(c-2) n=14本の場合(曲柱, 直柱使用)

(直柱への張力分担率)

$\theta_{bi} \backslash \theta_{wi}$	20°	25°	30°	35°	40°
45°	0.52	0.46	0.40	0.35	0.31
60°	0.51	0.46	0.41	0.37	0.33
90°	0.49	0.45	0.41	0.37	0.34

註 計算条件は(c-1)と同様

白柱一本当たり
船大けん引力
(t)

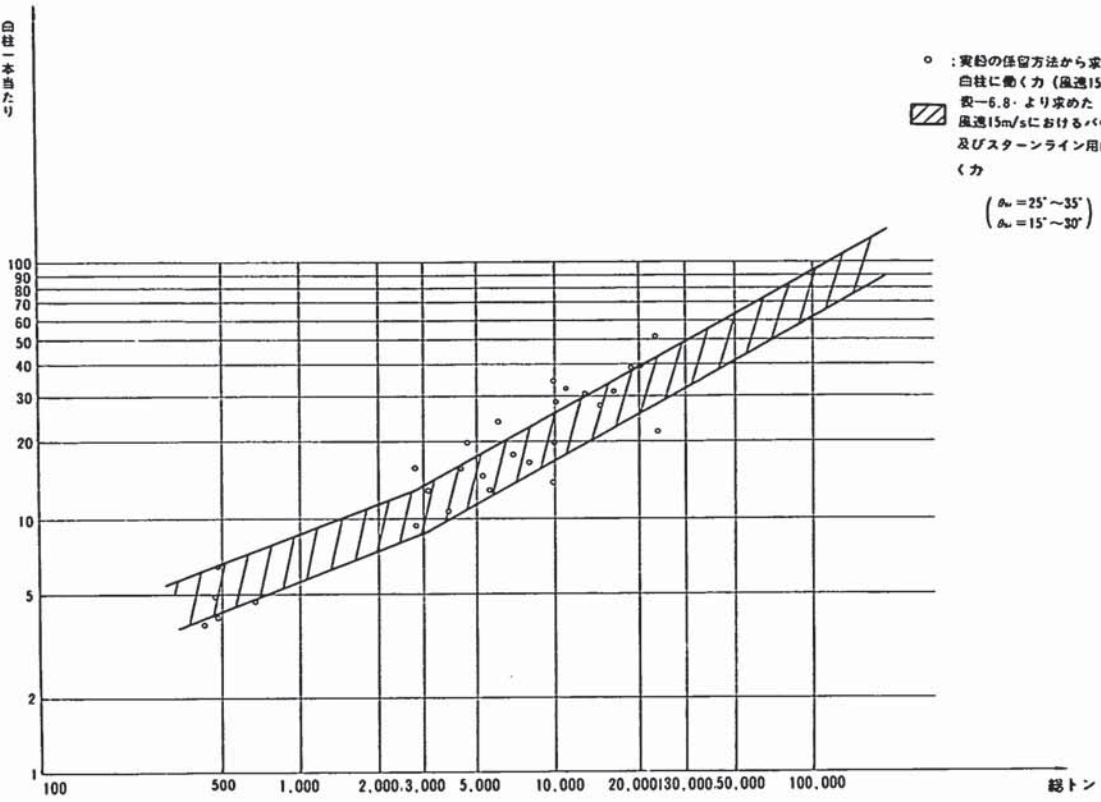


図-6.12 実船の係留系に基づく係船柱に働く張力
静的計算結果

7. 係船柱の所要のけん引耐力の検討

7.1 算定条件の検討

(1) 係留索の破断条件について

現行の係船柱のけん引耐力の設定は、風圧力によって生ずる船舶のけん引力及び係船柱にかけられる係留索の切断荷重の両方を検討して設定している。

係留索が破断する条件として次のような点を考えておく必要がある。

- ① 台風時、波浪時において破断する場合。
- ② 外力が比較的小さいにもかかわらず、係留方法に問題があるために破断する場合。
- ③ 操船上の問題によって破断する場合。

その他、摩耗等、係留索自身に問題があることがあるが、これは対象としない。①の条件は、太平洋側の台風時、日本海側の冬期風浪時などにしばしば見聞されるものであり、船舶に働く外力が大きいために、係留索の強度が不足する場合である。②の条件は、例えば、プレストラインに長さの非常に短い係留索を取った場合や伸び率の小さいワイヤーロープを合成繊維索と同時に用いたりした場合で、シミュレーションの計算結果で述べたように、こうしたバランスの悪い係留を行った際には、他の係留索にはほとんど張力が働かないうちにその索が破断に至ることがある。また、係留索を極端にたるませて係留しているような場合もこのような危険性がある。③の条件は、着岸時に船舶の船首方向の推進力が大きい場合、足止めを取ったラインに大きな力が働く場合や、離岸時に係留索の取りはずしに手間取り、船舶の発進に間に合わない場合、などが考えられる。

②、③については、係留上或いは操船上の問題であり、万全の注意を払えば回避し得るものではあるが、現実の問題として、こうした状態も考慮しておく必要がある。特に、②については、荷役時には船舶の移動を抑えるためにロープ長の短いプレストラインなどがとられるため、風速15m/s程度の外力を受けた場合には破断することも考えられる。

以上のような点を考慮し、係船柱のけん引耐力として、少なくとも係留索1本の切断荷重はみておくことが適当であると考えられる。

(2) 外力条件について

太平洋沿岸の港湾では台風が接近すると、一般に、避難勧告が発令される¹⁵⁾(付属資料-4参照)。避難勧告の時機は、通常は平均風速が15m/sになるまでに避難が完了するように、台風の接近速度や船舶が避難に要する時間などを逆算して決定される。ただし、例外的には、

東京港のように平均風速が20~25m/s程度の台風に対しては、避難勧告が発令されない港もある。またすべての船舶に避難勧告が適用されるわけではなく、500~1,000GT以下の船舶は対象からはずされることが多い。従って、それらの小型船舶は、港内の比較的静穏な場所で、ブイ係留或いは岸壁係留のまま台風をしのいでいるのが現状である。

一方、日本海沿岸や、北海道の港湾は、台風に見舞われることが少なく、また冬期においては時化が長期にわたることなどから、明確な避難対策が実施されにくい状況にある。従って、既に入港している船舶においてはかなりの大型船であっても岸壁係留のまま過ごしているのが現状である。またこれらの港湾では、船舶を係留するに当たって、風の影響の他に長周期性の波の影響が大きな問題であると言われている。

現行の係船柱のけん引耐力は、曲柱で風速15m/s、直柱で風速30m/sを基準に考えている。曲柱は、上述の避難勧告の標準である風速15m/sをとっている。曲柱の機能は、接岸時及び荷役時に船舶を安全に係留しておくことであるから。その意味では、平均風速で10m/s程度をみておけば良いと考えられるが、風の変動や直柱への増し取りのタイミングなどを考え、限界的な風速として15m/sを覚えておくことは妥当であろう。直柱は、台風時の観測最大風速及び季節風や低気圧による観測最大風速をもとにして30m/sを基準にしている。ただし、この場合の直柱のけん引耐力は曲柱を使用せず、直柱のみでこの風圧力を受け持つように設定されている。直柱は、避難勧告が発令されない港湾や避難勧告の対象にならない船舶、やむを得ない理由により係岸避泊する船舶などを対象にしており、まさに、台風時の係岸避泊に対処しようとするためのものである。係岸避泊の問題は、避泊水域のひつ迫等の種々の要請から模型実験を始めとし、かなり積極的な取り組みがなされている。しかし、現段階では、技術的に未解明な点が多く、さらに、地域の気象条件や波浪特性を十分考慮し、バースごとに詳細な検討も行ってゆく必要がある。その意味で、ここで、係船直柱のみをとりあげ、また外力条件についても一律に設定するには、若干、無理があろう。風速条件についても単に最大値として与えるのではなく、今後は地域性を考慮し、また確率的な検討もなされるべきであろう。

現行のけん引耐力では、風の条件だけを与えているが、波の条件についても覚えておくことは重要である。荷役時の限界波高は0.5m前後であるので1m程度の波高をみておけば良いと考えられる。シミュレーション計算では、風速が15m/sでは、波(波高1m周期5s~11s)よ

りも風の影響の方が卓越する結果を得たが、船型の違いによる周期特性、うねり等の長周期波による影響などについては今後、検討してゆく必要がある。波の条件を具体的に設定するためには、そうした検討や更に模型実験等の今後の研究成果等を考慮しながら具体化してゆくべきものであろう。

現行の係船柱のけん引耐力の設定方法で、若干問題があると思われるのは、曲柱と直柱の機能を明確に分担している点である。基本的には風速が30m/sにもなった時に曲柱に長さの短い係留索を取っておくことは危険であり、荷役時には曲柱のみ、暴風時には直柱のみを用いる考え方は妥当であろう。しかし、現実には、30m/sの風速になることは稀であり、15m/s～20m/sの風のもとでは、直柱と曲柱が併用されていることが多い。また、直柱の設置位置にもよるが、直柱は、船首方向のけん引力が小さいため、曲柱にも係留索を取っておいた方が安全な係留が行えることもある。このようなことから、曲柱の機能に弾力性を持たせておくことも必要なことと考えられる。

7.2 一般貨物船に対するけん引耐力

(1) 曲柱

これまでの検討結果をまとめて図-7.1に示す。係留索1本の切断荷重は風速15m/s時において曲柱に作用する力(シミュレーションの結果では①と②ラインの張力の和)との差が大きくなっている。現行の曲柱のけん引耐力は、両者の中間的な値を示している。適当な係留方法をとれば、現行の曲柱は15m/s～20m/s程度の風速には耐え得ると考えられるが、係留索の切断荷重相当の力が働けば非常に危険である。ここで、現行のけん引耐力を1ランク上げた値について検討してみる。この値は、鋼船規則の改訂値に基づく係留索1本の切断荷重ナイロンに耐え得る。

今回の調査ではナイロンロープの使用が30%程度あり、また、(10,000～20,000 GT)、大型船では一般に強度の大きいナイロンロープが多く使用されていると言われている。さらに、現地調査結果においては、ポリプロピレンロープであっても鋼船規則に示されている値よりも大きな切断荷重を有していること、等を考え、鋼船規則におけるナイロンロープ相当の切断荷重をみておくことが適当と考えられる。ただし、5,000 GT以下の船舶では、鋼船規則の改訂値に比べかなり切断荷重の大きい係留索を所有しているが、船舶に作用する外力の大きさから考えて、そこまでみておく必要はないと考えられる。

また検討値は、直柱に係留索の増し取りを行えば、風速30m/s時に曲柱に作用するけん引力にも耐え得る。

また、その場合は、現行値でも20～25m/s程度の風速に耐え得ると考えられる。

(2) 直柱

検討結果をまとめて図-7.2に示す。現行の直柱けん引耐力は、直柱のみで概ね30m/s程度の風速に耐えるように設定されている。従って、前述のように本来の直柱の機能から考えれば、現行値の耐力が必要である。また現行値では3～4本の係留索の切断荷重をみていることになっているが、改訂値でみると1～2本分に相当する。直柱に作用する力は、その位置や係留角度により著しく相違し、また直柱にワイヤーロープ、チェーン等を取った場合には、表-6.5に示したように簡単にそれらは切断荷重に達することに注意しておく必要がある。

7.3 カーフェリー、コンテナ船、旅客船に対するけん引耐力

港湾の施設の技術上の基準・同解説によれば、カーフェリー、コンテナ船等の船舶は風の受圧面積が大きいので、けん引耐力の適用にあたっては留意すること、とある。カーフェリー、コンテナ船等の船舶諸元のデータは、当所システム研究室がアンケート調査を実施し、カーフェリー230隻、コンテナ船77隻、旅客船39隻について磁気テープに集録している。以下に、これらのデータより、けん引耐力の比較を行う。

風速15m/sの時に、船舶のけん引力によって曲柱に作用する力を図-7.3(a)(b)(c)に示す。計算は、静的な取扱いをし、表-6.8cよりパウ・スターンライン用曲柱の分担率を一率に0.86としているので、図中の○印は、単に空船時水面上側面受圧面積の分布とみても良いわけである。空船時水面上側面受圧面積は、(カーフェリー) > (旅客船) > (コンテナ船) > (貨物船)の順である。カーフェリーのけん引力は、大型船になれば曲柱けん引耐力の現行値と同程度になる(例えば20,000GTで68tf、曲柱けん引耐力の現行値は70tf)ので注意しなければならない。なお、図-7.4に船舶総トン数と艀装数との関係を示す。図-7.4によれば、艀装数は船種によってあまり差がないため、係留索の切断荷重については、貨物船のそれと同様と考えてよい。

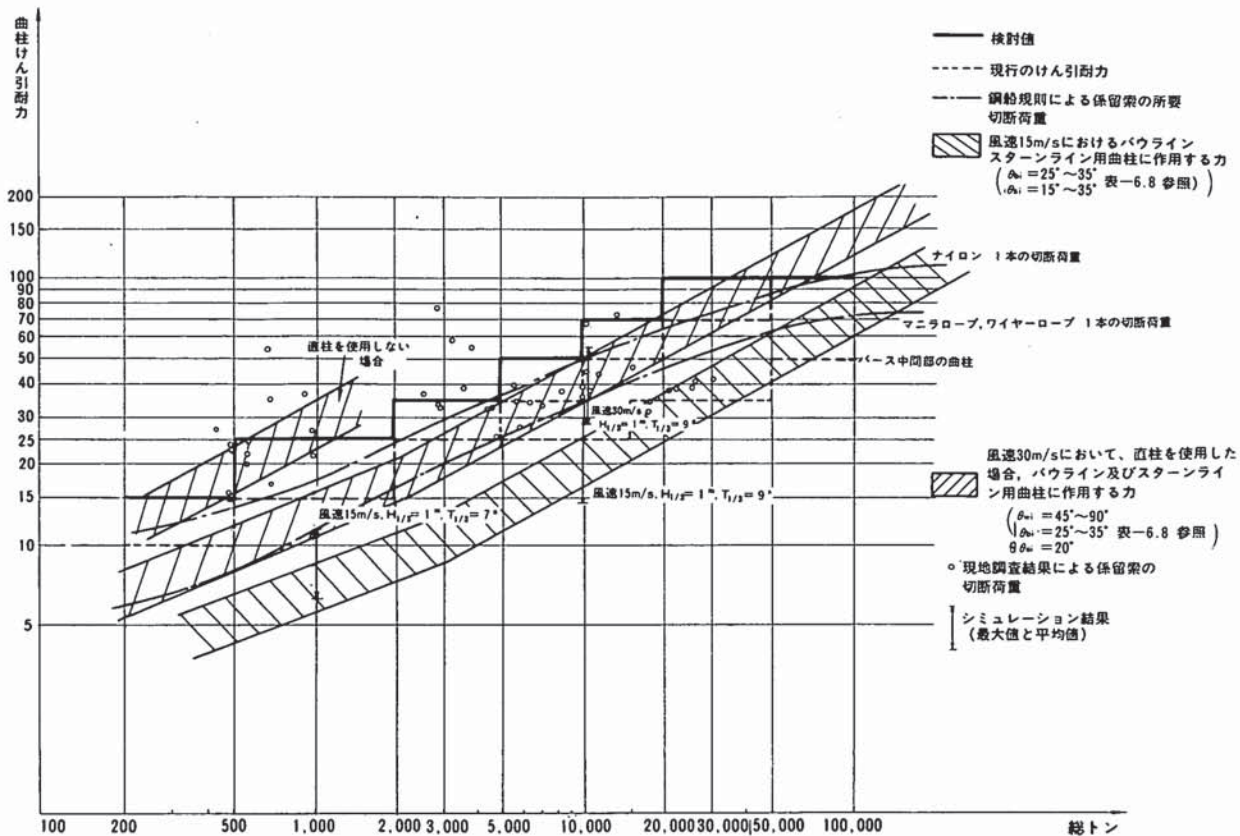


図-7.1 曲柱のけん引耐力の検討図

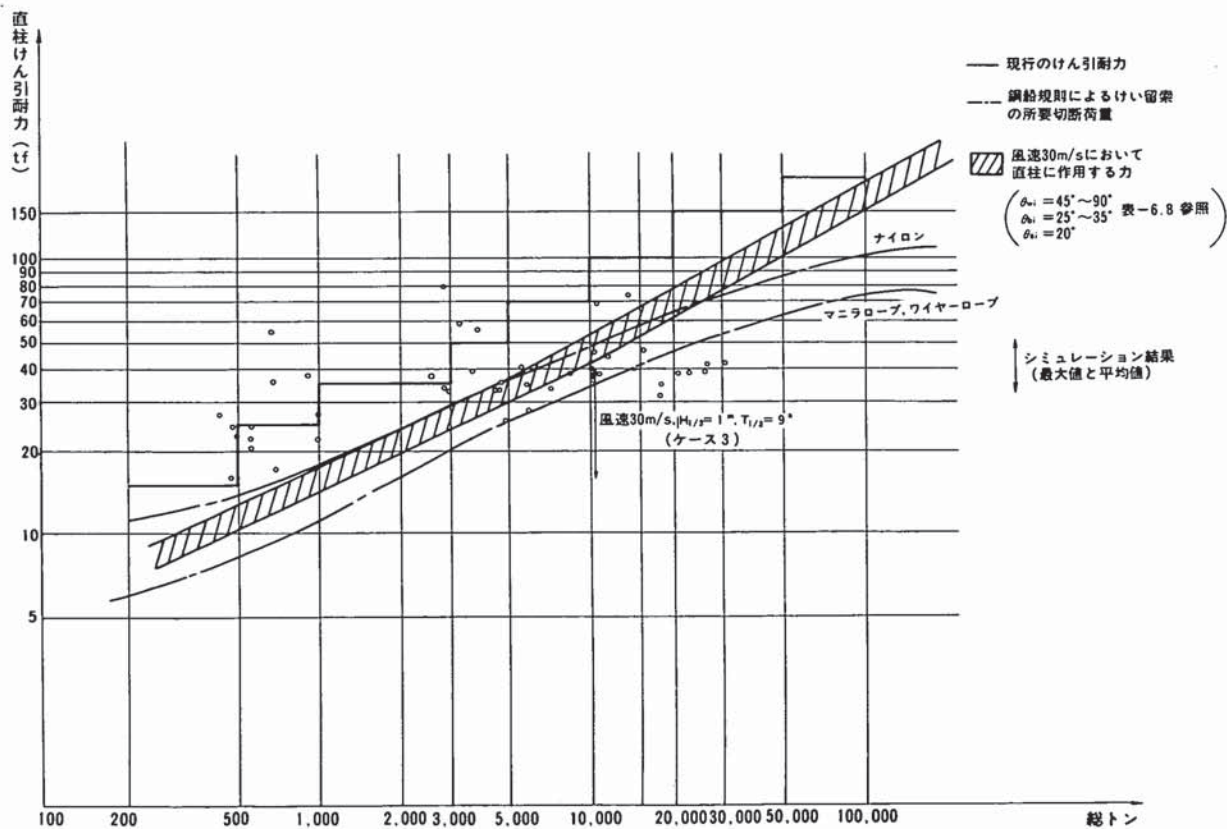


図-7.2 曲柱のけん引耐力の検討図

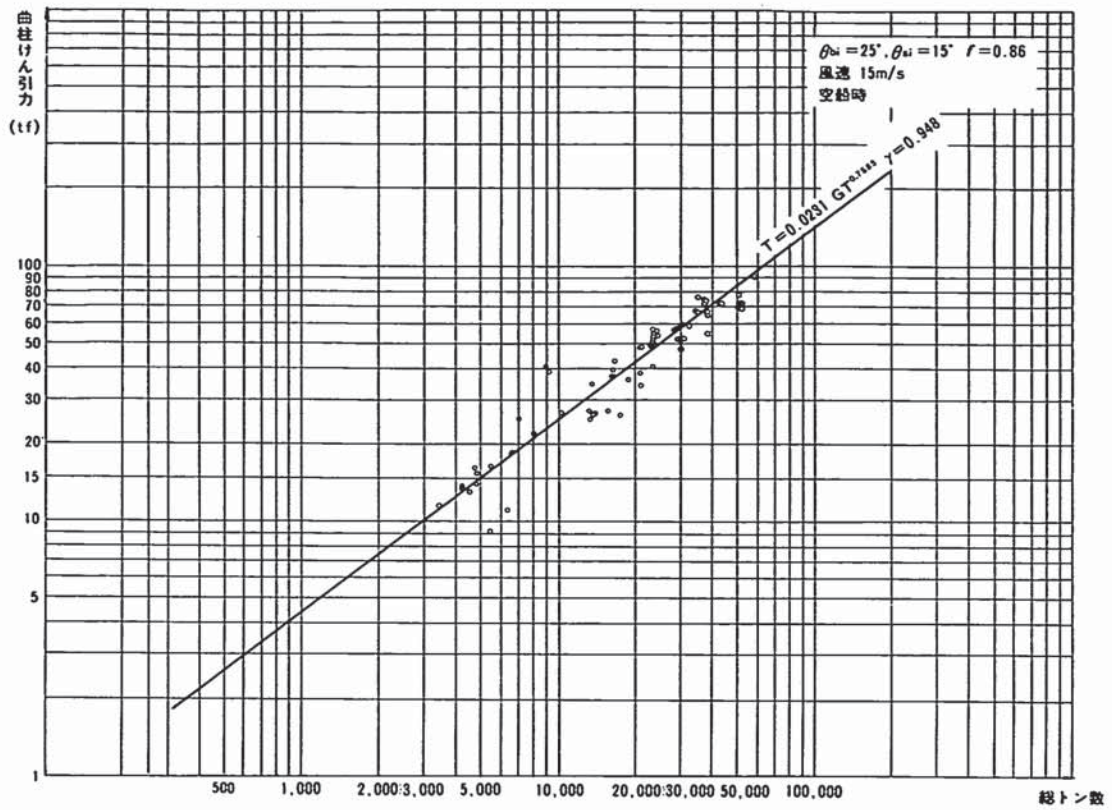


図-7.3(a) コンテナ船の総トン数と曲柱けん引力

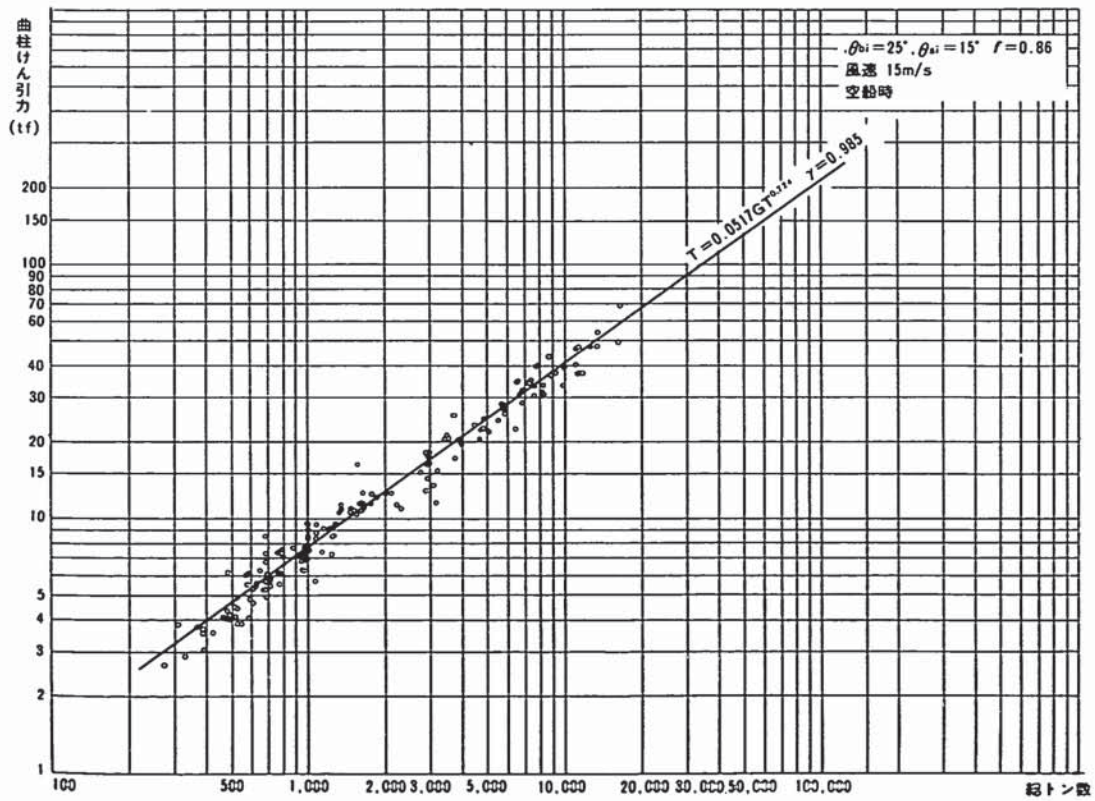


図-7.3(b) カーフェリーの総トン数と曲柱けん引力

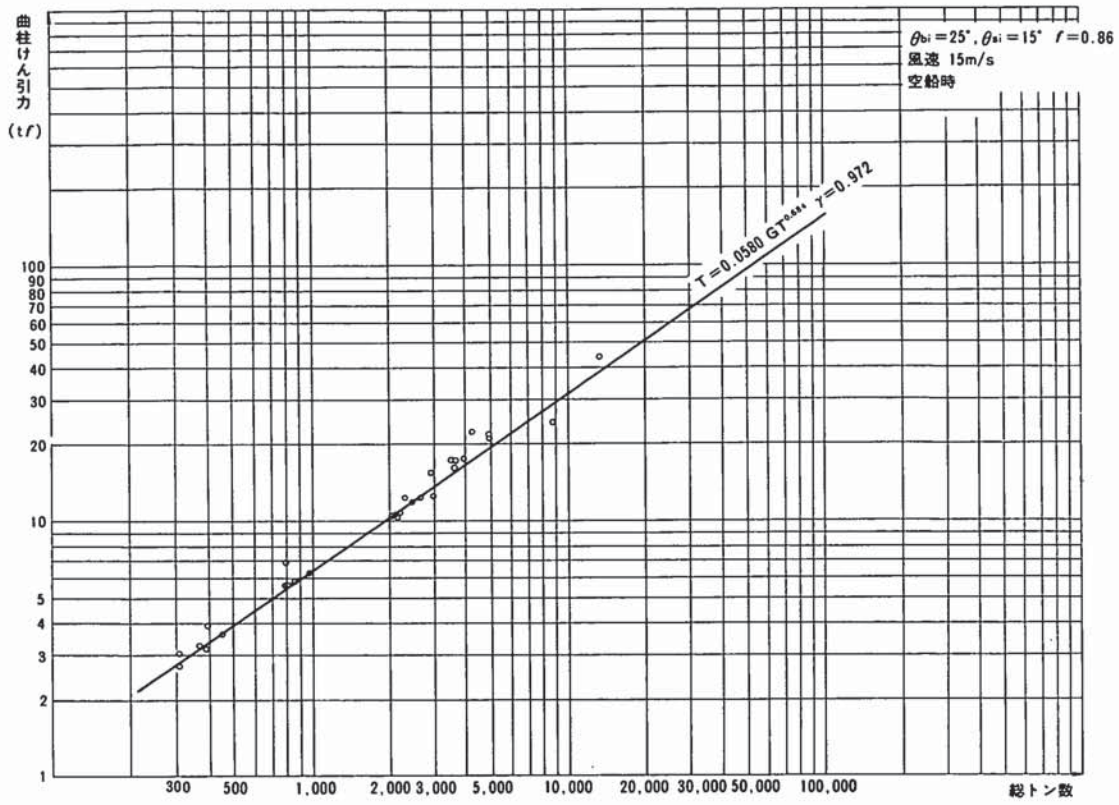


図-7.3(c) 旅客船の総トン数と曲柱けん引力

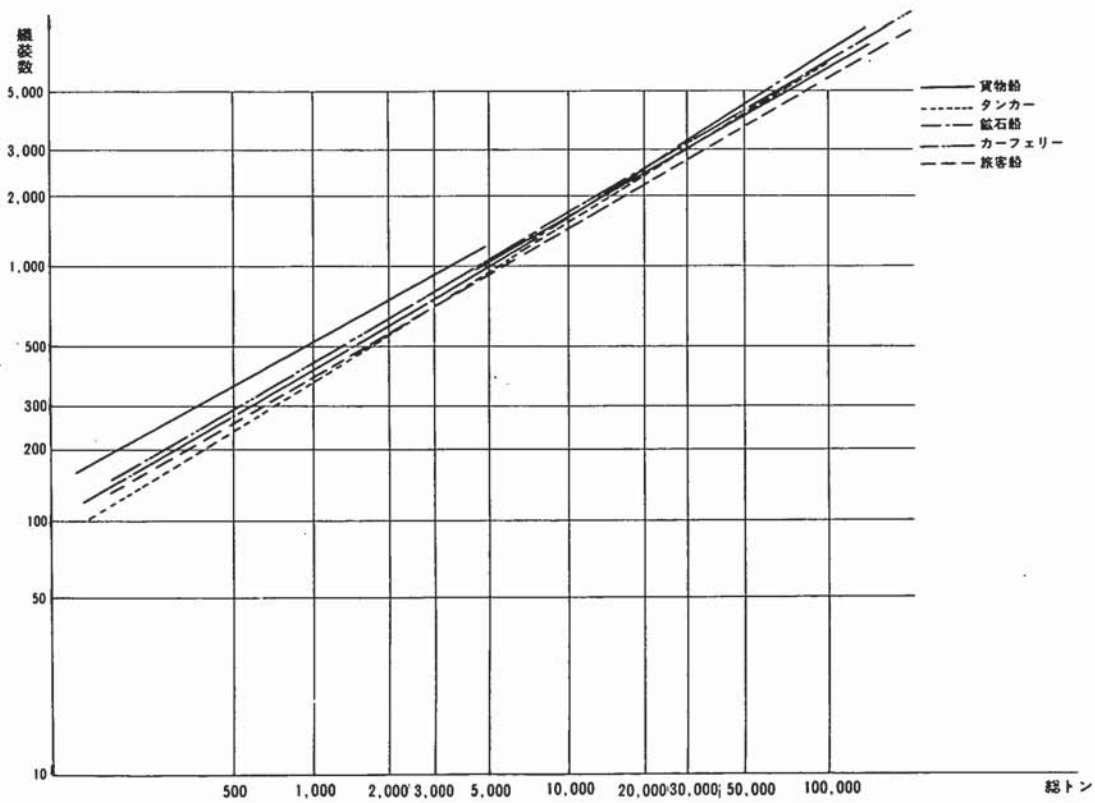


図-7.4 船舶種別の艦装数

8. 係船柱のデザイン、配置について

係船柱の標準設計がなされてから10年になり、それ以降に建設された係船岸では、ほとんどが現行のいわゆる運輸省型の係船柱を使用している、標準化がなされるまでは実にさまざまな形状のものがあり、力学的にみても明らかにバランスの悪いもの、或いは、極端に胴長の直柱や、頭デッキの曲柱など、不自然な形状のものが数多くみられた。

しかしながら、標準タイプの係船柱については、これまでに利用面からみた十分な評価がなされていなかった。また、最近では係留索の材質・索径などが変わってきたため、当初の設計の考え方も相違するところもみられる。

そこで、係船柱の利用者にアンケート調査を実施し、利用上の諸問題について把握することとした。その結果の概要は以下のとおりである。

8.1 標準タイプの係船柱の形状

標準タイプの係船柱の形状は、曲柱で、胴部に4本、頭部に3本(図-8.1、直柱では胴部に4本の係留索が同時に並ぶように設計されている。係留索の種類はマニラロープとしているので、鋼船規則の改訂値による合成繊維索の直径にほぼ対応する。また、曲柱のアゴ部には、係留索の滑べりを止めるために曲率をつけている。標準タイプの曲柱の特徴は、その曲率を設けていることと、頭



図-8.1 頭部幅、胴高の設定



写真-8.1

部Lを胴径Dに対し、 $L=D$ とやや大きくとっていることである。(写真8.1, 8.2参照)

8.2 係船柱の利用上の問題に関するアンケート調査結果について

(1) アンケートの方式と質問内容

東京港、横浜港、千葉港、川崎港の公共ふ頭を対象にして、係船柱の利用上の問題に関するアンケート調査を実施した。回答者は、港湾管理者のふ頭事務所の係船(配船)係、及び、網取り作業に従事している民間の係船業者である。アンケートの方式は、港湾管理者の回答者に逐一、調査の主旨、内容を口頭説明し、後日、郵送により質問票の回収を行った。係船業者への質問票の配布は港湾管理者が行った。

質問票は表-8.1のとおりで、あらかじめ予備的な調査を実施し、問題になりそうな点を抽出したのち、質問票を作成した。従って、質問票の内容は、それらの問題点について具体的な記述をし、その上で、当該ふ頭の係船柱に対する評価及びその解決策を記述するようにした。なお、質問票の回答はふ頭毎に依頼した。

(2) 調査結果と考察

回答が集まったふ頭総数は24ふ頭、回答総数は37(港湾管理者21、係船業者16)である。同一ふ頭に対して港湾管理者と係船業者が答えているものが、東京港で6ふ頭、横浜港で1ふ頭、また、同一ふ頭に対し、港湾管理者の複数の担当者が答えているものが2ふ頭、ふ頭が明確でないものが2、その他は1ふ頭に1つの回答が得られている。24ふ頭のうち、標準タイプの係船曲柱が設置されているのは、9ふ頭、それに近い曲柱(後述)が設置されているのは、6ふ頭である。

また、回答が得られたふ頭には、多様な曲柱がみられたため、標準タイプの曲柱をもとにして、表-8.2のような分類を行う。それらの主なものを写真に示す(タイ



写真-8.2

表-8.1 係船曲柱・直柱の形状に関する質問票

港名()、ふ頭名()、水深()、回答者()	曲 柱
<p>質問1. 曲柱の配置間隔について</p> <p>1. 現在の配置間隔で適当である。</p> <p>2. 少し大きくて不便である。 [どのような場合ですか]</p> <p>3. その他</p>	<p>質問1. 曲柱の配置間隔について</p> <p>1. 現在の曲柱でよい。</p> <p>2. 多少の不便はあるが変更するほどではない。</p> <p>3. 変更する方がよい。</p> <p>[どのような不便がありますか。(2. 3に○印をつけた方について)質問2. 3と重複しても結構ですから列挙して下さい。]</p> <p>① _____</p> <p>② _____</p> <p>③ _____</p> <p>* 1. _____</p> <p>参考：曲柱の形状は、かけるべき係留索の本数、とりはずしの容易さ、荷役上の問題なども考えて決定しなければなりません。それらを総合的に判断して答えて下さい。</p>
<p>質問2. 1つの曲柱に同時に2船から係留索をかける場合(相もやい)について</p> <p>(1) 相もやいにすることはありますか。(写真-8.10 参照)</p> <p>1. よくある。(2船が隣りあって接岸した場合には70%以上相もやいにする)</p> <p>2. 時々ある。(" " 30~70% ")</p> <p>3. あまりない。(" " 30%以下である)</p>	<p>(2) 曲柱のアゴ部が小さいために真横方向からの係留索が安全にかからないという意見を聞いたことがあります。それについてどう思われますか。</p> <p>1. 特に問題はない。</p> <p>2. 問題である。(具体的に問題を記述して下さい。(2に○印をつけた方について))</p>
<p>(2) 中抜きはしますか。(写真-8.10, 11, 8.3 参照)</p> <p>1. 通常する。</p> <p>2. しない。</p>	<p>質問4. 曲柱の形状について*1</p> <p>1. 現在の曲柱でよい。</p> <p>2. 多少の不便はあるが変更するほどではない。</p> <p>3. 変更する方がよい。</p> <p>[どのような不便がありますか。(2. 3に○印をつけた方について)質問2. 3と重複しても結構ですから列挙して下さい。]</p> <p>① _____</p> <p>② _____</p> <p>③ _____</p> <p>* 1. _____</p> <p>参考：曲柱の形状は、かけるべき係留索の本数、とりはずしの容易さ、荷役上の問題なども考えて決定しなければなりません。それらを総合的に判断して答えて下さい。</p>
<p>(3) 最大何本の係留索をかけますか。 _____ 本</p>	<p>質問3.</p> <p>(1) 曲柱にかけた係留索がはずれることがありますか。</p> <p>1. はずれることがある。</p> <p>2. はずれそうになることがある。</p> <p>3. ない。</p>
<p>(4) 相もやいにする場合、どのような問題を生じますか。</p>	<p>① _____</p> <p>② _____</p> <p>③ _____</p>

註 欄当の記号(1.2.3...)を○印で囲み、下線部に記述して下さい。

表-8.2 曲柱の形状の分類

記号	形	状
A	現行の標準タイプ	
B	標準タイプに近いが胴径に対し頭部(L)がやや小さい。	
C (頭部, 特にアゴ部を表わす)	-① 大きい, -② 小さい, -③ 三角形, -④ 頭部の傾斜	
D (胴高を表わす)	胴径に対し, -① 高い, -② 低い	
E (胴の傾斜を表わす)	-① 傾斜有	

ブB…写真-8.3, 8.4, タイプC-①…写真-8.5, タイプC-②…写真-8.6, タイプD-②…写真-8.7, 8.8, タイプE-①…写真-8.9)。タイプBの曲柱は、標準タイプの曲柱に次いで多く見られ、標準タイプとの相違は、

頭部に曲率を設けていないことと、頭部Lがやや小さい(L = 0.6~0.7D)ことである。タイプD-②の曲柱は、岸壁の高上げのために胴高が小さくなったものである。



写真-8.3

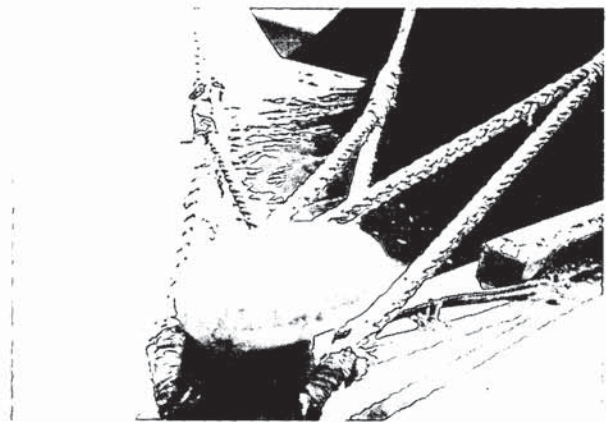


写真-8.4

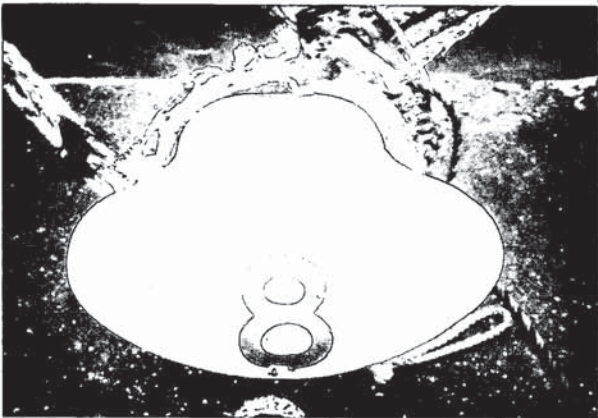


写真-8.5

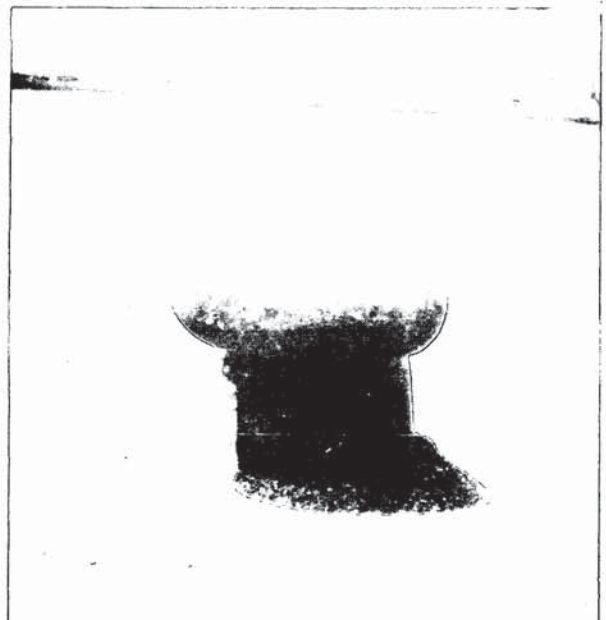


写真-8.6



写真-8.7



写真-8.8

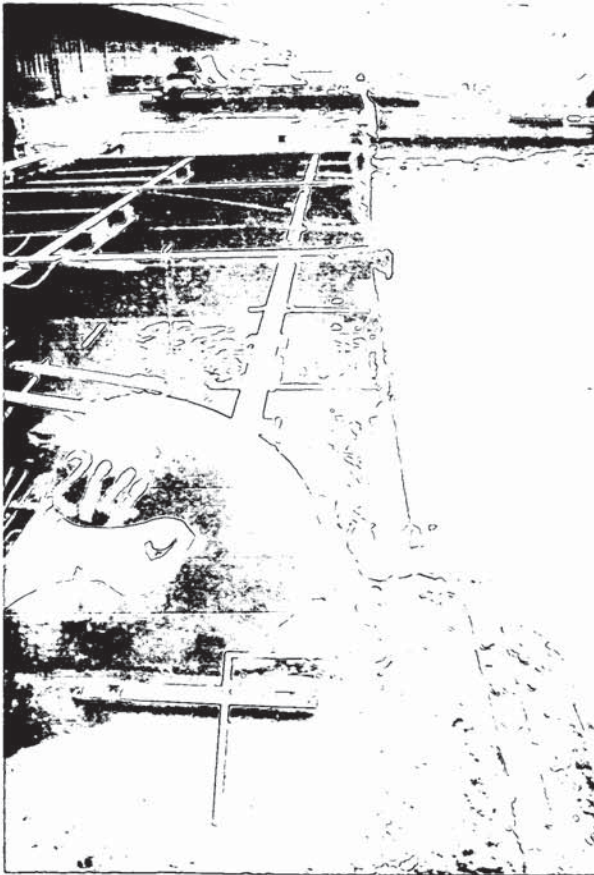


写真-8.9

各質問に対する回答の集計結果を表-8.3に示す。また、問題点や意見等をまとめて表-8.4に示す。

当該ふ頭における現在の曲柱を変更した方が良いとしているのは、4例(全体で35、表-8.3(d) 質問4 参照)あり、一見して問題になりそうな曲柱が多い割には(例えば写真-8.6, 8.7), 変更を求める回答は少ない。4例のうち、標準タイプの曲柱に対して変更を求めているものは1例であり、その意見は、頭部にテーパやカーブをつけた方が良いというものである。残りの3例はふ頭の特定しないものがあるが(2例), 記述の内容からみて、いずれもタイプD-②(胴高が低い)の曲柱に対して述べているものと推察される。建設年度の古いふ頭で

表-8.3 質問票の集計

(a) 質問1. 配置間隔について

No	1	2	3	合計
回答数	31	6	0	37

(b) 質問2. 相もやいについて

質問番号 No	1	2	3	合計
(1)	27	7	3	37
(2)	35	2	—	37

(c) 相もやいの場合の網取り本数

本数	2	3	4	4-5	5-6	6	6-8	7	8	合計
回答数	2	1	14	1	1	12	1	1	4	37

(d) 質問3~質問5について

質問番号	曲柱形状	A		A+B	C-①・ E-①	C-①・ D-②	C-④・ D-②	C-②・ D-②・ E-①	B+D-②	C-②+C-①・ E-①	B+C-②・ D-②・ E-①+G-①+A	不特定	合計	
		1	2	1	1	4	1	1	2	1	1	2	1	
質問3	(1)	1						1	2	1		1	36	
		2	2	1							1	2		
	3	8	8	1	1	4	1				2			
	(2)	1	9	9	1	4		1	1	1	1	2		34
2			1					1		2	1			
質問4	1		8	9	2	4	1		1	1		1	35	
	2						1				3	1		
	3			1				1				2		
質問5	(1)	1								1			6	
		2												
		3												
		4			1						1			2
	(2)	1			1									1
		2							1			1		1
ふ頭数		9	6	1	1	2	1	1	1	1	1		24	

註。・印は、同じ曲柱で2つ以上の特性を有している場合、
+印は同じふ頭で2種以上の曲柱がある場合。
○ふ頭数と回答数が合わないのは、本文中のとおり。

は、たび重なる嵩上げにより、胴高が10cm~20cm程度になっている曲柱が散見された。

質問3の(1),(2)及び質問4に対する回答を合わせると、問題になっている曲柱には、C-②及びD-②タイプのものが多いことがわかる。また数は少ないが、標準タイプの曲柱(タイプA)及びタイプBの曲柱に対しても、質問3(1)で、はずれそうになると答えているものが3例ある。これらの問題が生じるのはいずれも相もやいの場合であり、表-8.4に示したような問題が指摘されている。質問3(2)は、法線方向からの係留索に対して曲柱のアゴ部の張り出しが十分であるかどうかを評価するものであり、これに対しても、1船からの網取りでは問題にならないが、相もやいの時に不足するという意見で

(e) 質問8

No	1	2	3	4	合計
質問番号					
(1)	7	2	12	0	21
(2)	5	3	8	—	16

(f) 質問9

No	1	2	3	合計
回答数	7	2	5	14

表-8.4 係船柱の利用上の問題点

()は回答数

質問内容	問題点、意見等
曲柱の配置間隔について (質問1)	① 配置間隔が大きいため小型船の沿岸に不便である。(5) ② 連続バースでは相もやいになるため、その部分の配置間隔を狭くする。(1)
相もやいの問題点	① 係留索が咬んではずしくなる。(14) <ul style="list-style-type: none"> ◦ 索径に大・小がある場合、繊維索とワイヤロープがある場合、特にはずしくい。 ◦ 無理にウィンチで巻くと、係留索がおどって危険である。 ◦ 係留索を切断することもある。 ② 胴高が低い等のため、かけにくい。(6) <ul style="list-style-type: none"> ◦ 本船が要望する数の係留索がとれないことがある。
係留索が、はずれそうになる場合について	① 相もやいの時に、中抜きを行っているために、全体に係留索が持ち上げられる。 ② 相もやいで他船の係留索を放すときに、自船の係留索が、はずれそうになる。 ③ 相もやいで、多くの係留索をかけるとアゴの外に出ることがある。
曲柱の形状の変更、改良について	① 頭部にテーバー、またはカーブをつけた方がよい。(1) ② 全体に胴高を10~20cm大きくする。(1) ③ アゴ部を大きくする。(1)

あった。以上のことから、一船からの網取りを行う場合には、余程胴高の低い曲柱、或いは、アゴ部の小さい曲柱でない限りは、どのタイプの曲柱であっても問題はない。また相もやいの場合には、標準タイプの曲柱であっても係留索がはずれそうになるなどの問題を一部生じていることがわかる。

次に相もやいについて述べる。連続バース接続部の曲柱は、同時に2船から係留索が取られることが多い。このときには係留索は4~6本、多いときには8本程度かかることもある(表-8.2(c))。この場合、先にかけてた係留索のループの中を通してかけられ(中抜きと呼ばれる)こうしておけば、かけた順序にかかわらずどちらの係留索からでもはずすことができる。この方法で問題となるのは、あとからかけた係留索によって上向きの力が生じ係留索が全体的に頭部に集中することである。このために、係留索が頭部からはみ出し、はずれそうになることも生じる。また係留索が相互にかみ合うためにはずれにくくなることも多い。こうした問題は、今回のアンケート調査では、24人の回答者(全体37)が指摘しており、かなり関心の高い問題であると言える。

この相もやいの対策は、基本的には、2船からの係留索を分離してかけることである。港湾の施設の技術上の基準・同解説では、連続バース接続部には2個の曲柱を数mの間隔に設置することが望ましいとしている。しかし、船舶の係留場所が一定しないので設置位置が定まらない等の理由から、安易な配置が行われているのが現実であろう。今後は、相もやいという観点からも積極的に

検討しておくことが重要である。また中抜きをしなくてすむように頭部が2つに分かれた大型の曲柱を設置することも有効であろう。ただし、こうした曲柱をバース全体に設置することは不経済であり、またバースの一部に設置するならば上と同じ問題を生じる。その他、中抜きを行ったとしてもなるべく係留索が咬み合わないようにすることも対策のひとつである。ただし、この場合には、所要の数の係留索が安全にかかることが必要条件である。係留索が咬み合わないようにするためには、胴部から頭部にかけて曲柱に波型を設けるなどにより係留索の滑べりを止めること、及び、滑べり距離を長くしておくことも考えられる。また、係留索のループを大きくすることも対策のひとつであろう。

現行の標準タイプの曲柱は、係船担当者の意見では少くとも6本は安全にかかるということである(写真-8.10,8.11)。船舶によっては、バウ・スターンライン用に4本取り、この場合には相もやいで8本になることがあるが、これは、船舶のけん引力からみて不必要であろう。風速15m/sにおいて、強度の小さい係留索で2本、余裕をみたとしても3本程度で十分であると考ええる。また標準タイプの曲柱は、頭部Lを大きくし、アゴの部分に曲率を設けている。そのため、係留索が持ち上がったとしても、頭部が係留索の滑動範囲として機能するため、係留索の集中を緩和できる。その意味でも、現行の曲柱は、従来の多くのものに比べ、相もやいの場合にも問題は少ないと言えることができる。ただし、相もやいに対する根本的な対策は、前述のように相もやいを取らな

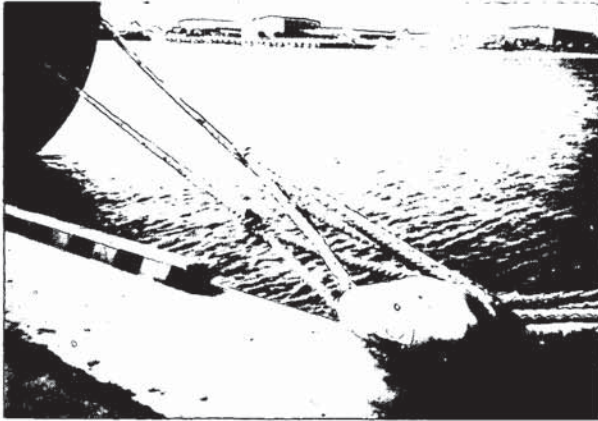


写真-8.10



写真-8.11

いことであり、曲柱の配置上の問題として個々に対応するのが望ましい。

曲柱の配置間隔に対する質問の回答で、配置間隔が広くて不便であるとしているものが6例(全体37)である。そのうち5例は対象船舶に比べて小型船の接岸が頻繁で小型船の場合には、スプリングラインが取れないというもので、他の1例は、相もやいにならないよう配置間隔を狭くした方が良いというものである。全体的にはあまり問題になってないと言えるが、相もやいの問題も含め曲柱の配置計画を慎重に検討しておくことが必要である。

最後に、直柱の配置上の問題について述べる。一般に、避難勧告が発令される港湾においては、暴風時に係留船舶がないため、直柱が利用されることはほとんどない。アンケートの調査対象とした東京湾の諸港でも、直柱はほとんど利用していない、或いは、直柱は必要ない、と答えているものが多い(表-82e参照)。文献2)では、神戸港における直柱利用実態を解析し、「ふ頭先端以外の直柱はほとんど利用されることはなく、ただ交通の障害になっていると言っても過言ではない」と述べている。ふ頭先端部の直柱が利用されるのは、船舶がふ頭先端部に接岸した場合に曲柱に取ったラインの距離が短くなるために、曲柱の代わりに直柱が用いられることによる。これは、直柱の本来の使い方ではない。ふ頭上は、貨物の一時置場になるほか、荷役用自動車が縦横に走るため、直柱の存在自体がかなりの障害になることがある。それらのことを考え港湾の施設の技術上の基準・同解説では「岸壁方向から強い風が吹くおそれのある港及び強風時に岸壁係留船舶のない港では直柱を省略した例もある」として、直柱の設置を緩和する記述がなされている。直柱は、ストームビットと呼ばれ、暴風時に機能すべく設置されるものである。従って、その港湾における気象条件、波浪特性、避難体制等を十分踏まえ、その上で直柱の必要性について検討されるべきである。また、係岸避

泊が行なわれる可能性があるからと言って、すべてのバースをその対象にすることは得策でなく、港内の静穏度を考慮し、係岸避泊バースを決めることも必要と考えられる。

また、暴風時に直柱を有効に働かせるためには、その設置位置が問題となる。一般には、1バースに2基設けられ、護岸法線から20m~30m離れて設置されている。この場合、船側方向からの外力を有効に受け持つために、係留角度がなるべく90°近くなるように直柱を配置しておくことが重要である。また、波のように正、負の力が交互に作用する外力に対しては、エネルギー吸収という観点から、なるべく直柱を護岸法線から離して係留索を長く取れるように設置しておくことが必要である。ただし、外力が小さい段階で曲柱と直柱を併用している例を見受けられるが、このような場合には、直柱の設置位置が護岸法線と離れ過ぎていて、直柱に、ほとんど力が働かないことになるので注意しておかねばならない。

9. あとがき

鋼船規則の改訂や現地調査にもとづいた係留索の切断荷重の検討、シミュレーションや静的計算による船舶のけん引力の計算等により、係留柱の所要のけん引耐力について検討を行った。その結果、現行の曲柱けん引耐力は、適切な係留方法をとれば、風速15m/s~20m/s時の船舶のけん引力に対して安全であるが、係留索の切断荷重相当の張力が働いた場合にはやや不足していると言える。また、係留索に力が均等に配分されないような場合には、風速15m/s程度で、係留索の切断荷重に達することがあり、こうしたことは、風や波の条件の厳しい港湾において係留索がしばしば破断していることから現実の問題であろう。その意味で、風や波等の外力の状況によっては係留索の切断荷重をみっておくことは必要なことである。また、操船上の問題から係留索が破断すること

も見聞されるが、離着岸の条件等に応じ、そのような場合も考慮して係留索の切断荷重をみておくことも必要であろう。一方、係留索の切断荷重は、鋼船規則の改訂値でみれば、材質によってかなり異った値となっているが、現実に船舶が所有している係留索の強度や係留索の設計法等によれば、鋼船規則のナイロンロープの切断荷重程度でみておくことが適当と考えられる。ただし、現地調査結果によれば、まだ旧鋼船規則によっているものも一部あるため、今後の改訂の実施状況等を考慮しておく必要がある。

本資料の成果は、以上のことを検討の上、今後の係船岸の設計に反映されるべきものとする。これを機会に、十分な議論が行われることを期待する。

最後に、本資料をまとめるに当たって御指導をいただいた大塚設計基準研究室長、船舶の動揺シミュレーションの実施に御教示いただいた上田海洋構造研究室長、出路研究員、並びに、係船柱に関する現地調査やアンケート調査に御協力を御願ひした港湾関係の諸氏に謝意を評する次第である。

(1982年6月30日受付)

参考文献

- 1) 日本港湾協会：港湾構造物標準設計（第1集），1971.
- 2) 稲垣紘史・山口孝市・片山猛雄：けい船柱の標準設計（案），港湾技研資料No.102，1970.
- 3) 寺内潔・吉田行秀・奥山育英：船舶の主要寸法に関する解析，港研報告Vol. 17，No. 4，1978.
- 4) 寺内潔・吉田行秀：船舶の主要寸法と力学的諸量の関係，港湾技研資料 No.348，1980.
- 5) 日本海事協会：鋼船規則集，昭和53年，pp.176～178.
- 6) 日本造船学会・造船設計委員会第2分科会編：大型船の係船装置計画指針，海文堂，1981.
- 7) 日本造船学会・造船設計委員会第2分科会編：自動ムアリングウインチ設計指針，海文堂，1981.
- 8) 小林正典・湯浅肇：船舶の耐航性に関する理論計算プログラム，三井造船技報・第82号，1973，pp.18～51.
- 9) 上田茂・白石悟：大型く（矩）形浮体の波浪中の動揺と係留力に関する研究（第2報）— 数値シミュレーション手法について —，港研報告Vol.19，No. 2，1980.
- 10) 辻豊治・高石敬史・菅 信・佐藤辰二：船体に働く風圧力に関する模型試験，船舶技術研究所報告，Vol. 7，No.5，1970.
- 11) 関西造船協会編：造船設計便覧，海文堂，1976.
- 12) 造船協会編；船舶工学便覧，コロナ社，1962.
- 13) 北島昭一他；港湾構造物設計基準作成にあたっての諸問題について，港湾技研資料，No.30，1967.
- 14) 高山知司・永井紀彦・菊地浩・諸石一幸：大型く（矩）形浮体の波浪中の動揺と係留力に関する研究（第1報），港研報告Vol.19，No.2，1980.
- 15) 日本海難防止協会；海と安全，No.260,261,262,271,273,1980～1981.

付属資料一 鋼船規則の改訂値

表C 27.1 アンカー、アンカーチェーン及び索類

□ 装記号	□ 装数		アンカー				大アンカー用アンカーチェーン (スタッド付きチェーン)			中アンカー用チェーンまたはワイヤロープ		引綱		係船索		
			数	重量(ストックレスアンカーの重量)		長さ	径			長さ	切断荷重	長さ	切断荷重	数	長さ	切断荷重
				大	中		第1種	第2種	第3種							
A 1	を 超え	以下	2	kg	kg	m	mm	mm	mm	m	kg	m	kg	3	m	kg
A 2	50	70	2	180	60	220	14.	12.5		80	↑ 6,600	180	↑ 10,000	3	80	↑ 3,500
A 3	70	90	2	240	80	220	16.	14		85	↑ 7,500	180	↑ 10,000	3	100	↑ 3,750
A 4	90	110	2	300	100	247.5	17.5	16		85	↑ 8,300	180	↑ 10,000	3	110	↑ 4,000
A 5	110	130	2	360	120	247.5	19.	17.5		90	● 9,100	180	↑ 10,000	3	110	↑ 4,500
B 1	130	150	2	420	140	275	20.5	17.5		90	↑ 10,000	180	↑ 10,000	3	120	↑ 5,000
B 2	150	175	2	480	165	275	22	19		90	↑ 11,000	180	↑ 10,000	3	120	↑ 5,500
B 3	175	205	2	570	190	302.5	24	20.5		90	↓ 12,000	180	● 11,400	3	120	↑ 6,000
B 4	205	240	3	660		302.5	26	22	20.5			180	↑ 13,200	4	120	↑ 6,500
B 5	240	280	3	780		330	28	24	22			180	↑ 15,300	4	120	↑ 7,000
C 1	280	320	3	900		357.5	30	26	24			180	↑ 17,700	4	140	↑ 7,500
C 2	320	360	3	1,020		357.5	32	28	24			180	↓ 21,100	4	140	● 8,000
C 3	360	400	3	1,140		385	34	30	26			180	↑ 22,800	4	140	↑ 9,000
C 4	400	450	3	1,290		385	36	32	28			180	↑ 25,500	4	140	↑ 10,000
C 5	450	500	3	1,440		412.5	38	34	30			180	↑ 28,200	4	140	↑ 11,000
D 1	500	550	3	1,590		412.5	40	34	30			190	↑ 31,200	4	160	↑ 12,500
D 2	550	600	3	1,740		440	42	36	32			190	⊕ 34,500	4	160	↑ 13,500
D 3	600	660	3	1,920		440	44	38	34			190	↑ 37,800	4	160	↑ 15,000
D 4	660	720	3	2,100		440	46	40	36			190	↑ 41,400	4	160	↑ 16,000
D 5	720	780	3	2,280		467.5	48	42	36			190	↑ 45,000	4	170	↑ 17,500
E 1	780	840	3	2,460		467.5	50	44	38			190	↓ 48,900	4	170	↑ 19,000
E 2	810	910	3	2,640		467.5	52	46	40			190	↑ 52,800	4	170	↑ 20,500
E 3	910	980	3	2,850		495	54	48	42			190	↑ 57,000	4	170	↑ 22,000
E 4	980	1,060	3	3,060		495	56	50	44			200	↑ 61,500	4	180	↑ 23,500
E 5	1,060	1,140	3	3,300		495	58	50	46			200	↑ 66,000	4	180	↑ 25,500
F 1	1,140	1,220	3	3,540		522.5	60	52	46			200	↑ 70,500	4	180	↑ 27,500
F 2	1,220	1,300	3	3,780		522.5	62	54	48			200	↑ 75,300	4	180	↑ 29,000
F 3	1,300	1,390	3	4,050		522.5	64	56	50			200	↑ 80,100	4	180	↑ 31,500
F 4	1,390	1,480	3	4,320		550	66	58	50			200	↑ 85,200	4	180	↑ 33,000
F 5	1,480	1,570	3	4,590		550	68	60	52			220	⊙ 90,600	5	190	↑ 33,000
G 1	1,570	1,670	3	4,890		550	70	62	54			220	↑ 96,000	5	190	↑ 34,000
G 2	1,670	1,790	3	5,250		577.5	73	64	56			220	↑ 104,400	5	190	⊕ 36,000
G 3	1,790	1,930	3	5,610		577.5	76	66	58			220	↑ 113,100	5	190	↑ 38,500
G 4	1,930	2,080	3	6,000		577.5	78	68	60			220	↑ 119,100	5	190	↑ 41,000
G 5	2,080	2,230	3	6,450		605	81	70	62			240	↑ 128,400	5	200	↑ 43,000
H 1	2,230	2,380	3	6,900		605	84	73	64			240	↑ 138,300	5	200	↑ 46,000
H 2	2,380	2,530	3	7,350		605	87	76	66			240	↑ 148,200	5	200	↑ 49,000
H 3	2,530	2,700	3	7,800		632.5	90	78	68			260	↑ 150,000	6	200	↓ 49,000
H 4	2,700	2,870	3	8,300		632.5	92	81	70			260	↑ 150,000	6	200	↑ 50,000
H 5	2,870	3,040	3	8,700		632.5	95	84	73			260	↑ 150,000	6	200	↑ 51,000
J 1	3,040	3,210	3	9,300		660	97	84	76			280	↑ 150,000	6	200	↑ 53,000
J 2	3,210	3,400	3	9,900		660	100	87	78			280	↑ 150,000	6	200	↑ 56,500
J 3	3,400	3,600	3	10,500		660	102	90	78			280	↑ 150,000	6	200	↑ 60,000
J 4	3,600	3,800	3	11,100		687.5	105	92	81			300	↑ 150,000	6	200	↑ 63,000
J 5	3,800	4,000	3	11,700		687.5	107	95	84			300	↑ 150,000	6	200	↑ 66,000
K 1	4,000	4,200	3	12,300		687.5	111	97	87			300	↑ 150,000	7	200	↑ 66,000
K 2	4,200	4,400	3	12,900		715	114	100	87			300	↑ 150,000	7	200	↑ 67,000
K 3	4,400	4,600	3	13,500		715	117	102	90			300	↑ 150,000	7	200	↑ 68,000
K 4	4,600	4,800	3	14,100		715	120	105	92			300	↑ 150,000	7	200	↑ 69,000
K 5	4,800	5,000	3	14,700		742.5	122	107	95			300	↑ 150,000	7	200	⊙ 70,000
L 1	5,000	5,200	3	15,400		742.5	124	111	97			300	↑ 150,000	8	200	↑ 70,000
L 2	5,200	5,500	3	16,100		742.5	127	111	97			300	↑ 150,000	8	200	↑ 71,000
L 3	5,500	5,800	3	16,900		742.5	130	114	100			300	↑ 150,000	8	200	↑ 72,000
L 4	5,800	6,100	3	17,800		742.5	132	117	102			300	↓ 150,000	9	200	↑ 72,000
L 5	6,100	6,500	3	18,800		742.5	120	107						9	200	↑ 73,000
M 1	6,500	6,900	3	20,000		770	124	111						9	200	↑ 74,000
M 2	6,900	7,400	3	21,500		770	127	114						10	200	↑ 74,000
M 3	7,400	7,900	3	23,000		770	132	117						11	200	↑ 74,000
M 4	7,900	8,400	3	24,500		770	137	122						11	200	↑ 75,000
M 5	8,400	8,900	3	26,000		770	142	127						12	200	↑ 75,000
N 1	8,900	9,400	3	27,500		770	147	132						13	200	↑ 75,000
N 2	9,400	10,000	3	29,000		770	152	132						14	200	↑ 75,000
N 3	10,000	10,700	3	31,000		770	137							15	200	↑ 75,000
N 4	10,700	11,500	3	33,000		770	142							16	200	↑ 75,000
N 5	11,500	12,400	3	35,500		770	147							17	200	↑ 75,000
O 1	12,400	13,400	3	38,500		770	152							18	200	↑ 75,000
O 2	13,400	14,600	3	42,000		770	157							19	200	↑ 75,000
O 2	14,600	16,000	3	46,000		770	162							21	200	↓ 75,000

(備考) 1. ワイヤロープを使用する場合は、表の中で●印は(6×12)、⊕印は(6×24)、⊙印は(6×37)を標準とする。
2. アンカーチェーンの長さは、連結用ジャックルを含む長さとして差し支えない。

表L 5.1 繊維ロープの切断荷重 (ton)

ロープ径 (mm)	マニラロープ	合成繊維ロープ							
		ビニロン		ポリエチレン**		ポリエステル	ポリプロピレン**		ナイロン*
		1種	2種	1種	2種		1種	2種	
10	0.72	0.95	1.60	0.99	1.30	1.59	1.10	1.30	1.85
12	1.01	1.37	2.20	1.42	1.80	2.24	1.60	1.80	2.80
14	1.34	1.83	2.90	1.90	2.40	2.98	2.10	2.40	3.73
16	1.72	2.34	3.70	2.43	3.00	3.82	2.70	3.00	4.78
18	2.14	2.92	4.60	3.03	3.80	4.76	3.30	3.80	5.94
20	2.61	3.55	5.60	3.68	4.50	5.79	4.00	4.50	7.23
22	3.11	4.24	6.70	4.40	5.60	6.91	4.80	5.60	8.63
24	3.66	4.98	7.90	5.17	6.50	8.12	5.60	6.50	10.2
26	4.24	5.78	9.10	6.00	7.50	9.42	6.50	7.50	11.8
28	4.87	6.64	10.5	6.88	8.50	10.8	7.50	8.50	13.5
30	5.54	7.55	11.9	7.83	9.90	12.3	8.50	9.90	15.4
32	6.24	8.51	13.4	8.82	11.0	13.9	9.60	11.0	17.3
35	7.37	10.1	15.8	10.4	13.0	16.4	11.3	13.0	20.5
40	9.73	12.9	20.2	13.4	16.7	21.0	14.4	16.7	26.3
45	12.1	16.0	25.2	16.6	20.7	26.1	18.0	20.7	32.7
50	14.7	19.5	30.6	20.2	25.5	31.8	21.8	25.5	39.8
55	17.6	23.3	36.5	24.2	30.0	38.0	26.0	30.0	47.5
60	20.7	27.4	42.9	28.4	35.5	44.7	30.6	35.5	55.8
65	24.0	31.8	49.7	33.0	41.0	51.8	35.5	41.0	64.8
70	27.6	36.5	57.0	37.8	47.0	59.5	40.7	47.0	74.3
75	31.3	41.5	64.8	43.0	53.5	67.6	46.2	53.5	84.5
80	35.3	46.8	73.0	48.5	60.5	76.2	52.1	60.5	95.3
85	39.5	52.4	81.7	54.3	68.0	85.3	58.3	68.0	107
90	44.0	58.2	91.3	60.4	75.0	94.9	64.8	75.0	119
95	48.6	64.4	100	66.8	83.0	105	71.6	83.0	131
100	53.5	70.8	110	73.5	91.5	116	78.7	91.5	144

(備考) ・ 乾燥状態のロープを室温で引張ったときの切断荷重
 ** 35±2℃の温水中に30分以上浸漬したロープを室温で、引張ったときの切断荷重

表L 4.3 ワイヤロープの切断荷重及び重量

号別	1号		2号		3号		4号		5号		6号		21号	
構成記号	(6×7)		(6×12)		(6×19)		(6×24)		(6×30)		(6×37)		(6×WS(36))	
ワイヤロープの径(mm)	切断荷重(t)	1mの重量(kg)	切断荷重(t)	1mの重量(kg)	切断荷重(t)	1mの重量(kg)	切断荷重(t)	1mの重量(kg)	切断荷重(t)	1mの重量(kg)	切断荷重(t)	1mの重量(kg)	切断荷重(t)	1mの重量(kg)
10	5.34	0.371	3.33	0.273	5.07	0.364	4.64	0.332	4.19	0.310	4.99	0.359	5.15	0.396
12	7.69	0.534	4.80	0.393	7.30	0.524	6.68	0.478	6.03	0.446	7.19	0.517	7.42	0.570
14	10.5	0.727	6.53	0.535	9.93	0.713	9.09	0.651	8.21	0.607	9.81	0.704	10.1	0.776
16	13.7	0.950	8.52	0.699	13.0	0.932	11.9	0.850	10.7	0.793	12.8	0.920	13.2	1.01
18	17.3	1.20	10.8	0.885	16.4	1.18	15.0	1.08	13.6	1.00	16.2	1.16	16.7	1.28
20	21.4	1.48	13.3	1.09	20.3	1.46	18.5	1.33	16.7	1.24	19.9	1.44	20.6	1.58
22	25.8	1.80	16.1	1.32	24.5	1.77	22.5	1.61	20.3	1.50	24.2	1.74	24.9	1.92
24	30.8	2.14	19.2	1.57	29.2	2.10	26.7	1.91	24.1	1.79	28.7	2.07	29.7	2.28
26	36.1	2.51	22.5	1.85	34.3	2.47	31.4	2.24	28.3	2.10	33.7	2.43	34.8	2.68
28	41.9	2.91	26.1	2.14	39.7	2.85	36.4	2.60	32.8	2.43	39.0	2.82	40.4	3.10
30	48.1	3.34	30.0	2.46	45.6	3.28	41.8	2.99	37.6	2.79	44.8	3.23	46.3	3.56
32	54.7	3.80	34.1	2.80	51.9	3.73	47.5	3.40	42.9	3.17	51.1	3.68	52.7	4.06
34	61.7	4.29	38.5	3.16	58.6	4.21	53.6	3.84	48.4	3.58	57.7	4.16	59.5	4.58
36	69.2	4.81	43.2	3.54	65.7	4.72	60.1	4.30	54.3	4.02	64.7	4.66	66.7	5.13
38	77.1	5.36	48.1	3.94	73.2	5.26	67.0	4.79	60.5	4.43	72.1	5.19	74.4	5.72
40	85.5	5.93	53.3	4.37	81.1	5.82	74.2	5.31	67.0	4.95	79.7	5.75	82.4	6.34
42					89.4	6.42	81.8	5.86	73.9	5.47	88.0	6.34	90.8	6.99
44					98.2	7.05	89.8	6.43	81.0	6.00	96.6	6.96	99.7	7.67
46					107	7.70	98.2	7.03	88.6	6.56	106	7.61	109	8.38
48					117	8.39	107	7.65	96.4	7.14	115	8.28	116	9.12
50					127	9.10	117	8.30	104	7.74	125	8.98	129	9.90
52							125	8.98	113	8.38	135	9.73	139	10.7
54							135	9.68	122	9.04	145	10.5	150	11.5
56							145	10.4	131	9.71	156	11.3	162	12.4
58							156	11.2	141	10.4	168	12.1	173	13.3
60							167	12.0	150	11.1	179	12.9	185	14.3
62							178	12.8	161	11.9	192	13.8	198	15.2
65							196	14.0	177	13.1	211	15.2	218	16.7

付属資料一 2 大型船の係船装置の設計

各抵抗の計算式

(イ) 風圧抵抗 (R_a)

$$R_a = K_a \cdot A_a \cdot V_a^2 \text{ (kg)}$$

ここに $K_a = 0.0735$ (横方向) ($\text{kg} \cdot \text{s} / \text{m}^4$)

0.0429 (縦方向) (")

A_a = 喫水線上風方向投影面積 (m^2)

V_a = 相対速度 (m / sec)

(ロ) 潮流抵抗 (R_w)

$$R_w = 0.1212 A_w \{ V_w + V_s \}^2 + 0.330 (V_w + V_s) \text{ (kg)}$$

ここに A_w 計画船の浸水面積 (m^2)

Dennyの式

$$A_w = 1.7 \times d \cdot L + \frac{d}{d} \text{ によることにする。}$$

V_w : 潮流速度 (m / sec)

d : 排水量 (ton)

V_s : 船の移動速度 (m / sec)

(ハ) 形状抵抗 (R_v)

$$R_v = 73.2 A_s (V_s + V_w)^2 \text{ (kg)}$$

ここに A_s : 喫水線下側面投影面積 (m^2)

(平均喫水 $d \text{ m} \times L$)

V_s : 船の移動速度 (m / s)

V_w : 潮流速度 (m / s)

(ロ)、(ハ)項において、防波堤内では一般に潮流を船の横方向から受けることはほとんどないと考えられるので、標準係船配置では横方向からの潮流は考慮していない。

(ニ) 推進器抵抗

$$R_p = 26.4 D^2 (V_w + V_s)^2 \text{ (kg)}$$

ここに D : プロペラの直径 (m)

V_w : 潮流速度 (m / s)

V_s : 船の移動速度 (m / s)

係船金物裝備基準

艀装数 船級協会 統一規格案		挽 索		ボラード	ローラフェ アリーダー	デッキスタ ンドローラ	クローズドショ ック (ムアリン グパイプ)						
		長さ m	麻索					鋼 索					
			を 超え	以下	径 mm	径 mm	呼び寸法	呼び寸法	呼 び	呼 び			
50	70	180		18	6×12	150	100	100	250×200				
70	90												
90	110												
110	130												
130	150												
150	175												
175	205									20	175	125	125
205	240												
240	280									22	200	150	150
280	320									24			
320	360	26	225	200	250								
360	400	24											
400	450	26	250	200	200								
450	500												
500	550	190		28	6×24	300	200	200	300×250				
550	600												
600	660												
660	720												
720	780												
780	840												
840	910	32	350	250	250								
910	980												
980	1060	34	400	250	250								
1060	1140	36											
1140	1220	38	450	300	350×250								
1220	1300												
1300	1390	40	400	250	250								
1390	1480												
1480	1570	200		42	6×37	350	250	250	350×250				
1570	1670												
1670	1790												
1790	1930												
1930	2080	220		44	6×37	400	250	250	350×250				
2080	2230												
2230	2380	240		46	6×37	450	300	300	400×250				
2380	2530												
2530	2700	260		48	6×37	500	300	300	400×250				
2700	2870												
2870	3040	280		52	6×37	500	300	300	400×250				
3040	3210												
3210	3400	300		54	6×37	500	300	300	400×250				
3400	3600												
3600	3800												
3800	4000												
4000	4200												
4200	4400												
4400	4600												
4600	4850												
4850	5100												
5100	5400												
5400	5700												
5700	6000												
6000	6300												

艙装数の算定式

艙船規則の艙装数（統一艙装数）は次の式により算出する。

$$W^{0.12} + 2.0 h B + 0.1 A$$

W は、満載排水量（トン）、 B は船幅（m）

h および A は、次の各号の規定による値

- ① h は、次の式により算定される値

$$f + h'$$

f は、船体中央における満載喫水線上から最上層全通甲板のはりの船側における上面までの垂直距離(m)

h' は、最上層全通甲板から幅が $B/4$ を越える船楼または甲板室のうちで最も高い位置にあるものの頂部までの高さ (m)。この高さの算定にあたっては、弦弧およびトリムはないものとして、計算してさしつかえない。

また幅が $B/4$ を越える甲板室が幅が $B/4$ を超えない甲板室の上部にある場合は、幅が $B/4$ 以下の甲板室の高さは算入する必要はない。

- ② A は、次の算式により算定される値

$$f L + \sum h'' l$$

f は前号の規定による値

$\sum h'' l$ は、最上層全通甲板よりも上方にあって、幅が $B/4$ を越え、高さが 1.5 m を越える船楼、甲板室またはトランクの高さ h'' (m) と長さ l (m) の積の和。ただし、 L の範囲外にあるものは算入する必要はない。

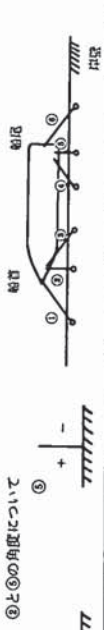
- ③ 前各号において、高さが 1.5 m を越えるスクリーンまたはブルワークは、船楼または甲板室の一部とみなす。

貨物船の総トン、満載排水量、艙装数の関係

500 DW ~ 5,000 DW	$\log GT = -0.366 + 1.015 \log DW$	$r = 0.906$
5,000 DW ~ 6,000 DW	$\log GT = -0.061 + 0.966 \log DW$	$r = 0.969$
5,000 DW ~ 140,000 DW	$E.N. = 7.015 DW^{0.556}$	$r = 0.969$

$E.N.$: 艙装数

付属資料-3. 係留方法に関する調査結果
荷役時の係留索の張り方 (横浜本牧ふ頭)



船名	①			②			③			④			⑤			⑥			ロープ数					
	総トン数	種類	長さ	種類	長さ	水平角	種類	長さ	水平角	種類	長さ	水平角	種類	長さ	水平角	種類	長さ	水平角						
FERNED	6,255	3	35	15-43	19	6	2	18	18	2	12	10	2	12	10	3	15	32	48	21	20	10		
CHUNJIN	2,963	2	18-21	21	18	11	1	12	10	19	7	12	16	16	5	2	35	10	23	3	3	7		
ALRAKYAN	15,386	2	28-29	18	15	11	2	20	3	21	24	16	13	13	23	4	19-30	10	30	15	18	10		
E-ADV	2,626	3	22				2			1						2						10		
OCEANIS	10,006	3	17	8	20	90	1	14	10	21	18	20	16	27	85	2	11	33		2	9			
O-VEN	17,385	2	27	28	11	-36	1	12	7	12	18	15	18	18	3	3	17-22	31	40	48	11	10		
KAROTOA	8,301	3	17-27	11	19	90	1	17	23	16	18	16	11	11	3	3	6-17	27	68	13	42	10		
EM-MOON	4,703	3	24-28	7	29		1	19	20	8						3	29	10	15	20	13	8	7	
ALARIC	17,541	4	27-29				2	20								4						12	(8)	
OR-ACE	7,072	3	33-37	40	30	13	1	17	28	32	27	8	11	8	20	3	21-27	52	38	16	19	8		
福祥丸	2,958	4	25-27	24	16	13	1	17	12	10	20	14	3	3	20	4	26-28	12	24	8	4	10		
NEPTUNE	30,323	3					1				11					4	28-31					10	(5)	
MATHILOE	10,367	5	30-31	30	14	2	1	37	28	21	19	26	24	24	75	3	29-36	8	20	4	46	30	12	
FIAR	10,058	3	19-21	9	25	35	2	26	13	17	26-35	6	18	6	10	2	19-30	30	21	11	9	9		
ZIN-TO	25,830	3	32	38	14	47	1	36	13	12	20	32	13	13	76	3	26-34	5.0	5.0	48	52	34	10	
KOREAN-WDNLS-JIN EASTERN	25,827	2	36-48	33	52	55	1	20-43	10	16	30	16	42	42	23	3	27-41	50	26	54	8	10	9	10
AL-WATTYAH	3,922	3	25-26	21	35	14	2	17-18	25	25	13	20	25	25	43	3	21-23	21	27	14	17	10		
ORI-COMMANDER ESTELLE-	20,657	3	38	15	17	50	1	23	15	23	17	15	25	25	43	3	22-25	23	35	16	9	10		
RYUSEI-	22,647	3	29-32	39	34	34	2	30-33	8	6	13-16	28	13	27	51	3	22-28	38	25	33	16	14	11	12
KERGELEN	13,706	2	47-48	20	27	21	1	27	24	32	16	13	22	22	46	2	24-25	40	35	8	10	8		
TER-PRO	3,336	3	29-30	6.0	8		1	14	18	20	26	8	6	6	11	2	13-37	38	18	21	19	7		
TARPON	10,618	1	25-30	42	38	25	1	19	32	33	40	8	10	10	25	3	24-23	16	37	16	20	10		
ブルーコウチ	5,777	1	35	24	17	38	2	15-18	47	16	37	8	8	8	59	1	34	32	14		8			
EAST-	11,562	2	42	10	10	70	2	9-25	30	18	31	8	11	11	70	4	11-26	66	44	8	15	10		
	4,413	3	30-36	15	35	15	1	15	10	65	29	32	16	16	17	3	15-20	40	27	15	17	8		
	5,570	2	30	16	9	45	2	9-16	23	36	16	12	7	7	36	3	38-34	36		3	3	10		

細 ⊕: ポリアプロピレン ⊕: ナイロン
: ポリエチレン ⊕: ワイヤ

荷役時の係留索の張り方 (新潟港臨港ふ頭)

船名	総トン数	①		②		③		④		⑤		⑥		ロープ本数	
		種類	長さ	種類	長さ	種類	長さ	種類	長さ	種類	長さ	種類	長さ		
CHAZHMA	2,920	⊕	28-34	⊕	1	⊕	33	⊕	1	⊕	9	⊕	3	23-29	8
KANUTAH	10,179	⊕	1	⊕	3	⊕	1	⊕	1	⊕	10	⊕	1	2	13
ひびき丸	699	⊕	1	⊕	1	⊕	13	⊕	1	⊕	4	⊕	1	1	4
瑞井丸	447	⊕	1	⊕	1	⊕	25	⊕	1	⊕	14	⊕	1	1	4
柳卯丸	997	⊕	1	⊕	1	⊕	37	⊕	1	⊕	27	⊕	1	1	5
第2エコーブ	494	⊕	1	⊕	1	⊕	11	⊕	1	⊕	9	⊕	1	1	4
第28幸清丸	572	⊕	1	⊕	1	⊕	16	⊕	1	⊕	32	⊕	2	2	4
苜葉丸	3,716	⊕	2	⊕	1	⊕	11-12	⊕	1	⊕	25	⊕	1	1	4
SUNDELWISS	4,816	⊕	3	⊕	1	⊕	10	⊕	1	⊕	30	⊕	1	1	6
洋和丸	695	⊕	1	⊕	1	⊕	22	⊕	1	⊕	25	⊕	1	1	4
第7伸典丸	923	⊕	1	⊕	1	⊕	35	⊕	1	⊕	7	⊕	1	1	6
第18港明丸	999	⊕	1	⊕	1	⊕	7	⊕	2	⊕	30	⊕	1	1	4
洋和丸	695	⊕	1	⊕	1	⊕	11	⊕	1	⊕	6	⊕	1	1	4
第28幸清丸	572	⊕	2	⊕	1	⊕	12	⊕	1	⊕	12	⊕	1	1	7
第7伸典丸	923	⊕	1	⊕	1	⊕	33-34	⊕	1	⊕	42	⊕	1	1	6
昭石丸	39,891	⊕	2	⊕	1	⊕	7	⊕	1	⊕	21	⊕	1	1	4
2白鳥丸	480	⊕	1	⊕	1	⊕	11	⊕	1	⊕	6	⊕	1	1	4
第12海神丸	500	⊕	1	⊕	1	⊕	12	⊕	1	⊕	12	⊕	1	1	4
瑞洋丸	5,942	⊕	2	⊕	1	⊕	55-56	⊕	2	⊕	42	⊕	1	1	10
第28幸清丸	572	⊕	1	⊕	1	⊕	19	⊕	1	⊕	13	⊕	1	1	4
さかさご	999	⊕	2	⊕	1	⊕	43	⊕	1	⊕	21	⊕	1	1	5

⊕: ポリプロピレン
 ⊕: ポリエチレン
 ⊕: ナイロン
 ⊕: ワイヤ
 ⊕: チェーン

着岸時・離岸時に使用された係留索（横浜本牧ふ頭）

船名	総トン数	着岸時						離岸時					
		風		使用ロープ				風		使用ロープ			
		風向	風速 (m/s)	位置	種類	本数	切断荷重	風向	風速 (m/s)	位置	種類	本数	切断荷重
FERNAD	6,255			①	ポリプロピレン φ 60	1	30.6	②	2~4				
CHUNJIN	2,963			①	ポリプロピレン φ 60	1	30.6	②	2				
ALRAKYAN	15,386	⑥	3	①	ポリプロピレン φ 70	1	40.7	⑤	3	③	ポリプロピレン φ 70	1	40.7
E-ADV	2,626	⑥	3~4	①	ポリプロピレン φ 60	1	30.6	⑤	3	①	ポリプロピレン φ 60	1	30.6
OCEANIS	10,006	⑥~②	3~4	①	ポリプロピレン φ 55	1	26.0	②~④	3~4	①	ポリプロピレン φ 55	1	26.0
O-VEN	17,385	②~⑥	3~4	①	ポリプロピレン φ 70	1	40.7	⑥	6	①	ポリプロピレン φ 80	1	52.1
KAROTOA	8,301	②	4	①	ポリプロピレン φ 65	1	35.5						
EM-MOON	4,703	②	2	①	ポリプロピレン φ 55	2	27.6	⑥	4	①	ポリプロピレン φ 55	1	26.0
ALARIC	17,541	⑤→⑧	2→6	①	ポリプロピレン φ 60	1	30.6	②→⑧	6				
OR-ACE	7,072	⑤	5→4	①	ポリプロピレン φ 55	1	27.6	⑤	3	③	ポリプロピレン φ 70	1	40.7
扇洋丸	2,958	⑤	5→4	①	ポリプロピレン φ 60	1	30.6	④	3.5	④	ポリプロピレン φ 60	1	30.6
NEPTUNE	30,323	②	3	①	ポリプロピレン	1		⑤	18	②			
MATHILOE	10,367	⑤	4→3	①	ナイロン φ 60	1	55.8	③→⑤	3→6	①	ワイヤー ナイロン φ 65	1	45.0 64.8
FIAR	10,058	②	6	④	ポリプロピレン φ 60	1	30.6						
ZIN-TO	25,830	⑥	3	①	ポリプロピレン φ 65	1	35.5	⑧	6	③	ワイヤー ポリプロピレン φ 65	1	50.5 35.5
KOREAN- WDNIS-JIN	25,827	⑧	6	①	ポリプロピレン φ 60	1	30.6	⑧	6	③	ポリプロピレン φ 70	1	70.7
EASTERN	3,392	⑤	6	①	ナイロン φ 45	1	32.7	④	3.5	①	ナイロン φ 65	1	64.8
AL-WATTYAH	20,657	④	6	①	ポリプロピレン φ 65	1	35.5	④	3.5	①	ポリプロピレン φ 65	1	35.5
ORI- COMMANDER	22,647	④	6	⑥	ワイヤー ポリプロピレン φ 80	1	52.0 52.1	⑥	3				
ESTELLE-	13,706	⑤	1	①	ナイロン φ 70	1	74.3	⑥	1	③	ナイロン φ 70	1	74.3
RYUSEI-	3,336	⑤→②	1→3	①	ポリプロピレン φ 110	1	95.0	②→①	7→5	③	ポリプロピレン φ 65	1	35.5
KERGELEN	10,618	②	3	①	ポリプロピレン φ 60	1	30.6	①					
TER-PRO	5,777	②	4	①	ポリプロピレン φ 60	1	30.6						
TARPON	11,562	②	4	⑤	ポリプロピレン φ 70	1	40.7						

着岸時・離岸時の使用された係留索（新潟港臨港ふ頭）

船名	総トン数	着岸時						離岸時					
		風		使用ロープ				風		使用ロープ			
		風向	風速(m/s)	位置	種類	本数	切断荷重	風向	風速(m/s)	位置	種類	本数	切断荷重
ブルーコウチ	4,413	②	4	①	ポリプロピレン φ 60	1	30.6			③	ポリプロピレン φ 55	1	21.0
EAST-	5,570	⑥→②	1→3	①	ポリプロピレン φ 65	2	35.5						
CHAZHMA	2,920	①	3.5	①	ナイロン ワイヤー φ 22 (4号)	1	74.3 22.4	⑧	1.7	③	ナイロン ワイヤー φ 22 (4号)	1	74.3 22.4
KANUTAH	10,179	⑥	3.5	①	ワイヤー パイレン φ 50	1	18.0	⑥	2.8	④	パイレン ワイヤー φ 45	1	18.0 36.4
ひびき丸	699	⑦	3.5	①	パイレン φ 45	1	15.8	④	1.7	①	パイレン φ 45	1	18.0
碓井丸	447	⑦	3.5	①	パイレン φ 60	1	30.6	④	1.7	⑤	パイレン φ 36	1	11.9
輝鶴丸	997	⑤	3.7	③	ポリプロピレン φ 50	1	18.0	②	1.7	②	ポリプロピレン φ 38	1	13.1
第2エコーブ	494	④	1.7	③	ポリエチレン φ 50	1	19.0	⑧	3.0	④	ポリエチレン φ 45	1	15.5
第28幸清丸	572	⑥	1.7	③	ポリエチレン φ 55	1	22.0	②	7.2	⑥	ポリエチレン φ 42	1	13.5
宵葉丸	3,716	④	1.7	③	リーレン φ 60	1	35.5	⑥	6.9	⑥	リーレン φ 60	1	35.5
SUNDELWLSS	4,816	⑥	1.7	①	ポリプロピレン φ 50	1	21.8	⑦	5.5	③	ポリエチレン φ 50	1	19.0
洋和丸	695	④	1.7	③	ポリエチレン φ 75	1	40.0	⑦	3.5	⑥	ポリエチレン φ 55	1	22.0
第7伸典丸	923	①	2.8	③	ポリエチレン φ 50	1	19.0	④	4.1	③	ポリエチレン φ 55	1	19.0
第18港明丸	999	④	6.9										
洋和丸	695			③	ポリエチレン φ 65	1	30.0			⑥	ポリエチレン φ 42	1	13.5
第28幸清丸	572			③	ポリエチレン φ 55	1	22.0			③	ポリエチレン φ 55	1	22.0
第7伸典丸	923			③	ポリエチレン φ 55	1	19.0			①	ポリエチレン φ 55	1	22.0
昭石丸	39,891	③	6.8					①	6.3				
2白鳥丸	480	⑥	3.9	①	ポリエチレン φ 45	1	15.5	⑥	5.5	④	ポリエチレン φ 38	1	11.5
第12海神丸	500	⑥	3.9	①	ポリエチレン φ 52	1	26.0	⑥	5.5	④	リーレン φ 42	1	18.5
碓洋丸	5,942	①	6.3	③	ポリプロピレン φ 40	1	14.4	④	7.6	①	ポリプロピレン φ 40	1	14.4
第28幸清丸	572	③	4.9	③	ポリエチレン φ 50	1	12.5			⑥	ポリエチレン φ 40	1	19.0
たかさご	999	②	7.6	③	ポリプロピレン φ 50	1	23.1	②	5.1	⑥	ポリプロピレン φ 55	1	27.6

付属資料一 4 各港の避難体制（「海と安全」1980～1981より抜粋）

港名	避難勧告の標準	備考
東京港	<p>(1) 平均風速25m/s以上の台風の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 台風避難は、風速15m/s以上の強風が吹きはじめる前が適当である。 <p>避難時機決定の要素</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 東京湾から風速15m/sの強風圏までの距離 ② 台風の進路及び速力（本土接近による増速を見込む） ③ 水先人、綱取り、引き船等の当直以外のもの全部が活動に入るのに要する参集時間 ④ 船舶が避難するのに要する時間 ⑤ 避難勧告の文書作成と伝達に要する時間 <p>避難対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 危険性の高い物を運搬している大型船と高乾舷で走描しやすい大型船は、状況によっては湾外の適当な海域へ避難する。 ◦ 一般船舶（3,000総トン以上、ブイ係留船は2,000総トン以上）は湾内に避泊する。 <p>(2) 平均風速20m/s以上25m/s未満の台風の場合</p> <p>避難対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 良好なバースに係留していて安全と思われる船舶は原則として避難せず、そのままバースにとどまる。 <p>(3) 平均風速20m/s未満の台風の場合</p> <p>避難対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 危険性の高い物を運搬している大型船、高乾舷で係留索の切断しやすい大型船、前後ブイ係留船、静穏度の低いバース係留船は湾内に避泊する。 ◦ 一般船舶は着岸のまま台風を凌ぐ。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 入港制限について 原則として3,000総トン以上の船舶は入港を見合わせ、港外で待機する。 ただし、旅客が乗船中の客船、フェリーにあってはこの限りではない。
京浜港 (川崎、 横浜)	<p>避難勧告は、風速が15m/sになるまでに避難が完了するよう実施される。</p> <p>避難勧告の時機は</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 台風の進行速度 ② 風速15m/sの強風圏までの距離 ③ 水先人、綱取り、タグボート等が活動に入るに要する準備期間 ④ 勧告文の作成、伝達等に要する時間 ⑤ 船舶の避難終了に要する時間 <p>等の諸要素を勘案して決定するが、避難が夜間に入る場合は極力日没までに終了するよう調整している。</p> <p>避難対策と処置</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 次の船舶は早期避難を推奨している。 <ul style="list-style-type: none"> イ 危険物積載タンカー（小型船を除く） ロ 高乾舷船（自動車運搬船、カーフェリー、コンテナ 	

港名	避難勧告の標準	備考
	<p>船, LPG, LNG船, 空船状態の貨物船等)</p> <p>ハ 浮標(シーバースを含む)係留船</p> <p>② 各係留場所における避難の検討</p> <p>イ 岸壁で比較的安全なのは南東および北西測が遮へいされている新港ふ頭5,6,7,8,山下ふ頭4,5,6,7,高島ふ頭,本牧ふ頭A1,2,3,大黒町西測バースであるが高潮のある場合安全とはいえない。</p> <p>ロ 本牧のB, C, D突堤の各バースは大黒ふ頭の埋立に伴い安全性が増してきているが大型船は退避を要する。</p> <p>ハ 根岸地区は荒天時の風浪に対し危険水域であり全面的に退避を要する。</p> <p>ニ 鶴見地区では, アジア石油4,5日本石油A, 昭和電工, 大黒町南面の各バース, 及び大黒ふ頭の各バースは退避を要する。</p> <p>ホ 京浜運河に面したバースは扇島, 東扇島の埋立により安全性は増してきているが危険物専用バースが多く非常の際の迅速避難に対する不安等から見て避難を要する。又は, その他運河のドルフィン式バースは南東, 南南東の強風を受けることが予想される場合は退避するのがよい。</p>	
千葉港	<p>避難勧告(第2警戒体制発令)</p> <p>台風が東京湾に接近する公算が極めて大なりと判断せられた場合, 或は千葉港が重大な影響を被るものと判断せられた場合(来襲予定の前日~当日)。第2警戒体制発令の時機は, 当地方が15m/sの暴風圏内に入るまでにおおむね500総トン以上の船舶が避難完了するよう検討のうえ選定する。</p> <p>避難対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 500GT以上の船舶 	
横須賀港	<p>避難勧告</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 風速15m/sになる前に, 避難が完了するよう計画する ◦ 距離 台風が北緯30度線に達したとき <p>避難対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 1,000トン以上の船舶 	
大阪港・阪南港	<p>避難勧告(第2警戒体制)</p> <p>台風が大阪湾に接近する公算極めて大なりと判断された場合, あるいは大阪港(大阪, 堺泉北), 阪南港は重大なる影響を被るものと判断された場合。</p> <p>避難対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 在港小型船は, 速やかに河川, 運河の安全な場所に退避し, 最重な警戒措置をとられたい。 ◦ 在港大型船舶は, 速やかに港外に退避して万全の措置をとられたい 	

港名	避難勧告の標準	備考
神戸港	<p>避難勧告</p> <p>台風が神戸地方に接近する公算が極めて大と判断される場合、 或いは神戸港は重大な影響をこうむるものと判断される場合… …各在港船は速やかに避難すること。</p> <p>(参考)</p> <p>① 来襲予定の前日～当日に警戒体制に引続き発動されるが最終的には台風の勢力・進行方向・速度により避難の是非と時機が決定される。</p> <p>② 神戸港では、「15mの風が吹き始めるとそれ以後の大型船の操船は困難である」という経験則があり、これが避難開始時機を判断する基本であり、また「港内では風速が27m/s前後に達すると、係留船舶に被害が生じる」という通説があって、これが避難の是非を判断する一番の基本である。</p> <p>③ 避難の時機は、風速15m/sに達する前に避難が完了することを前提にし、所要時間等また強制水先区という特殊事情を勘案の上、比較的余裕をもって（特に夜間に及ぶ場合）決定される。（過去の実績から水先人15名以上の場合、100隻の避難に約7時間を要す）</p> <p>避難対象</p> <p>ドック修繕船を徐き500総トン以上の船舶が港外避泊の対象である。</p>	
下津港	<p>避難勧告</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 風速（港内）が15m/sの範囲のうちに港内に在泊する船舶が退避できるような時機を決定する。 <p>避難対策と処置</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 和歌山下津港は、西から南西の風浪ウネりに弱いため、 (イ)大型船—大阪湾 (ロ)1,000総トン程度の船舶—和歌浦湾 (ハ)小型船—下津区、及び和歌浦湾の湾奥の適宜な場所または陸揚げ 以上を推奨している。 ◦ 危険物積載船舶は、避難船舶のふくそうする港内（防波堤内）を避けて防波堤外の安全な場所に避泊すること。 	
名古屋港	<p>避難勧告の標準</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 注意報……台風の中心が北緯25度線に達したとき 2. 警報……台風の中心が北緯30度線に達したとき 3. 暴風警報……台風圏が引かかる6～8時間前に発表する （夜間の場合は8～10時間前） <p>避難時機</p> <p>避難勧告の時刻は、次式により得られる。</p> $T = T_0 + \frac{D - R}{V} - F$	

港 名	避 難 勧 告 の 標 準	備 考
名古屋港	<p>T : 避難勧告の時刻 T₀ : 台風観測の時刻 D : T₀ における台風中心位置と名古屋港との距離 (km) R : 港内における船舶の運行が困難となる風速に相当する台風圏の半径 (km) V : 台風の進行速度 (km / 時) F : f_n の合計時間で f₁ = 勧告文の作成, 伝達に要する時間。 f₂ = 水先人, 網取り, タグボート等が活動に入るまでの時間。 f₃ = 船舶の運航体制が整うまでの時間。f₄ = 船舶の避難に要する時間。f₅ = その他。</p> <p>名古屋港における船舶の運航が困難になる風速は, 小型船舶では15m / s , 大型船舶では10m / s , ただし北寄りの風の場合は, 大型船舶で15m / s の経験法則がある。</p> <p>避難対象</p> <p>① 港内避泊船舶は, 原則として, 総トン数 1,000 トン未満とする。</p> <p>② 港外避泊船舶のうち, 総トン数 1,000 トン未満で不安定な船舶は, 外港第一路東側泊地に適宜避泊して差支えない。</p> <p>③ これらの船舶の避泊開始は, 大型船の避難が完了した後, 開始するものとする。</p>	<p>事前入港差止め措置</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 入港差止め船は原則として, 千総トン以上の船舶とする。 <p>船舶及び係留筏の疎開, ならびに荒天対策</p> <p>イ 大型船舶は港外避難を原則とする。</p> <p>ロ 港内避泊船は増もやい等嚴重な警戒体制をとり, 双浮標係留船は単浮標チェーン係留とすること。チェーン係留不可能船は原則として冲出しする。</p> <p>ハ 双浮標係留を単浮標係留にするため一方の船舶をやむをえず疎開させる結果となる場合があるので, 台風期には, あらかじめ係留方法を考えておき, 極力無用の疎開措置をとらずにすむように考慮すること。</p> <p>ニ 新造船及び修繕船は, 造船所において, 相応の係留避泊をすること。</p> <p>ホ 要航路管制船の避難については, 事前入港差止め時機において, 早い目に疎開させるものとする。</p> <p>ヘ 危険水域における係留筏は, 7 月末までに貯木場に移動を完了する。</p>

港名	避難勧告の標準	備考
四日市港	<p>避難時機</p> <ul style="list-style-type: none"> 平均風速15m/s 曳船、パイロットボート等が活動できるうちに在港大型船が港外に避難できるように決定する。 避難はできるだけ昼間に完了する。(パイロットは昼間のみ1人が常駐) <p>避難対象</p> <ul style="list-style-type: none"> イ、大型船(総トン数1,000トン以上)―防波堤外に避難する。 ロ、小型船―離岸し、防波堤内等の安全な場所に避難する。 ハ、はしけ、雑種船等―河川、運河等安全な場所に避難する。 	<ul style="list-style-type: none"> 事前入港差止め 総トン数1,000トン以上の船舶は、入港を差止める。
衣浦港	<p>避難時機</p> <p>港内風速が15m/s</p> <p>避難対策</p> <ul style="list-style-type: none"> (イ) 小型船及び雑種船―直ちに河川、運河その他安全な場所へ避難する。 (ロ) 要疎開場所に停泊中の大型船舶 	<ul style="list-style-type: none"> 事前入港差止め 総トン数1,000トン以上の船舶は、入港を差止める。
沖縄諸港(那覇港)	<p>避難時機</p> <ol style="list-style-type: none"> 警戒体制の発令 <ul style="list-style-type: none"> 風速25m/s以上の暴風が48時間以内に那覇港に到達すると予想される場合 那覇港に入港しようとする船舶のうち、将来避難勧告が発令されたとき港外に避難すべき船舶は、原則として入港しないよう指導する。 避難勧告の発令 <ul style="list-style-type: none"> 風速25m/s以上の暴風が24時間以内に那覇港に到達すると予想される場合 <p>避難対象</p> <ul style="list-style-type: none"> 那覇港においては、防波堤の整備がまだ完成しておらず、港内における錨地も錨かきがあまり良くないため 500総トン前後の船舶―糸満漁港 1,000総トン前後の船舶―運天港奥部にある羽地内海 その他の大型船―奄美大島付近、あるいは洋上避航 	
鹿児島港	<p>避難時機</p> <p>連絡会を開催し、台風の勢力、進行方向、速力を勘案し、避難勧告の標準及び時期を決定する。 おおよその標準として沖縄本島が暴風圏に入る時期をもって、避難勧告を発する目安としている。</p> <p>避難対象</p> <p>投錨避泊するのに適した所が少なく、小型網船、中小漁船等</p>	<p>カーフェリー等旅客船の大半は、</p>

港名	避難勧告の標準	備考
	が、防波堤内の船だまりに係留避泊するに過ぎない。	早い時期に八代海に避難
山川港	2,000トン以下の一般船舶等が、わずかな係留ブイの利用と錨泊により避難している他は、近在の中小各漁船が沿岸数の浅所を選定し、集中投錨する。	
喜入港	<p>避難時機</p> <p>鹿児島港同様、台風の針路、勢力、速力等を勘案、北緯20度線に台風が到達した時点で、避難勧告の時期を検討する。</p>	<p>入港予定船般の入港見合わせ避航と在泊タンカーの湾外等への避航勧告を前広に行うことにしている。</p> <p>台風襲来時の投錨避泊には不適湾外等への避航のほかなく、大型タンカーの鹿児島湾内での避難は皆無である。</p>
清水港	<p>避難時機</p> <p>風速が毎秒15mになるまでに避難完了できる時間を逆算して決定する。</p> <p>避難対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 総トン数3,000トン以上の船舶は港外に避難する。 ○ 総トン数3,000トン以下の船舶は港内又は港外の安全な場所に避難する。 ○ 岸壁係留は原則として行わない。 	<p>入港制限</p> <p>港内避難船50隻以上になると入港制限をする。</p>
鹿島港	<p>避難時機</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 第1警戒体制（準備体制）の発令時期（イ、ロのいずれか） <ul style="list-style-type: none"> イ、鹿島港が台風による15m/s以上の強風圏に入る気象予報が発令されたとき。 ロ、鹿島港が台風の予想範囲に入る予報が発令されたとき 2. 第2警戒体制（避難勧告）の発令時期（イ、ロのいずれか） <ul style="list-style-type: none"> イ、風速15m/s以上の強風圏に入ることが必至となったとき。 ロ、鹿島信号所において、台風によると考えられる風の瞬間風速が10m/sに達したとき。 <p>避難対象</p> <p>在泊小型船舶及び工事用作業船は、指定泊地に避泊し、3,000D、W、Tをこえる船舶は港外に避泊する。</p>	

港 灣 技 研 資 料 No.427

1 9 8 2 · 9

編 集 兼 發 行 人 運 輸 省 港 灣 技 術 研 究 所

發 行 所 運 輸 省 港 灣 技 術 研 究 所
 橫 須 賀 市 長 瀬 3 丁 目 1 番 1 号

印 刷 所 日 青 工 業 株 式 會 社

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.