

東京都港区芝罘平町35番地
船舶振興ビル8階
社団法人日本造船研究協会
電話(502)2371~80(代)



研究資料 No. 236

日本船舶振興会昭和49年度補助事業
“巨大タンカーの研究”

第155研究部会

巨大タンカーの係船システムの研究

報告書

昭和50年3月

社団法人

日本造船研究協会

は し が き

本報告書は日本船舶振興会の昭和49年度補助事業「巨大タンカーの研究」の一部として日本造船研究協会第155 研究部会においてとりまとめたものである。

本研究部会の委員は次のとおりである。

第155 研究部会委員名簿（敬称略，順不同）

部会長	栖原二郎（九州大学）			
幹事	秋元脩（日本鋼管）	飯塚登（大阪商船三井船舶）		
	漆谷一雄（日立造船）	大島正直（三井造船）		
	片上圭四郎（海技大学校）	片山勇（出光タンカー）		
	国安常雄（石川島播磨重工業）	小山永敏（横浜国立大学）		
	宝田直之助（住友重機械工業）	谷道夫（川崎重工業）		
	直井洋（東京タンカー）	中村彰一（大阪大学）		
	野中晃二（船舶技術研究所）	花野敏夫（三菱重工業）		
	前田至孝（船舶技術研究所）	松岡史香（佐世保重工業）		
	米倉邦彦（三菱重工業）			
	委員	安部光弘（三井造船）	今村正之（川崎重工業）	
		岡実（日本海事協会）	小保方恒雄（三井造船）	
		加藤復雄（シェル船舶）	鞠谷宏士（東京商船大学）	
		小林英章（石川島播磨重工業）	笹路真三（日本海事協会）	
篤一夫（佐世保重工業）		徳田迪夫（日本郵船）		
徳永健（三菱重工業）		殿村三郎（川崎重工業）		
平尾幹彦（住友重機械工業）		福地信義（長崎大学）		
藤本芳雄（ジャパンライン）		松浦和春（日本鋼管）		
官崎政男（日立造船）				

調査小委員会委員名簿（敬称略，順不同）

主査委員	秋元脩（日本鋼管）		
	飯塚登（大阪商船三井船舶）	小保方恒雄（三井造船）	
	片上圭四郎（海技大学校）	加藤復雄（シェル船舶）	
	片山勇（出光タンカー）	笹路真三（日本海事協会）	
	徳田迪夫（日本郵船）	徳永健（三菱重工業）	
	殿村三郎（川崎重工業）	直井洋（東京タンカー）	
	平尾幹彦（住友重機械工業）	藤本芳雄（ジャパンライン）	
	松浦和春（日本鋼管）		

計算・実験小委員会委員名簿（敬称略，順不同）

主 査 委 員	栖原二郎（九州大学）	
	宝田直之助（住友重機械工業）	今村正之（川崎重工業）
	岡 実（日本海事協会）	小林英章（石川島播磨重工業）
	笹路真三（日本海事協会）	根本久司（三井造船）
	篤 一夫（佐世保重工業）	徳永 健（三菱重工業）
	野中晃二（船舶技術研究所）	花野敏夫（三菱重工業）
	福地信義（長崎大学）	松浦和春（日本鋼管）
	宮崎政男（日立造船）	小林正典（三井造船）
	坂尾 稔（川崎重工業）	川隅一道（佐世保重工業）
	杉浦正憲（日立造船）	小保方 準（住友重機械工業）
	福井 靖（石川島播磨重工業）	森 俊哲（三菱重工業）

目 次

緒 言	1
第1編 調 査	2
1. まえがき	2
2. 外的条件	2
2.1 現存大型シーバース(一点ブイ係船方式(SPM)を含む)の現状	2
2.1.1 調査方法	2
2.1.2 調査項目及び結果	2
2.1.3 考 察	2
2.2 他研究団体の状況	7
2.2.1 調査方法	7
2.2.2 調査結果	8
2.2.3 考 察	11
2.3 日本沿岸及びベルンジャ湾の気象海象	16
2.3.1 日本沿岸の風	18
2.3.2 風速の鉛直分布	32
2.3.3 ガスト	36
2.3.4 陸上風,沿岸風と海上風	40
2.3.5 日本沿岸の波浪	41
2.3.6 日本沿岸の潮流	53
2.3.7 ベルンジャ湾沿岸の気象海象	57
2.4 考 察	64
3. 係船システムの現状	66
3.1 現存U.L.C.C.の係船装置	66
3.1.1 調査方法	66
3.1.2 調査結果及考察	66
3.2 船級協会規則と其の動向	80
3.2.1 国際船級協会統一規則の艀装数と艀装品	80
3.2.2 艀装数と係船力との関係	80
3.2.3 索 類	82
3.2.4 揚錨機及び係船機	83
3.2.5 今後の動向	84
3.3 アンカーと把駐力	84
3.3.1 アンカーの型式	84
3.3.2 アンカーの把駐性能	85
3.3.3 アンカーの把駐力に影響する問題	88
3.3.4 用錨上の問題点	88

3.4	錨泊作業の現状と問題点	89
3.4.1	錨泊作業のフローチャート	90
3.4.2	作業内容と問題点	93
3.5	岸壁係船作業の現状と問題点	96
3.5.1	GLOBTIK TOKYO, GLOBTIK LONDON の日石喜入基地に於ける作業の実態	96
3.5.2	岸壁係船の標準オペレーション・フロー	100
3.5.3	作業内容と問題点	110
3.6	一点ブイ係船作業の現状と問題点	120
3.6.1	一点ブイ係船作業のフロー・チャート	121
3.6.2	作業内容と問題点	123
3.7	事故損傷例	124
4.	巨大化の問題点	126
4.1	錨泊	126
4.1.1	現行船級協会規則を適用した試算及び考察	126
4.1.2	問題点と対策(操船作業)	127
4.1.3	問題点と対策(投揚錨作業)	129
4.2	岸壁係船	133
4.2.1	巨大タンカーの問題点検討のための仮定	133
4.2.2	作業上の問題点	135
4.2.3	省力化・自由化の動向	142
4.3	ブイ係船(問題点と対策)	156
4.3.1	操船作業	156
4.3.2	係船作業	157
4.4	考察	159
5.	あとがき	161
附	引用文献目録	162
第2編	計算及び実験	164
1.	計算実験小委員会の概要	164
1.1	静的計算の概要	164
1.2	動的計算の概要	164
1.3	流体力の解明の概要	164
1.4	実験計画の概要	164
2.	風と波の取扱いについて	166
2.1	風	166
2.1.1	風速の測定値などの一般的な認識	166
2.1.2	高さによる風速の変化	166
2.1.3	瞬間最大風速と持続時間	167
2.1.4	計算に使用する風速	167

2.2	波	169
2.2.1	規則波の波長，波速，波形と波の分類	169
2.2.2	波の変形	169
2.2.3	巨大船舶地における不規則波	169
2.2.4	調査小委員会の結論とその解釈	170
3.	泊地到着までの船体運動の概略	173
3.1	規則波中の船体運動	173
3.2	波浪中の船体運動による船体沈下量	173
3.3	平水中で船が航走するときの船体沈下量	174
3.4	泊地水深の限界	174
4.	静的係船力計算	181
4.1	静的係船力計算への取り組み方	181
4.1.1	静的係船力計算の必要性	181
4.1.2	静的係船力計算を取り上げる項目	181
4.2	計算にあたっての仮定及び事前検討	181
4.2.1	対象船の主要寸法	181
4.2.2	バラスト状態の喫水	181
4.2.3	船橋の風圧面積	182
4.2.4	係船索配置	185
4.2.5	索に関するデータ	187
4.2.6	計算式及びOUTPUTの読み方	188
4.2.7	潮流及び風	192
4.2.8	許容移動量	201
4.3	計算とその結果	201
4.3.1	各船型の比較計算	201
4.3.2	100万トン型のL/Bを変化させた場合	211
4.3.3	索をグループ扱いした時と1本毎別扱した時の差	218
4.3.4	HEAD, STERN LINESの1部を繊維索から鋼索に変えた場合	223
4.3.5	HEAD, STERN LINESの初期張力を上げた場合	226
4.3.6	錨鎖を使用した2点係留法	226
4.4	風速の鉛直方向分布と突風率に関する考察	237
4.4.1	風速の鉛直方向分布	237
4.4.2	突風率	237
4.5	考察	240
5.	動的計算	241
5.1	動的計算の目的と各係留法の特徴	241
5.1.1	単錨泊，単浮標係留におけるふれまわり運動	241
5.1.2	多点係留の特徴	241
5.1.3	動的計算法の前提	241

5.2	多点係留の運動方程式	244
5.2.1	基礎条件および座標系	244
5.2.2	運動方程式	244
5.2.3	係留索による復原力	245
5.2.4	係留索の幾何学的条件	245
5.2.5	多点係留の変形としての単係留の取り扱い	246
5.3	浅水影響を考慮した流体力係数	247
5.3.1	概要	247
5.3.2	理論計算法	247
5.3.3	数値計算法	248
5.3.4	計算結果	249
5.4	係留力	252
5.4.1	チェーンによる係留力	252
5.5	その他の外力	255
5.5.1	風による力及びモーメント	255
5.5.2	潮流による力及びモーメント	255
5.5.3	波による漂流力	255
5.6	動的計算の今後の問題点	257
6	浅水中を微速で移動する船体に作用する流体力に関する模型実験	258
6.1	はじめに	258
6.2	製作中の器材の概要	258
6.3	試験要領	258
7	次年度予定	260
結 言		261

緒 言

巨大タンカーは従来の操船経験のある大型船に比べて、長さ、喫水および乾舷等の諸寸法が飛躍的に大きくなるため、風圧、波浪および潮流などの外力が巨大なものとなり、安全な係船および碇泊地附近における船の微速操船および接岸、離岸などの広義の係船作業が極めて困難となる事態が考えられる。また巨大船の係船時には大出力の曳船群を必要とするが、その出力の推定に必要な微速移動時における巨大船に働く流体力の研究が不可欠となる。

本研究においては巨大船の係船の安全性確保の見地から、以上の諸事項を考慮して広義の係船作業を接岸、離岸の作業および所要係船設備等を含む一連のシステムとして捉え、その合理的な設計のために必要な基礎的事項について研究する。

上記の目的に対して研究を必要とする主な問題点は下記の通りである。

- (1) 巨大船が係留時に遭遇すると考えられる最も苛酷な外的条件に関する調査
- (2) 巨大船が停泊すると予想される港湾並びに陸上設備に関する調査
- (3) 巨大船の係船作業の分析とその安全性の検討および機械化、省力化の面から必要とする開発項目に関する調査
- (4) 係船時における係船索、錨鎖および船体などにかかる諸力の静的並びに動的解析法の改善並びに開発による係船力計算法の精密化
- (5) 接岸および離岸時における船体抵抗におよぼす浅水影響の研究を含む巨大船の微速運動の解明およびこれに必要な曳船の能力並びに隻数に関する検討
- (6) 巨大船の安全な係船のために必要な諸設備の性能およびそれらの制御、自動化のために必要な開発項目、その経済性に関する調査および巨大船係船システムの設計法に関する検討

以上の諸項目について研究するため、昭和49年度において本部会の中に調査小委員会および計算、実験小委員会を設け、上記の(1)(2)および(3)を前者が、また(4)および(5)に関しては後者が取扱うこととし、上記の2小委員会から得られた成果もとづいて(6)の項目については次年度以降において検討することにした。

第 1 編 調 査

1. ま え が き

巨大タンカーの係船を一連のシステムとして捉え、その合理的な設計のための必要な基礎事項の調査のため、本年度は巨大船が係船時に遭遇すると考えられる外的条件（気象、海象）及び係船作業の分析とその安全性の検討、機械化、省力化の面から必要される開発項目の調査を行ったが、調査の方針として文献を主とし、先ず現存大型タンカーの係船の実状の把握を行い、続いて大型化による問題点を摘出する事として作業を行った。

このため、外的条件に関しては、現存大型シーバースの現状、他研究団体の同様な研究の状況、日本沿岸及びベルンジャ湾沿岸の気象、海象の調査を行う事により、気象、海象条件の設定を行った。一方、現存の大型タンカーの係船設備、設備条件の調査を行うと共に現存最大タンカーの係船作業の見学調査を含めて、錨泊、岸壁係船及びブイ係船の作業及び設備についての調査により、現状の把握を行い、続いて大型化した場合の問題点の摘出を行うと同時に設備の機械化、省力化の方向に就いて調査検討を行ったものである。

2. 外 的 条 件

巨大タンカー用のシーバースはその寸法の飛躍的増大のため、従来より水深の深い沖合の水域に設置される事が予想され、係船時には従来より厳しい気象、海象に遭遇する事が考えられる。従って巨大タンカーの係船システムの設計のための気象、海象条件の設定が必要となる。このため現存の大型シーバースは如何なる自然環境にあって、如何なる気象、海象条件のもとで運営されて居るかを内外の現存及び計画中の大型シーバースを選んで調査を行い、実状を把握すると共に内外の研究団体により同様の調査研究が行われて居るのでその内容の調査を行い、更に巨大船の寄港地と予想される日本沿岸及びベルンジャ湾沿岸の気象、海象の調査を行って、巨大船の遭遇する気象、海象条件の設定を行ったものである。

2.1 現存大型シーバース（一点ブイ係船方式（SPM）を含む）の現状

2.1.1 調査方法

多数の港の内から、現在V.L.C.C.、U.L.C.C.の就航している港、近い将来巨大タンカーの受入れを計画している港を選び、それらの気象・海象条件、バースの設備、曳船の使用状況、係留限界等につき、PORT INFORMATION、PORT REGULATION、水路誌、各種調査団体の調査結果、就航船からの報告及び管理者又は運航者への直接の問合せ等により行った。

調査対象港は、日本では苫小牧（北海道）、富山（日本海）、喜入（九州太平洋岸）の三港、ベルンジャ湾からはMINA AL AHMADI、KHRRG ISLAND RAS TANNURAH、RAS AL KHAFJIの四港、その他BANTRY BAY（イギリス）、LE HAVRE別名ANTIFER（フランス）、LOUISIANA（アメリカ）の各港である。この内富山は現在VLCCが就航しておらず、将来も大型化の計画は無いが、日本の外的条件を考える場合出来るだけ広い範囲から選択すべきであり、日本海に面した港湾に他に適当なる対象港湾が見い出せなかったため、特に加えたものである。

2.1.2 調査項目及び結果

第2.1.1(1)～2.1.1(3)表の通りである。

2.1.3 考 察

(1) 錨泊に関して

- 一般的には、バースに近いところに適当な錨地があることが望ましく、大概の港は、その条件を満たしている。

第 2.1.1(1)表 大型シーバースの現状 (其の一 錨泊)

項目		港	島	山	MINA AL AHMADI	KHARG ISLAND	RAS TANURAH	RAS AL KHAFTI	BANTRY BAY	LOUISIANA	LE HAVRE (ANTIFER)
最大の船舶	D/W	28	15.6		35	50	50	35		50	
	L x B x H	35.0 x 5.5 x 2.5	220 x 44.5 x 19.4		490 x - x 27	450 x - x 31.8	533 x 97 x 20		27.4		50
錨泊の	風向、風速	ESE 20 m/s	NE 20 m/s		NW 10.7 (10.8-11.1%)	JE 月夜 (10.8-11.1%)	-	NNW 25 m/s	SW 27 m/s	N 25 m/s	SW 25 m/s
	波方向、波高	S 1.5 m	NNE 2 m			NE ~ SE 波高 2.5 ~ 3.2 m		NW 1.6 m	SW 2 m	-	-
潮位の	潮向、潮流	(不明)	港の中に進行と		港の中に進行と						
	潮向、潮流	1.4	ESE 2.4, NW 2.5		1.4	1.5	4	0.8	1.4	1.4	E ~ W 3
錨泊の	底質	S 3 m							SW 1 m 用船 60 m		SW 30 m
	水深										
錨泊の	距離	30 m 以上	40 ~ 70 m	25 m	27 m	36 m	36 m	20 m	47 m	50 m	-
	港別の特徴 (運力%)	NW 2' (2.7 km)	SSE 3.5 km	NW 3 km	W 2' (2.7 km)	W 8' (4.8 km)	40' Outer (28.9 km)	-	2.7' (5 km) P.S. (15.7 km)	-	-
その他	特長	(内港錨泊は、築岸の障害となる) 3 kts 深層では存在せず、現在は7kts風し。	築岸の障害となる	築岸、A、B、C 3箇所、風の強い時、波高が激しく、流況が激しく、潮高が激しく。					水深 10.2 m 以上と 7.0 m 以内		-
	その他								用船 60 m、波高 4.0 m Long wave 特別に 1.2 m。	冬季、No. 101 上 2 号 5 号機用船 (25 ~ 50 kts) (89 ~ 257 m)	

※ 風向、風速：港方向、波高、波速、強い風、大きい波の吹散の方向や、方向、方向は無関係な強い風の平均を示している。
 ※ 錨泊距離：港別、波高、波速、強い風、大きい波の吹散の方向や、方向、方向は無関係な強い風の平均を示している。詳細は不明な多い。

第 2.1.1(2)表 大型シーバーパスの現状 (其の二 海難岸)

項目	港	小	板	名	入	山	NINA AL AHUADI	KHARJ ISLAND	RAS TANURAH	RAS AL KHAFJI	BANTRY BAY	LOUISIANA	LE HAVRE (ANTIFER)	
最大船舶	28t	350x45x21.5	50t	15.6t	280x45x19.4	15.6t	35t	50t	50t	25t	35t	50t	300t	
バース	ESE, 20MG 15MG以上は水中 ESE~SSE	500x20x30 NNE~SE 10MG max. 35MG	NNE~SE 10MG max. 35MG	NE RM SE max. 20MG	NNE~SE 10MG max. 35MG	NE RM SE max. 20MG	NW NW	NW NW	500x91x20	25t	35t	50t	300t	
潮流方向、流速	SSE~SSW 1.5MG以下 0.5MG以下	SW 3.6M 1.8MG以上は0.9M 0.5MG以下	SW 3.6M 1.8MG以上は0.9M 0.5MG以下	ENE 99% max. 10%	ENE 99% max. 10%	ENE 99% max. 10%	NW	NW	-	-	-	-	-	
潮方向、潮速	東W向、北E向 0.5MG以下	NW 0.3MG SE 0.5MG	NW 0.3MG SE 0.5MG	E 1.8 W 1.9 同程度 200以上は0.5	E 1.8 W 1.9 同程度 200以上は0.5	E 1.8 W 1.9 同程度 200以上は0.5	NE NW	170° 350° 1~3 Kt	-	-	-	-	-	
潮方向、流速	S 時と15.3MG以上	なし	なし	なし	なし	なし	NW	60% (19.3m)	SW 2MG NW 1MG	-	-	-	-	
水深	なし	なし	なし	なし	なし	なし	30.5m	36m	60% (19.3m)	-	-	120ft (36.6m)	25m	
中/長さ	なし	なし	なし	なし	なし	なし	460m (敷設745°) /28° (37.2m)	-/3.5° (1.5m)	360m/48° (18.9m)	-	160m/-	1800ft (570m) / -	570m / -	
造力	3 Kt	なし	なし	なし	なし	なし	P~10 Kt	5~6 Kt	-	-	-	5 Kt	-	
水深	24m	135°/315°	34m	27m	1.5m 深さ0.5m 以下	27m	98ft (29.96m)	106ft (32.31m)	85ft (25.9m)	-	-	120ft (36.6m)	25m	
潮流の強弱	なし	なし	なし	なし	なし	なし	160°/340°	45°/225°	5°	-	-	-	-	
潮	なし	なし	なし	なし	なし	なし	160°/340°	0°/180°	-	-	-	-	-	
回数	7	なし	なし	なし	なし	なし	着3、離2	着3、離2	3	-	4	-	4	
馬力	3000~4000 PS	500t	3000~4000 PS	2060 PS	なし	2060 PS	1570~2370 PS	1650~3000 PS	1600 PS x 1 2000 PS x 2	-	2570PS x 2	-	3400 PS x 2 3600 PS x 2	
待岸速度	5cm/s	なし	なし	なし	なし	なし	4~9 cm/s	-	-	-	-	-	1450m / 25cm	
シーバーの 長さ/水深	なし	なし	なし	なし	なし	なし	-	-	-	-	-	-	-	
港側の埋積土 の厚さ	なし	なし	なし	なし	なし	なし	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	-	100ft 埋積土、100ft 埋積土 最小水深 12.2m	-	-	
港側の埋積土 (埋積土の厚さ)	埋積土 12~19m 以下、 0.5MG 埋積土以下	埋積土 20MG 以下	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	-	埋積土 12~19m	-	-					
港側の埋積土 の厚さ	埋積土 12~19m 以下 流速 1.5MG 以下 潮流 0.7MG 以下 流速 1.0MG 以上 流速 1.0MG 以上	埋積土 15MG 以下 流速 1.5MG 以下 潮流 0.8MG 以下 流速 0.5MG 以下	埋積土 15MG 以下 流速 1.5MG 以下 潮流 0.8MG 以下 流速 0.5MG 以下	埋積土 15MG 以下 流速 1.5MG 以下 潮流 1.0MG 以下 流速 0.5MG 以下	埋積土 15MG 以下 流速 1.5MG 以下 潮流 1.0MG 以下 流速 0.5MG 以下	埋積土 15MG 以下 流速 1.5MG 以下 潮流 1.0MG 以下 流速 0.5MG 以下	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	-	埋積土 12~19m	-	-
港側の埋積土 の厚さ	埋積土 12~19m 以下 流速 1.5MG 以下 潮流 0.7MG 以下 流速 1.0MG 以上 流速 1.0MG 以上	埋積土 20MG 以下	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	-	埋積土 12~19m	-	-					
港側の埋積土 の厚さ	埋積土 12~19m 以下 流速 1.5MG 以下 潮流 0.7MG 以下 流速 1.0MG 以上 流速 1.0MG 以上	埋積土 20MG 以下	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	-	埋積土 12~19m	-	-					
港側の埋積土 の厚さ	埋積土 12~19m 以下 流速 1.5MG 以下 潮流 0.7MG 以下 流速 1.0MG 以上 流速 1.0MG 以上	埋積土 20MG 以下	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	埋積土 12~19m	-	埋積土 12~19m	-	-					

しかしPG諸港は水深・広さの十分なところが少ないため、RAS TANNURAHでは、港外48'ものところに OUTER ANCHORAGEを持っている等錨地の確保に苦心している。

(2) 接離岸に関して

- 気象・海象状況については、共通点を見出すことは出来ないが、バース築造の際やはり外力を一番少く出来る様に配慮されているようで、例えば、棧橋・ドルフィンの方向は、主たる潮流にほぼ平行(MINA AL AHMADI, RAS TANNURAH)になるように、うねりに対してもほぼ平行(KHARG ISLAND)になるように設置されている。
- VLCC以上の接離岸は、曳船のアテンドは不可欠になっているようである。
- 港より規制される接岸速度としては、棧橋・ドルフィンの設計強度の面からきていることが多く、15 cm/sec以下が多いが、通常の操船では実際は5 cm/sec程度で接岸していると考えられる。
- 接岸条件としては、大略下記のとおりであるが、ブイ係船の方が岸壁係船よりやや大きい、大差はない様である。

風 速 12～20 m/s以下

波 高 0.7～1.5 m以下

潮 流 1 kt 以下

- 夜間の接岸の制限を行っているのは日本の港だけのようで、潮流に関しては、各港それぞれの事情から、その流向について制限をしている。離岸条件は接岸時と同じか、或は若干緩和されている。

(3) 係留に関して

- 船立保持限界は、ローディングアームの作動範囲から規制されていて、最小±3 mから10～14 mと種々様々である。
- 荷役継続条件としては、大略、風速15～20 m/s以下、波高1～1.5 m、潮流1.0～1.5ノットとなって居る。
- 係留継続条件としては、荷役継続条件より幾分大きい値をとっているが、中にはRAS TANNURAHのように、両者同じく風速22.5 m/sとしているところもある。
- この荷役・係留及び接離岸条件については、明記されていない港の中でも、実際に風が強くなりそうだと理由で沖出しを要求されたり、接岸を延期されたりした船があることから、PILOT又はPORT AUTHORITY内部では何らかの内規を決めているものと思われる。

- (4) 総合的に見た場合、喜入に代表される最近建造されたCTSのバースは外的条件を種々勘案して、そこが優れているということで建設されているのに対し、比較的古いバースは、油田の近くとか精油所の近くにバースを建造する必要があり、場所が先に決ってその後で外的条件をチェックしたという傾向が強いと云える。従って外的条件(特に気象・海象に関しては)については明らかに前者の方が優れているようである。新しいバースでも場所の決定が先のことも多いが、その際、不利な条件に対しては何らかの対策を考慮している。(例えば、ANTIFERの潮流k'tsについては、防潮堤を設置することにより、これを0.3 ktに落したり、苫小牧のように気象専門家の常駐させたり)従ってバースに関しては、非常にローカルな色彩が強く普遍的な共通点を見い出すことは出来ない。

ただバースとしては、外力(気象・海象条件)を出来るだけ緩和する方向に設置し、それでなおかつ不安のある場合は、何らかの対策を立てており、又、外的条件の変化に対しても、その接離岸条件、荷役・係留継続条件を一つの目安として立てていることがはっきりと判り、巨大タンカーのバースを選定する場合には、外的条件(特に気象・海象)を事前に十分に検討することが必要であり、同時に出来るだけ有利に設定することが従来以上に考慮されるべきと見てよいであろう。

2.2 他研究団体の状況

2.2.1 調査方法

巨大船のシーバースに関する調査は各種の研究団体で既に行なわれており、まとまった資料も公表されているので、これら資料より錨泊、水路、ターニングベーション、バース、曳船、離接岸荷役作業条件、荒天対策などについて調査した。

各研究団体の係船関係の調査活動と調査に使用した資料について以下記述する。

(1) 日本海難防止協会

海難防止という立場から、かなり広範囲な調査研究を行なっている協会であり、係船の問題についても多くの研究結果が公表されている。

即ち

a	荒天錨泊法に関する実験研究	S33~S40
b	海上気象の統計的調査研究	S33~S45
c	超大型船の港内操船に関する研究	S41~S43
d	船舶係留の安全性に関する研究	S44~S45
e	港湾における海難防止上の問題点に関する研究	S45~S46
f	巨大タンカーの安全対策に関する調査研究	S45~S46
g	大型専用船の運航上の安全対策に関する調査研究	S45~S46
h	大型専用船の錨泊の安全に関する調査研究	S48~S49
i	東京湾安全対策	S45
j	大規模シーバース安全対策調査	S47

などである。本調査では f 「巨大タンカーの安全対策に関する調査研究第Ⅱ篇巨大タンカー用シーバース」を用いた。

(2) タンカー協会

49年度の協会の主要事業の一つとして「石油関係港湾の施設及び航路整備の推進」というテーマを取り上げ、全国81のシーバース・棧橋の設備関係を中心に調査を行ない、「巨大タンカー（原油積D/W5万トン以上）本邦バース事情」にとりまとめ報告されている。

(3) 船主協会

シーバースに係留中の船舶への乗組員の交通手段およびその安全ならびに福祉上の問題点を解決するために各船会社よりの調査員がチームを作り、49年3月~4月にかけて直接現地を訪問実地調査を行なった。

調査の対象港としては陸上から直接交通可能なバースは除いている。調査結果のうちバース対象船型、バース水深、着離棧、荷役継続基準については「大型タンカー用シーバースの現状調査結果について」通報49-50(49・6・12)にて公表されている。

(4) 港湾協会

港湾局建設課発行の「シーバース築造基準」にて10万重量トン以上のシーバースを建設改良・維持する場合の基準を示している。

(5) PIANC

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION OF NAVIGATION CONGRESS（常設国際航路会議協会）のことで、本部はベルギーのブラッセルにある。

本会の目的は、人類の福祉向上のために、港湾、河川、河口、海岸、内水路などの建設、改良、維持および運営の各分野における発展を促進することであり、その目的達成のために4年ごとの国際航路会議の開催、情報の編集と出版・特殊な問題の研究など行なっている。

その沿革は1885年5月ブラッセルにおいて開催された第1回国際内陸航路会議に源を発し、1889年パリで開催された国際航路会議と合併し、以来21回の会議を持ち運河および港湾に関連する技術的な問題を検討する最も伝統ある国際機関として活動を続けている。

協会の一つの委員会であるIIND INTERNATIONAL OIL TANKER COMMISSION (1970-1974) の報告書「BIG TANKERS AND THEIR RECEPTION」に水路関係、岸壁の種類による作業条件の比較などの記述がある。

(6) ESSO RESEARCH

ESSO RESEARCH & ENGINEERING CO. のMR MASCENIK がAPIの18TH ANNUAL TANKER CONFERENCEの発表論文の中でOFFSHORE TERMINALの比較検討評価を行なっている。

(7) BSRA

THE BRITISH SHIP RESEARCH ASSOCIATION発行の「RESEARCH INVESTIGATION FOR THE IMPROVEMENT OF SHIP MOORING METHODS FOURTH REPORT」の中に大型タンカーの係船可能外界条件の記述がある。

(8) SHELL

SHELLの「MOORING PANEL REPORT 1965」に大型タンカーの係船可能外界条件の記述がある。

2.2.2 調査結果

各研究団体により幅広い精力的な調査が行なわれており、その全部を紹介することは出来ないが、巨大船の操船・係船に関係あると思われる項目について以下に述べる。

(1) 錨泊（投錨まで）

(a) 日本海難防止協会

錨地は当然のことながら錨かきが良く、風浪に遮蔽された場所が良い。

錨地の広さは錨泊中に予想される最悪の気象・海象条件と、錨泊が予想される隻数に左右される。

予想される最悪の気象条件としては、台風等の荒天時を別にすれば、平均風速20m/sec程度を考えれば良いと思われるが、この限界は場所によっても異なるであろう。

風速20m/secとすると満載15万トンタンカーでは正面風圧は27ton程度であり、ふれまわりを考慮してその3倍を錨鎖張力の最大値と考えると、81tonとなり、この値は15万トンクラスの錨重量16.4tonの約5倍で、静的にはJIS型錨の把駐力の限界をややこえる値である。

この場合、錨鎖は少なくとも5節を必要とし、一隻の錨泊所要面積を円にした時、その直径は850mとなる。したがって1隻あたり3Lの直径をもつ円を荒天を予想しないで準備する必要がある。

バース使用者アンケート結果では、バース待ちの場合の他船との最小距離として3L以上とするものが多い。

(b) 港湾協会

錨地はできる限り、自然条件のおだやかな場所で操船上容易な位置に設けねばならない。

錨地の広さはバースの利用率、待船舶数を考慮して決め、一船あたりの最小所要錨地は半径L+200mの円を標準とする。（この場合の外界条件としては風速20m/s、錨鎖伸出長は8節とする）

(2) 水路，ターニングベーション，バース等

(a) 日本海難防止協会

水路水深：操船者は可能ならば $h/d > 1.3$ が望ましいと考えている入港時の気象・海象状況、自船の操縦性能、タグボートのアランド状態、水路形状等を考慮して余裕水深の大きさを考えることになる。

バース使用者アンケートでは $h/d = 1.15$ 以上であれば良いとしているが、 $h/d = 1.1$ でも何とか通

航出来と考えているようである。日本海洋振興技術委員会でも $h/d=1.1$ を標準としている。

ヨーロッパ水先人協会では速力 6 kt で、水深の限界を $h/d=1.1$ としている。

但し h = 水路の水深

d = 船の吃水

水路巾：水路巾については多くの研究が行なわれているが、各港の事情が異なるので一定していない。いずれにしても水路巾が限定されるような海域に超大型船用パスを選定することは好ましくない。単航水路の水路巾は、最低必要絶対量は 4.8 B で附加量を加えると 6.8~8.8 B となる。ただし、これは満載、6 kt $h/d=1.3$ 程度を考えた場合で h/d が小さくなれば舵効きが低下するからこれらの値より大きくなる。

アンケート調査結果では 1.2L (7.2 B) 以上であると多くの船長は一応良いと考えている。

水路中の船速：パスへの水路内での航行速力は 6~7 kt である。

固定パスへの接近速力は 1 mile 手前で 4~5 kt, 1 L 手前で 1 kt 以下である。現状では速力の計測、判定が困難であり惰力も大きいので 1 mile 手前で一度船の行脚を止めた後機関を再び使用する方が操船が容易であると言われている。

ターニングベージン：広さはパス前面より 2 L を直径とする円が最小限必要と言われている。

実情では 1.5 L 程度のところもあり操船者は余裕がないと感じているようで 1.5 L では狭すぎるとしている。

ブイ係留の場合はブイを中心に半径 1 mile の円が操船海面として確保されることが必要であり、ブイ係留後はブイを中心に 2 L を半径とする円となる。

パス：入船接岸を原則として考えると、風および潮流のうち潮流の影響が大きいので、パス法線はできるだけ潮流の方向と合致させることが必要である。

パス接岸速度：岸壁強度から現在制限されている 1.2~1.5 cm/sec は妥当な値であろう。

(実情はもっと遅い)

(b) 港湾協会

水路水深：船体の動揺、伏航および波等の自然条件を考慮し、

波の影響のないパス附近では $h/d \geq 1.1$

波の影響の著しい航路では $h/d \geq 1.25$ が望ましい。

水路巾：風流圧、波、水深、海底勾配および他船の通航状況を考慮し、これらの影響の大きくない場合には 水路巾 $\geq 1.2L$ が望ましい。

ターニングベージン：原則としてパス前面に設置し、半径 2 L 以上の広さを有することが望ましい(但し、曳船の数が十分でない場合、入船接岸でない場合は特に考慮の必要がある)。

パス：固定式シーパスにあってのパス法線はうねり(風波を含む)、潮流および風の方向に対して平行とするか、あるいはこれらによる影響を最小限に出来る方向にしなければならない。

(c) PIANC

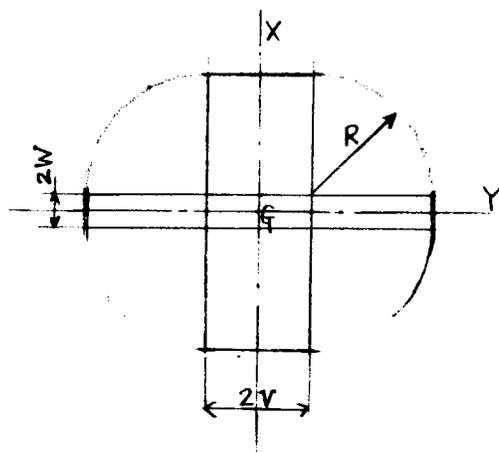
水路水深：船底との最小間隔は砂質の所で 0.5 m, 岩質の所で 1 m は必要。

(但し、ここで言う最小間隔は最も厳しい許容風波中、航行中に生ずる Net Clemlvauce の事で静止時の間隔のことではない)

水路巾：潮流のない場合でも 水路巾 = $B \times 5$ (B = 船巾)

水路の曲り部の EXTRA 巾 = $L^2/8R$ (L = 船長, R = 曲率半径) が最低条件である。

ターニングベーション：下図の大きさが望ましい。



但し、 $R \geq 0.8L$
 $W > 0.1L$
 $V > 0.35L$

上記数値は

船がGの位置に来た時に船速を 0.2 m/s 以下に出来る事が前提である。更に曳船の援助により船をG点に停止出来れば $W < 0.1L$, $V < 0.35L$ でもよい。

実用的にはターニングベーションの大きさは次の値でよい。

半径 $2L$ の円	条件	a) 充分な数の曳船が援助出来ること。
		b) 潮流 $\leq 0.1 \text{ m/s}$
		風速 $\leq 1.0 \text{ m/s}$
半径 $3L$ の円		曳船の数が充分でない時
半径 $3L$ の円 + 漂流		潮流, 風速共 b) 以上の時

(3) 曳船

(a) 日本海難防止協会

満載大型船の操船に必要な曳船の所要馬力は15~20万トンタンカーでは D/W の6~7%である。したがって20万トンタンカーでは12000~14000 P.S. であり、曳船の1隻あたりの馬力は2500~3000 P.S. が一般であるから4~6隻の曳船が必要になる。なお風がある場合には8屯程度とする。

なお、離岸の際は接岸の場合の60%程度の曳船が使用される。

ブイバースにつけるときは1~2隻の曳船をとるのが普通である。

50万トン型に外挿すると曳船の所要隻数は8~10隻となる。

(b) 港湾協会

シーバースには船舶の安全な離接岸のため、最大対象船舶、バース数付近の海域における曳船の配置を考慮して十分な能力を有する曳船が利用出来るようにしなければならない。

(4) 操船・荷役作業限界の海象・気象条件および荒天対策など

(a) 日本海難防止協会

アンケート結果による各種の限界外界条件は各バースにより条件が異なるために当然値が異っているが、集計結果の最多値または平均値をとると第2.2.1表に示すような値となっている。

平均風速が 20 m/s を超える事が予想される荒天に対して平均風速が 15 m/s を超えない内に離岸を完了の上沖出避難する。

平均風速が 20 m/s を超えないと判断される荒天に対しては、

(a) もやい索の増し取りを行なう。

(b) 平均風速が 15 m/s , 平均波高が 1 m を超えないうちに荷役作業を中止して荒天に備える。
 などの処置を行なう。

特に作業船、曳船の作業限界は波高 $1.0\sim 1.5\text{ m}$ といわれ最も条件が厳しいので注意を要する。

離岸後の荒天に対する処置方法には錨泊と湾外沖出しの2方法が考えられる。満載の超大型船の荒天錨泊は他船型に比してふれまわりも小さく、錨鎖最大張力も小さく安全度が高い。

20 万トン、吃水 18.73 m の船が瀬戸内海周防灘の水深 30 m の水域で瞬間最大風速 35 m/s の台風で危険を感じることなく避泊し得た実績がある。

第 2.2.1 表

限界条件	風および波		運航者・アンケート		管理者・アンケート	備考
荷役作業中断	平均風速		$15\sim 20\text{ m/s}$		$15\sim 20\text{ m/s}$	①うねりの波高は風波より小さい 10 m が多い。 ②運航者はうねりに特に留意すべきであるとしている。
	波高	風波	$1.0\sim 2.0\text{ m}$		$1.0\sim 2.0\text{ m}$	
		うねり	$1.0\sim 2.0\text{ m}$		$1.0\sim 2.0\text{ m}$	
荒天時の係留可能限界	平均風速		満載	$15\sim 25\text{ m/s}$	$15\sim 30\text{ m/s}$	運航者では 20 m/s が最も多い。 管理者は 15.30 m/s 同数
			半載	$15\sim 20\text{ m/s}$		
離岸作業可能限界	平均風速		$10\sim 20\text{ m/s}$		15 m/s	運航者では 15 m/s が最も多い。
接岸作業可能限界	平均風速		$10\sim 15\text{ m/s}$		15 m/s	運航者の値は水路通航可能限界

(b) 港湾協会

船舶の操船限界および荷役限界については、波高 1.5 m もしくは風 15 m/sec あるいは潮流 1 kt を基準とする。

(c) 船主協会

日本船主協会船舶通報 49-50 の一覧表を第 2.2.2 表に示す。

(d) タンカー協会

巨大タンカー（原油積 D/W 5 万トン以上）本邦バース事情（48年10月調査）に各港湾別に記述されているが、船主協会とはほぼ同じ調査結果が出ているので本稿では省略する。

(e) PIANC

普通バース、多点係留、一点タワー係留、一点ブイ係留の場合の各種作業条件の比較を第 2.2.3 表に示す。

(f) ESSO RESEARCH

岸壁、一点係留、多点係留の場合の各種作業の比較を第 2.2.4 表に示す。

(g) その他

係留可能条件として次の数値がある。

JSDS : 風速 15 m/sec

SHELL REPORT : 風速 60 mph 潮流 1 knots

BSRA : 風速 33 knot 潮流 2.5 knots (前後方向)

2.2.3 考察

研究団体等で決めている各種条件は 2.2.2 に記述の通りであり、こまかい数値は異っているものの共通の数値、考え方も多い。

各研究団体が示している係留作業時の海象・気象条件を整理してみると第 2.2.5 表のようになる。

船舶の係留作業の条件としては、接岸時が最も小さな数値であり、次が荷役中、更に荷役をしない係留時の順で制限値が大きくなっている。又岸壁の形式としては、固定式棧橋（含ドルフィン）、多点ブイ係留、一点タワー係留、一点

第2.2.2表(その1) 各バース対象船型, パース水深, ドルフィン間隔等

港名	(施設所有者)	バース型式	対象船型 (喫水最大を含む)	パース計画水深 (m)	余裕水深又は最大吃水 (公称喫水最大を含む)	ドルフィン間隔 (m)	設計けん引力 (TON)
苫小牧	(出光興産)	ドルフィン	75 ~ 280	24.0	K. C. -0.2 x d	110	
室蘭	(日本石油精製)	ク	33 ~ 112	16.5	K. C. -0.1 x d	96.5	
函館	(アジア石油)	一点	10 ~ 73	15.5	K. C. -0.2 x d		233
新潟	(昭和石油)	ク	33 ~ 120	20.5	K. C. -0.2 x d + 3% 波高		
伏木富山	(日本海石油)	ク	33 ~ 156	27.0	MAX. d -19.4		
鹿島	(鹿島石油)	ドルフィン	120 ~ 253	21.0	MAX. d -16.5	130	
千葉	(丸善石油)	一点	50 ~ 108	16.0	MAX. d -15.5		152.3
ク	(京葉シーバース)	ドルフィン	100 ~ 260	20.5	MAX. d -19.2	130	
川崎(堀島)	(東亜燃料工業)	ドルフィン	100 ~ 250	26.0	MAX. d -20.0	100.6	
ク	(三菱, 昭和石油)	一点	50 ~ 260	29.0	喫水 -20.5		151
横浜	(扇島石油基地)	ク	60 ~ 230	21.0	MAX. d -19.5		120
清水	(東亜燃料工業)	ドルフィン	10 ~ 200	22.0	MAX. d -20.0	MAIN 120 SUB 74	
四日市	(大協石油)	一点	50 ~ 230	20.8	MAX. d -19.7		120
ク	(昭和四日市石油1)	ク	90 ~ 275	21.0			NW風129 SE風177.5
ク	(ク 2)	ク	40 ~ 170	18.0	MAX. d -20.0		
福江	(中部電力)	ク	50 ~ 250	25.0	MAX. d -15.0 (伊良湖)		150
尾鷲	(東邦石油)	ク	100 ~ 200	21.0	MAX. d -18.26		別紙参照 ①
浜南	(富士興産)	多	30 ~ 240	24.0	MAX. d -18.0	MAIN 112 SUB 74	
神戸	(シエール石油)	多	20 ~ 70	14.9	MAX. d -14.0		
ク	(兼松江南)	ク	20 ~ 60	12.2	MAX. d -11.0		
姫路	(出光興産)	一点	100 ~ 258	21.0	K. C. -0.1 x d		185.5
坂出	(アジア共石)	ドルフィン	3 ~ 75	12.4	MAX. d -12.25	90	
菊間	(太陽石油)	多	29 ~ 130	20.0	MAX. d -17.0		
鹿の川	(三菱商事)	ドルフィン	5 ~ 125	15.4	MAX. d -14.0	MAIN 120 SUB 48	
宇野	(西部石油)	一点	120 ~ 250	20.2	MAX. d -19.6		150
徳山	(出光興産)	多	0 ~ 274	20.0	MAX. d -19.5		別紙参照 ②
松下	(日本石油精製)	ク	16 ~ 50	13.0	MAX. d -12.0		別紙参照 ③
大分	(九州石油)	ドルフィン	5 ~ 270	21.0	K. C. -0.1 x d	MAIN 115 SUB 49	
関門	(日新カンカ六連油槽所)	多	4 ~ 100	17.5	MAX. d -12.47 (MAX. d については潮高 利用を含む)		

第2.2.2表(その2) 着離棧, 荷役継続基準

港名 (施設所有者)	着			棧			(標)			荷			役
	風速(m)	波高(m)	潮流(kt)	夜間	その他	風速(m)	波高(m)	潮流(kt)	夜間	その他	風速(m)	波高(m)	
青島牧(出光興産)	12	0.7	1.0	x		12	0.7	—	x		15	—	—
室蘭(日本石油精製)	15	1.0	—	x		15	1.0	—	x		15	—	—
函館(アシア石油)	15	2.5	—	x		15	2.5	—	x		20	3.0	—
新潟(昭和石油)	15	1.5	3.0	x		15	1.5	3.0	○		18	3.5~4	—
伏木高田(日本海石油)	15	1.5	1.0	x		15	1.5	1.0	○		15~20	1.0	—
鹿島(鹿島石油)	NNW~NE7 その他10(うねり1.5)	0.5	—	x		NNW~NW15 その他17	1.5	—	x		NNE~NW12 その他15	1.0	—
千葉(丸善石油)	10	0.8	1.0	x		13	0.8~1.0	1.0	x		15	1.5	—
〃(京葉シーバース)	13	0.8~1.0	0.3	x		13	0.8~1.0	—			15	—	—
川崎(川崎)(東亜燃料工業)	12~13	1.5	—	x		12~13	1.5	—	x		15	—	—
〃(三菱、昭和石油)	15	1.5	—	x		15	1.5	—	x		—	—	—
横浜(石島石油基地)	15	1.5	—	x		15	1.5	—	○		20	—	—
清水(東亜燃料工業)	15	1.5	—	x		15	1.5	—	x		15	1.5	—
四日市(大協石油)	15	1.5	—	x		—	—	—	x		15	1.5	—
〃(昭和四日市石油1)	13	1.0	—	x		—	—	—	x		13	1.0	—
〃(〃2)	13	1.0	—	x		—	—	—	x		13	1.0	—
福江(中部電力)	15	1.5	—	x		15	1.5	—	x		15	1.5	—
尾鷲(東邦石油)	15	1.0	—	x		15	1.0	—	x		15	—	—
海南(富士興産)	12	1.5	—	x	視界500以上	12	1.5	—	x		15	1.5	—
神戸(シエール石油)	10	1.5	—	x		18	1.5	—	○		15	1.5	—
〃(兼松江商)	15	1.0	—	x		15	1.0	—	○		15	1.0	—
姫路(出光興産)	10	1.0	—	x		—	—	—	x		15	2.0	—
坂出(アシア石油)	10	1.5	0.4	x		15	1.5	—	x		15	—	—
菊間(太陽石油)	15	1.3	—	x	転流時着棧	15	1.3	—	x	東流初, 未離棧	15	1.5	2.0
鹿の川(三菱商事)	15	1.0	—	x		15	1.0	—	x		15	1.0	—
宇野(西部石油)	13	1.5	2.0	x	東流時着棧	13	1.5	—	x		15	2.5	—
徳山(出光興産)	15	1.0	—	x		—	—	—	x		15	1.5	—
下松(日本石油精製)	15	—	—	x		15	—	—	x		15	—	—
大分(九州石油)	NE 10 NW 15 W 15 E 10	1.5	0.5	x	船首尾時着棧	NE 10 NW 15 W 15 E 10	1.5	0.5	x		15 W 20 E 15	1.5	—
関門(日新カンカ六連油槽所)	NE 10 NW 15 W 15 E 10	1.5	—	x	西流開始時着棧	NE 10 NW 15 W 15 E 10	1.5	—	x		15 W 20 E 15	2.0	—

COMPARISON BETWEEN THE DIFFERENT TYPES OF TERMINALS

* As particular local conditions can have a strong effect on manœuvring conditions and loading operations, figures in this table are to be regarded as general indications.

	Conventional berth	Multi buoy mooring	Single tower mooring	Single buoy mooring
Access from land for personnel and equipment . . .	direct	by sea	by sea	by sea
Possibility for the vessel to align itself to the resultant of the action of wind, current and waves . . .	no	within narrow limits	yes	yes
Number of hoses	1 to 8	1 to 4	1 to 3	1 to 4
Time required from beginning of mooring until start of pumping	2 hours	5 hours	2 hours	2 hours
Mooring possible with wind up to 30 mph and head waves with heights up to	1.0 m to 2.0 m	1.5 m to 2.0 m	2.0 m to 2.5 m	2.0 m to 2.5 m
Oil pumping possible with wind up to 40 mph and with head waves of heights up to	1.5 m to 2.0 m	2.0 m to 2.5 m	2.5 m to 3.5 m	3.0 m to 4.5 m
Vessel has to leave facility if wind exceeds 60 mph and head wave height exceeds	—	2.0 m to 3.0 m	3.0 m to 4.0 m	3.5 m to 5.0 m
Ranking regarding ease of berthing and casting-off	3	4	2	1
Effected by tides	yes	no	no	no
Elements of facility most prone to accidents . . .	fenders	chains of the buoys	tower structure	floating hoses and chains
Type of assistance required for berthing or mooring	tugs and line boats	line boats, tugs desirable	line boats, tugs convenient	line boats
Type of assistance required for leaving berth . . .	tugs and line boats	line boats,	none	none

Notes on wave heights

- 1 — Heights indicated are to be regarded as significant heights.
- 2 — Head waves with lengths shorter than the length of a vessel have little effect on the behaviour of moored ships. Therefore the limits indicated for ships moored at berths can be exceeded for short waves.
- 3 — Broadside waves, especially of great length and even of small height, can render hazardous the mooring at conventional jetties and to a lesser extent at multi buoy terminals.

- 4 — Choppy seas can restrict the manœuvring of line boats in waves up to 1,8 m, while swells will permit their operation in waves up to 2,5 m. These limits are very much affected by the type of line boat.
- 5 — Possibility of mooring depends mainly on tug and line boats operational conditions; of oil pumping mainly on the consequences of eventual accidents with hoses; and that of keeping vessel in terminal on the manœuvring conditions that permit the ship to leave the terminal.
- 6 — See paragraph 3 for further comments on terminal availability and operation.

第 2. 2. 4 表

Offshore mooring comparison

Limitations on use ^{1 2}	Offshore piers	SPM		Multibuoy berth	
		Tower	CALM SALM		
While berthing					
Waves	3-4 ft	—————	6-8 ft. —————	6-8 ft	
Wind	25 knots	—————	25 knots —————	25 knots	
While moored					
Waves	4-10 ft ⁴	—————	over 15 ft. —————	3-10 ft. ⁴	
Wind	50 knots ³	—————	60 knots —————	30-50 knots ³	
While transferring cargo					
Waves	4-10 ft ⁴	—————	10-12 ft. —————	3-10 ft. ⁴	
Wind	35 knots	—————	40 knots —————	25-35 knots ³	
Distance offshore	Least	—————	Farthest	Medium	
Maneuvering and Seabed requirements	Smallest	—————	Largest	Medium	
Ease in getting under way	Average	—————	Easiest	Most difficult	
Tugs required	Yes	—————	None	Not usually	
Launches required	Sometimes	—————	Yes	Yes	
Susceptibility to damage	Moderate to high	Moderate to high	Moderate to low	Low	
Investment	High	Moderate to high	Moderate	Moderate	Low

Notes:

- (1) Wave heights are significant (average of highest 1/3 of waves).
- (2) Limitations are approximate. Can vary slight amount depending on ship size, number, type, and strength ship's lines and winches, pier design, tug design, etc.
- (3) Depends on wind velocity and direction; e.g., blowing ship on or off pier or from ahead or abeam, etc.
- (4) Depends on wave height, direction, and period, e.g., mooring ship on pier or off or from ahead or abeam, etc.

第 2.2.5 表

条 件		シーバース型式	固定棧橋 # ドルフィン	多点係留ブイ	一点タワー係留	一点ブイ係留
		接 岸 条 件	風 速	13 ~ 15 m/sec		
波 高	1 ~ 2 m		1.5 ~ 2.5 m			
荷 役 条 件	風 速	15~18 m/sec	13~18 m/sec	15 ~ 21 m/sec		
	波 高	1 ~ 3 m		1~3.5 m	1~4.5 m	
係 留 条 件 (荷役中止)	風 速	26~27 m/sec	15~27 m/sec	25 ~ 31 m/sec		
	波 高	3 m	2.5~3 m	3~4.5 m	3.5~5.0 m	

ブイ係留の順でより厳しい海象・気象条件に耐えると評価されている。

固定棧橋（又はドルフィン）と一点ブイ係留を比較すると接岸条件はほとんど変わっていない。これはむしろ曳船、索取船などの作業条件により決ってしまうからで、自力で係留出来ない限りやむを得ない。現在の係留方式をとる限り接岸条件を上げるためには曳船等作業船の性能を向上する方法の検討が今後の課題であろうと思われる。

しかし荷役、係留条件については一点ブイ係留が相対的に厳しい自然条件に耐えることはその係留方法からして当然のことであるが、荷役中の船員の交通手段、乗組員の安心感、漏油対策など不利な点もあるのでシーバースの形式撰定には充分な考慮が必要であろう。

運輸省港湾局より出ているシーバース築造規準（案）（49年1月）の中に各形式の評価が出ているので第2.2.6表転載する。

2.3 日本沿岸及びベルシャ湾の気象海象

先ず日本沿岸に於ける風速、波高の一般的な概況を把握するために、日本各地の灯台に於ける風速、波高の観測結果に基く「日本沿岸の風速頻度表並びに波高頻度表」、重要港湾の計画資料及び「気象海象条件図」より、各地の岬、港湾に於ける風速及び波高の年間の発生頻度をまとめたのが第2.3.2(1)~(5)図である。

これは第2.3.1図に示す各地の上記による資料を本州太平洋東岸（北海道東南岸を含む）、太平洋南岸、九州西岸、山陰北陸奥羽海岸、北海道西岸と津軽海峡、紀伊水道及び豊後水道に沿って表示したものである。但し、瀬戸内海沿岸は巨大船のシーバースの対象地域とは考えられないので除外して居る。

以上の如く各種の資料より集めたものであるので計測の施行部署、時間、期間、地点及び方法が異って居り、風速、波高も厳密には同一の定義ベースであるが、不明の点があるが大体の傾向をつかむ事が出来ると思われる。

また日本に於ては気象海象は四季により大きく左右されて居り、遮蔽度等の観測地点の局地的影響が大きい事も充分予想される事であるが、概括的に日本沿岸の状況を知るためには年間発生頻度ごとによる整理が適当と考えたものである。同時に風向に依り海象は大きな影響を受ける事は当然であるが、観測地の局地性に大きく左右されるので風向別に整理は行っていない。風速観測地点は陸上であるが、岬の灯台の風速はワ指数のべき法則により地上10mに換算してある。波浪観測は陸上よりの目視或いは水深10m~20mの地点に於ける水圧式観測である。

結果を概括すると、一般的な傾向として当然ながら風速、波高とも港湾より遮蔽度の低い岬崎が強風、高波高の発生頻度が高いが、観測地点の局地性（主として遮蔽度）の影響が出て居て、風速0m/s~5m/s, 5m/s~10m/s, 波高0m~1m, 1m~2m, 2m~3mの範囲は大きくバラついて居る。しかし風速15m/sまでの風速発生頻度は特定の岬（佐多岬（鹿児島）、稲穂岬（北海道西海岸）、尻尾岬）及び那覇を除き100%~98%に達して居る。一方、波高については、日本海北部及び北海道西岸、北海道東南岸及び四国南岸と大島、沖ノ島等の島を除くと4mまでの波高の発生頻度は100%~97%程度である。これより概括的に日本沿岸では風速15m/s及び波高4mを超える風及び波の発生は極め

第2.2.6表

4. 操船、係留の安全面より見たバースタイプの比較

比較項目	多点係留	一点係留	固定バース
(1) バース法線方向	うねりの方向> 潮流の方向> 風の方角<平行	主なりねり、流れ、風の方角に対して その下流方向にはとくに十分な余裕が 必要であるが 一般に方向は限定されない	うねり>流れ> 風<平行
(2) バース専有水域	中位	最大	最も狭い
(3) バースへのアプローチ 水域	アプローチ距離 がほぼ一定	うねり、風、潮流を立てるので 十分の広さが必要	アプローチ距離はほぼ一定
(4) ターニングバース	①バース専有水域 が狭くされる ②アプローチ距離 の屈曲が大きければ 屈曲部でターニングの 余裕が必要 ③、④は何れかが 必要	バース専有水域によくなる	①バース前面が必要 ②アプローチ距離の屈曲が大きいと 屈曲部でターニングの余裕が 必要 ③、④は何れかが必要
(5) 離着操船の容易	困難	容易	普通
(6) 所要時間	大	小	中
(7) 曳船の所要量	中	小	大
(8) 係留作業の所要量	大	小	中
(9) 係留中の船の 固定度	中	小 (これが特徴)	大
(10) 荷役中の船の 固定度許容性	中	大	クランクジョイントを用いるので 最も小

01 係留の安全度	小 とくに波浪に対して弱い	中 船の固定度が固定バース に対してゆるやかで、常 に流れ、風に立つので外 力が最も小さくなり、そ の点が固定バースと比較 して高いとみられる。 ただし最終的な判定はまだ できていない。	中
02 バース選航の要求度	大	中 バースの位置が最も正確 より離れるので人工的な 選航は殆ど不可能	大
03 係留、荷役中の 乗組員の安心感	中	小	大
04 陸上との連絡・交通	悪	悪	中
05 緊急時に対する 待避の難易	困難	最も容易	困難
06 西船対策	やや困難	困難	良
07 船体損傷の危険	小	小	中
(以下参考)			海底管を持つ場合
a) 船運管の導致	困難	困難	困難
b) 11 の維持管理	困難	困難	困難
c) 建設費	小	中	大
d) 荷役能力	低い	中	高い

て少いと思われ、風速 15 m/s までの風、波高 4 m までの波は通常起り得ると考えてよさそうに思われる。

別項の大型シーバースの調査、各研究団体の調査でも国内にては風速 $15\text{ m/s} \sim 20\text{ m/s}$ が係船作業条件となって居るが、此の結果はこれを裏付けて居るものと思われる。一方、波浪については曳船の作業限界により制約されて $1.0\text{ m} \sim 2.0\text{ m}$ の波高が作業条件となって居るが、現状では外洋に面しない湾内への港湾の建設、或いは防波堤による波浪に対する保護により稼働率を低下することなく運営が行われて居ると思われる。

尚、第2.3.2(4)図にベルンサ湾及びミシシッピー河口に於ける風速及び波高発生頻度を記載してあるが、日本沿岸よりは穏かである。

以上の如く日本沿岸に於ては 15 m/s 迄の風と 4 m までの波が其の殆どを占めて居る事が判ったが、 15 m/s 以上の強風、 4 m 以上の高波は存在して居り、之等が如何なる気象状況で発生し発達し移動するかが巨大タンカーの係船システムを考えて行く上に重要であるので、日本沿岸の強風及び高波の状況と同時にベルンサ湾に於ける気象・海象の調査を行ったので以下に述べる。

2.3.1 日本沿岸の風

(1) 強風の分布及び一般状況

気象庁では全国の気象官署の長期に亘る年最大風速の観測結果より強風の再現期待期間を推定する過程で、日本全国を第2.3.3図に示す如く5つの地域、即、①弱風地域 ②裏日本地域 ③裏日本強風地域 ④表日本地域 ⑤表日本強風地域に区分して居る。表日本強風地域としては房総半島東側及び伊豆半島南端、伊勢湾沿岸紀伊水道、九州南岸及び沖縄であり裏日本強風地域は奥羽海岸となって居り、他地域に比して強い年最大風速が観測されて居る事が示されて居る。

日本沿岸に強風をもたらす原因は主として

(イ)台風 (ロ)日本海低気圧 (ハ)太平洋南岸低気圧(台湾坊主を含む) (ニ)二つ玉低気圧 (ホ)突風 (ヘ)季節風が考えられる。

概括すると

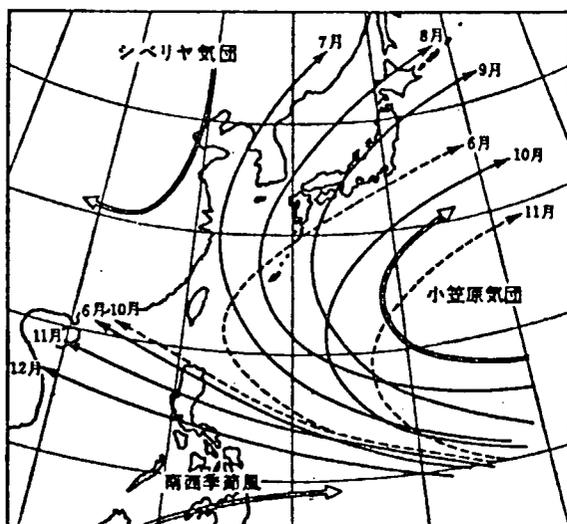
(イ) 台風

台風は発生した月により第2.3.4図に示す様な経路をとり、太平洋上で停滞又は迷走をする場合はあるが、一般に夏台風では北緯 35° 附近にて平均 35 KM/H 、秋台風では平均 50 KM/H で接近し、主として関東東岸より南部

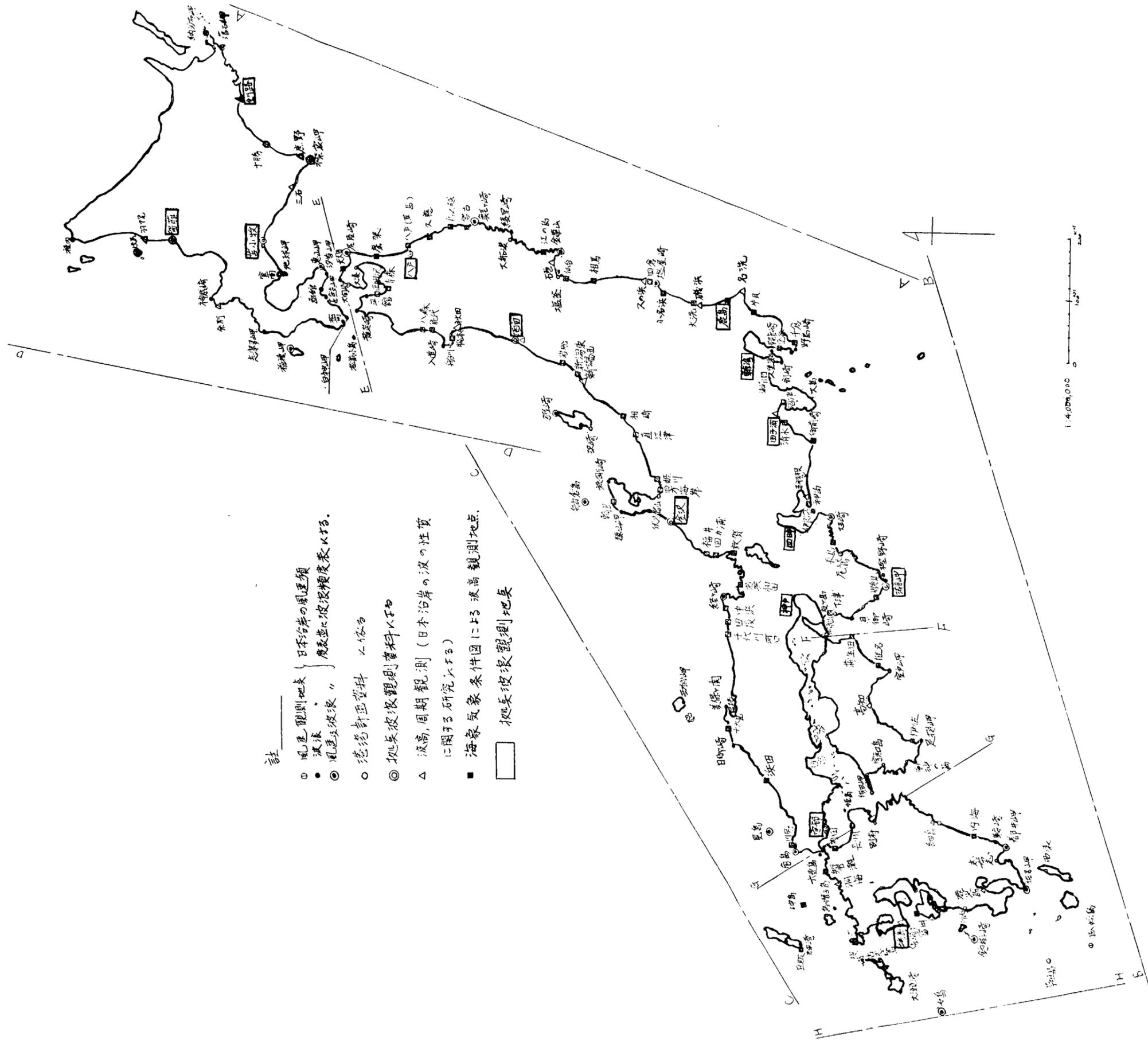
に大きな影響を与えるが、其の影響は南へ行く程大きく、九州に於ては過去38年間に日本に上陸又は接近した171個の台風の内約60%が九州沿岸に影響を及ぼして居る。特に秋台風は本土に上陸する頃が最も勢力が強く、速度も著しく速くなるので最も警戒を要する。

(ロ) 低気圧

太平洋を通る所謂南岸低気圧(台湾坊主を含む)、日本海を通る低気圧(日本海低気圧)及び日本海低気圧と太平洋岸で発生した低気圧が一緒になって発達する二つ玉低気圧とがあり、12月から5月までが本格的な低気圧の季節で平均して月2~4回の割合で通過する。此の期間でも12月~1月と4月~5月に多く2月頃減少する。此の内南岸低気圧は12月から2月に多く、3月以降は日本海低気圧の通過が多く日本海

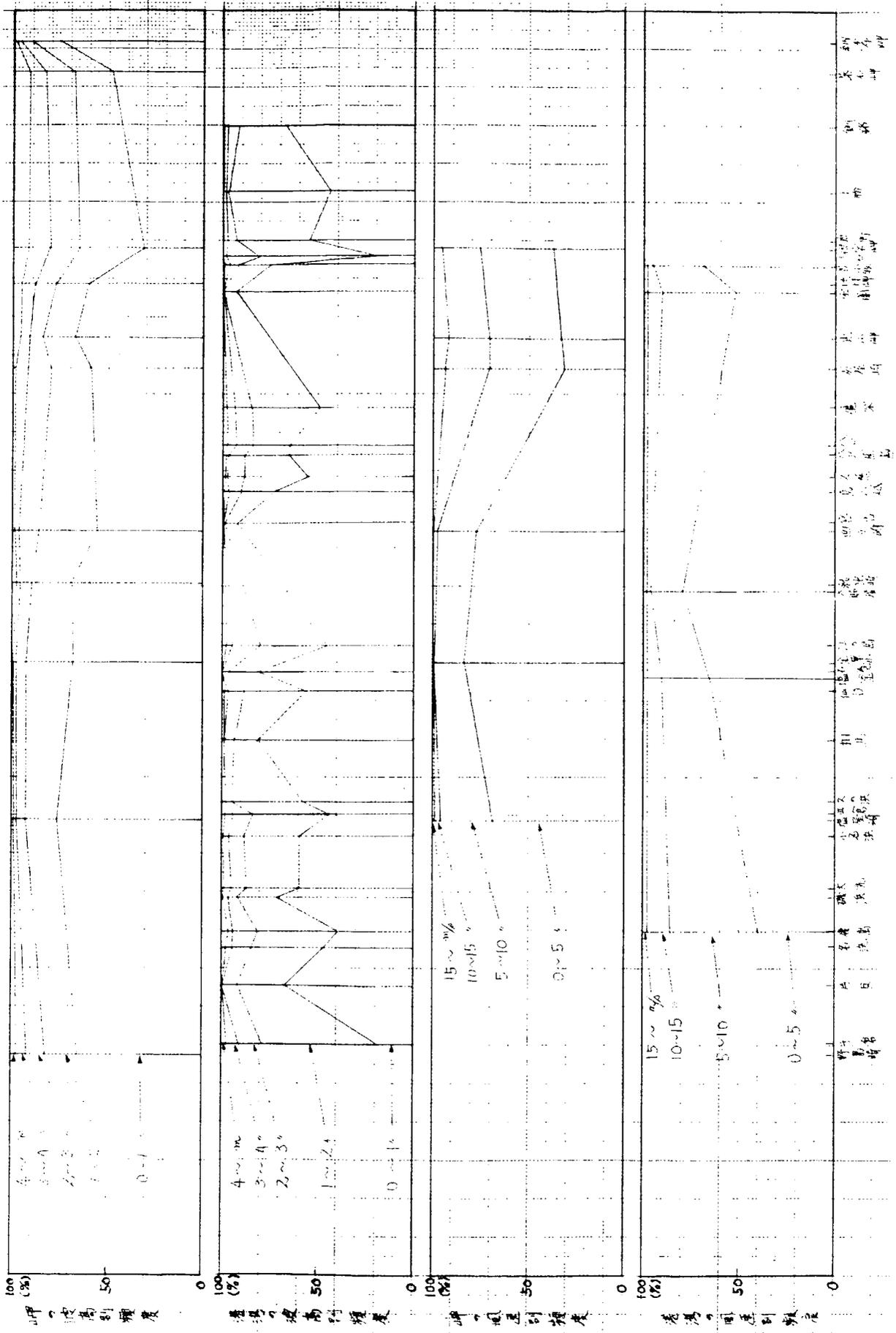


第2.3.4図 月別の台風の主要経路



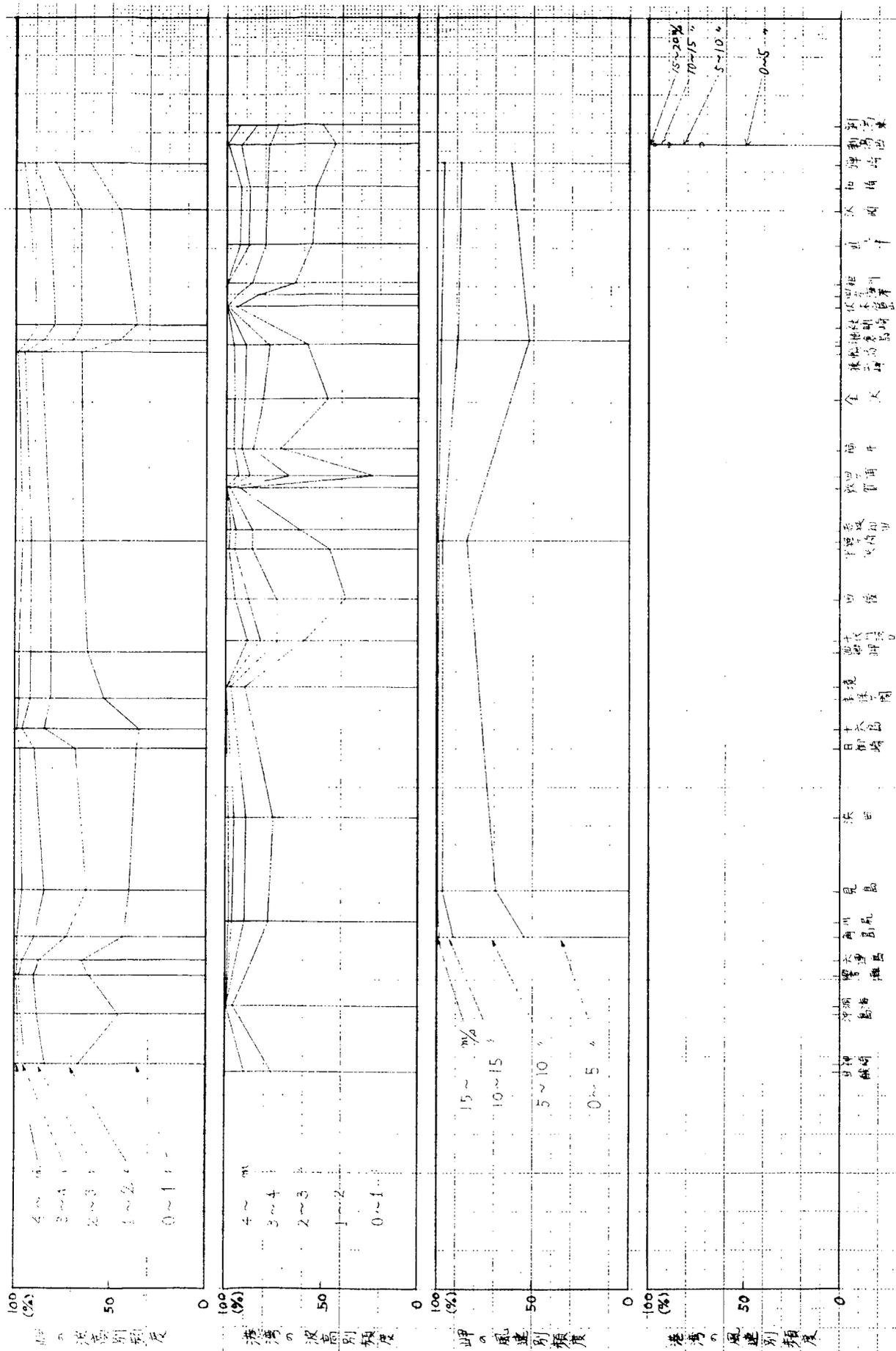
- 註
- 風速観測地点 { 日本沿岸の風速頻度表に破長並に破浪頻度表以て示す。
 - 波浪
 - ◎ 風速破浪
 - 港湾調査資料 以て示す
 - ◎ 波浪観測資料 以て示す
 - △ 波高、周期観測 (日本沿岸の波の性質に關する研究に於て)
 - 海象気象条件圖による波高観測地点
 - 波浪観測地点

第 2.3.1 図 日本沿岸及び港湾、風、波浪観測箇所



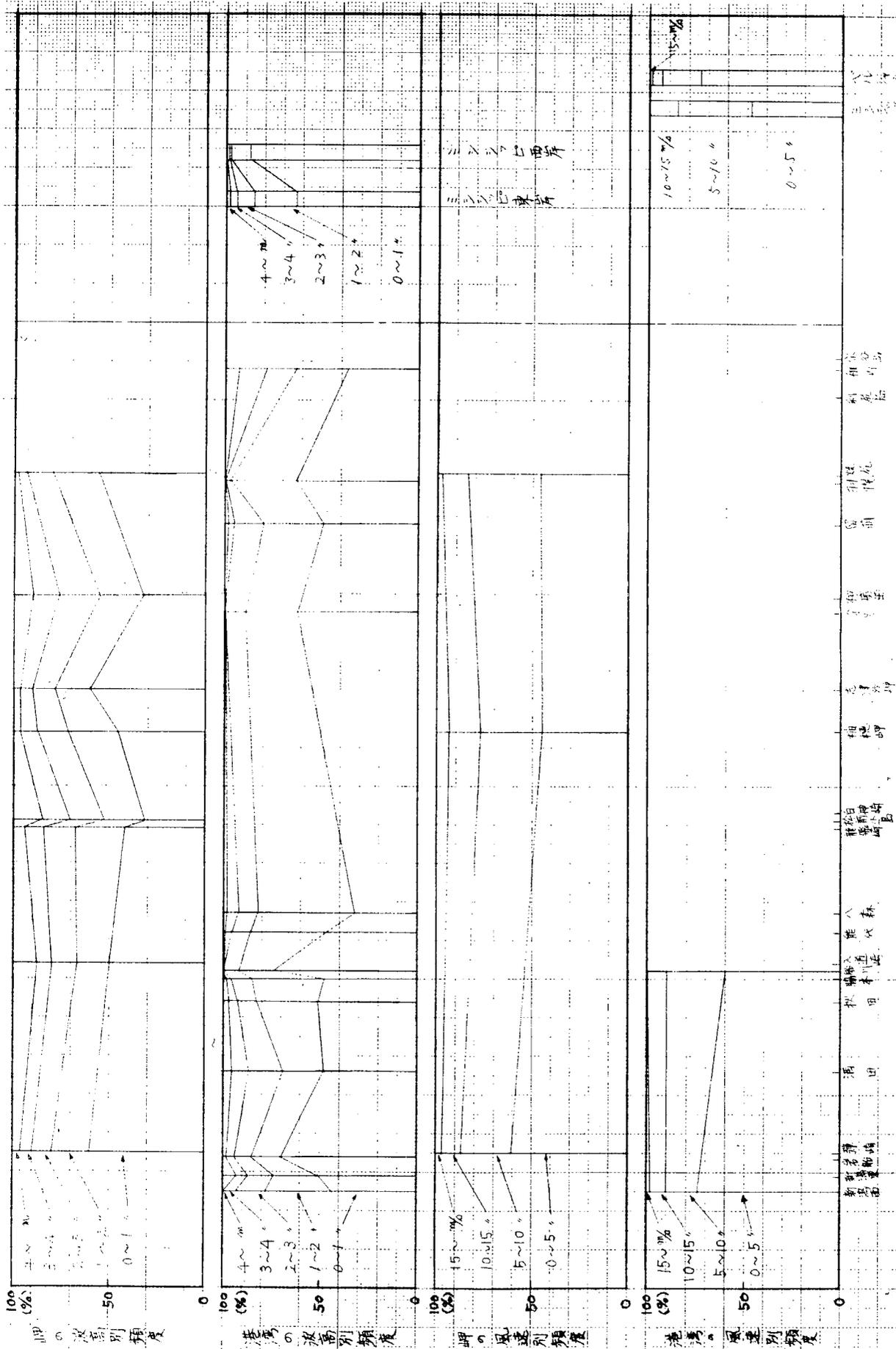
第2.3.2(1)図 年間風速、波高発生頻度

(北海道，本州東岸) 第2.3.1図 A-A断面



第2.3.2(3)図 年間風速，波高発生頻度

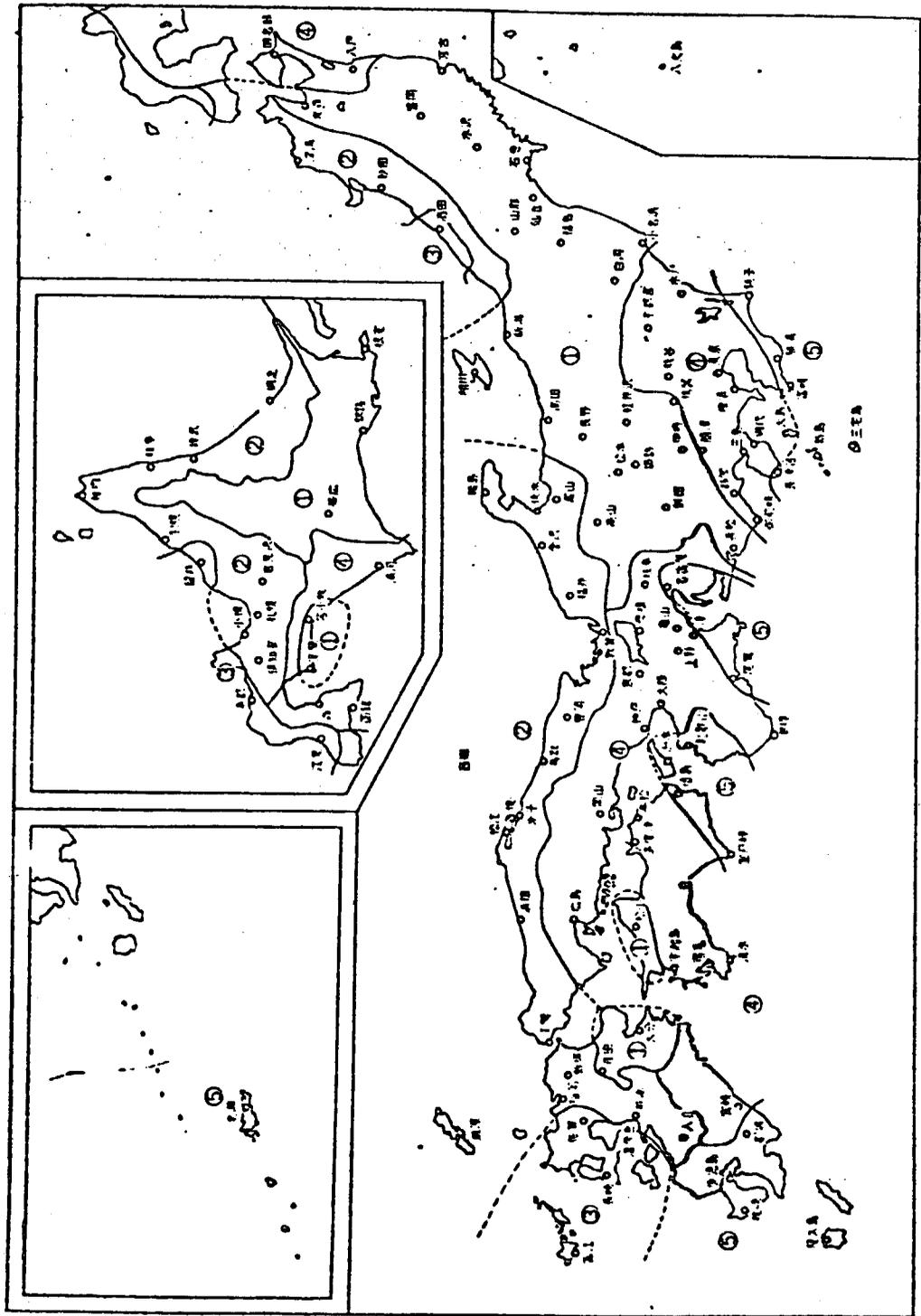
(本州，九州の日本海岸) 第2.3.1図C-C断面



第 2.3.2 (4) 図 年間風速、波高発生頻度

(本州、北海道の日本海岸) 第 2.3.1 図の D-D 断面

- ① 弱風地域
- ② 表日本地域
- ③ 表日本強風地域
- ④ 表日本地域
- ⑤ 表日本強風地域



第 2.3.3 区 風速地域区分

沿岸に大きな影響を及ぼす。低気圧の発達速度は15ミリバール～20ミリバール/24時間、移動速度は30km/H～40km/H位であるが、暴風により災害をもたらす様な低気圧の場合、其の気圧の下降速度は平均的なものより1.5倍程度も早く進行速度も早いものが多い。いま仮に1日に25ミリバール気圧が下がるものとする、現在の気圧を1020ミリバール、1000ミリバール及び970ミリバールとすると、24時間後の想定される最大風速はそれぞれ16m/s、24m/s及び32m/s程度となる。顕著な例としては南岸低気圧で29時間に34ミリバールも低下し、又日本海低気圧でも1日に25ミリバール～35ミリバールも低下し、発達しながら通過して被害をもたらした例がある。

二つ玉低気圧も前二者と同じく急激に発達するが此の二つの低気圧にそれぞれ寒冷前線、温暖前線が伴ふ事が多く、風向きの急変が多く、突風を伴ふ事が多い。

(イ) 突風

突風は、前線に伴ふ突風、不安定線による突風、台風に伴う突風等があり、風向きの急変、風速の急激な上昇がおきるが進行速度が70km/H～80km/H(通常は30km/H～40km/H)と異常に早く、待避等の態勢を備える余裕のない場合がある。

最大平均風速が20m/s以上となる突風は冬期で月に2～3回、年間で10回程度発生して居るが、中には24時間で40ミリバール、半日で30ミリバールと激しい気圧低下によるものもある。東海道南岸で寒冷前線通過に伴ふ突風で伊良湖にて30分の間に風向が急変して最大平均風速がENE4.2m/sからWEW24.0m/sになった例があり、又九州地方に於ても低気圧の暖域内で起った不安定線による突風で平均風速20m/sを超える突風の例があるが、平均風速25m/sを超えるものは少い。

(ロ) 季節風

太平洋岸では風速10m/sを超える強風の中での季節風の占める割合は其の期間が長く頻度が高いため、相当の部分を含めては居るが、平均風速は時として20m/sを超えるが大体は10m/sから20m/sの間のことが多い。しかし、九州地方に於ては冬期台湾北方、東支那海、日本海西部に発生した弱い低気圧が季節風の吹き出す際に発達し、伴われた寒冷前線の通過により24時間で20ミリバール以上も気圧が下がり所謂「西風落し」と称する突風が起る事は稀ではない。一方、日本海は冬期西乃至北西の季節風により支配されて居ると云って良く低気圧と相俟って日本海沿岸に強風をもたらして居り、災害をもたらす事が多い。

(2) 各地の強風

巨大船が係船されると考えられる沖合に於ける観測が行われて居ないので、灯台及び海岸の測候所の観測結果より、平均風速が10m/s、15m/s及び20m/s以上の場合の年間(冬期)発生頻度、海岸測候所に於ける平均風速の15m/s、20m/s、25m/s及び30m/s以上の年間発生日数、及び年間最大平均風速とそれの月別発生表を太平洋及び日本海に面した各海岸別に表示したものが第2.3.1(1)～(4)表である。

(1) 太平洋岸

太平洋岸に於ては既に述べた如く、襟裳岬、尻尾岬、佐多岬が15m/s以上の風速の頻度が通年で5.6%～3.7%(冬期では1.2%～5.4%と増加して居る)であるが、20m/s以上については1台であり、其の他の岬については15m/s以上は通年で1%以下である。

一方、港湾については必ずしも充分な資料ではないが、15m/s以上の風速の通年発生頻度は1%台であり、20m/s以上については極めて僅かしか発生していない。海岸測候所の年間風速発生日数について見ると15m/s以上の風については石廊崎121日、富崎70日、御前崎、室戸岬60日台及び伊良湖45日、銚子41日、室蘭35日の6個所が30日台で、苫小牧、八戸、潮岬及び宿毛が20日台となって居る。又20m/s以上となると石廊崎34日、富崎20日、室戸岬16日では他は凡て6日以下である。25m/s以上は矢張り石廊崎4日、富崎3日、室戸岬2日で此の三個所が特に際立って居り、第2.3.3図の地域区分を裏付けて居る。

第 2.3.1(1)表 日本沿岸の強風(太平洋岸(1))

海岸	項目 岬名	風速発生頻度(灯台)%			項目 測候所	風速発生頻度 %			年間風速発生日数			
		10%以上 通年(冬)	15%以上 通年(冬)	20%以上 通年(冬)		10%以上 通年(冬)	15%以上 通年(冬)	20%以上 通年(冬)	15% 以上	20% 以上	25% 以上	30% 以上
北海 道 東 南 岸	ノツツ岬				釧路				11	0.3	0	0
	落石岬				苫小牧	3.7(4.1)	0.5(0.7)		25	5	1	0.1
	釧路崎				室蘭	7.9(18.3)	0.4(0.9)		35	5	1	0
	地球岬				森				7	1	0.3	0
	標葉岬	24.5(38.2)	4.0(7.7)	1.0(1.2)	函館				19	2	0.1	0
	恵山岬	25(2.9)	0.1(0.1)	0(0)								
	汐首岬											
三陸 東 北 海 岸	大向崎				大湊	5.3(9.1)	0.7(1.4)					
	尻屋崎	28.7(38.3)	5.6(12.0)	0.5(0.4)	八戸				22	2	0.3	0
	綾里崎				宮古	0.1(0.2)	0(0)	0(0)	1	0.3	0.3	0
	鮫ヶ崎	1.0(2.0)	0.3(0.2)	0.1(0)	大畑渡	16(2.3)	0.1(0.1)	0(0)				
	金華山	0.5(0.4)	0.1(0)	0(0)	石巻	3.8(6.6)	0.2(0.5)		12	1	0.1	0
	塩屋崎	3.8(1.8)	0.2(0.1)	0(0)	仙台	8.9(5.4)	1.7(0.6)		6	0.4	0	0
関東 東 海 岸	野島崎				小名浜				9	0.4	0	0
	観音崎				鹿島	14.4(9.4)	2.1(0.9)					
	剣崎				銚子				41	6	1	0.3
	大島				千葉	9.1	1.0	0.1	70	20	3	0.3
					石廊崎				121	34	4	1
東海 道 南 岸	御前崎				御前崎				66	6	1	0.4
	神島				伊良湖				45	4	0.4	0.3
	大玉崎	3.6(1.7)	0.2(0)	0(0)	石方屋				7	1	0.1	0
	程野崎				尾鷲				2	0.3	0	0
	潮岬				潮岬				23	3	1	0.3
四国 南 岸	日御崎				下津	14.9	1.7	0.2				
	友ヶ島				木高							
	室丸岬				室丸岬				64	16	2	0.1
	足摺岬				高知				4	1	0.3	0
	佐田岬	21.3(33.0)	3.7(7.3)	1.0(1.0)	須崎							
	姫島				宿毛				21	3	0.4	0.1
	部崎				宇和島				19	4	1	0
	鞆崎											
九州 東 南 岸	細島	0.5(0.2)	0.1(0)	0(0)	別府	0.2						
	都井岬	1.0(0.6)	0.2(0)	0(0)	志布志	0.4(0)	0(0)					
	佐賀岬	22.0(25.5)	3.8(5.4)	1.1(1.3)	鹿児島	9.3	0.8	0.1	7	2	1	0.3
	屋久島				屋久島				5	2	1	0.1
備考	運輸省研究所「日本沿岸の風速頻度表並に波浪頻度表」別(地誌06換算)				港湾計画資料				気象庁「日本各地の風速頻度表」別日数表(1950~1957)より10年間平均風速を示す。			

第 2.3.1(2)表 日本沿岸の強風(太平洋岸(2))

海岸	項目 測候所	年間最大風速(地上10m換算) m/s															
		最大~ 最小 %	期間(年)	発生年数		発生した日											
				20%以上	25%以上	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北海道 東海岸	釧路	26.8~14.2	1929~1966 (38)	10	1	5	7	5	5	2	1	0	0	4	3	3	2
	苫小牧	32.1~17.8	1943~1966 (24)	19	7	3	3	1	0	2	0	2	1	1	1	6	3
	室蘭	28.1~15.4	1929~1951 (23)	5	1	4	4	4	0	1	2	1	1	3	1	7	8
	森	28.8~12.3	1938~1966 (29)	12	2	4	2	4	7	4	0	0	0	4	1	1	1
	函館	25.3~14.2	1941~1966 (26)	12	1	5	2	4	3	1	1	0	0	4	2	0	3
三陸 東北海岸	大湊	27.1~17.2	1936~1966 (31)	14	1	3	6	3	2	4	0	1	0	2	2	1	1
	八戸	31.3~16.7	1937~1966 (30)	19	7	8	4	5	2	1	0	0	0	1	3	2	4
	宮古	21.3~10.3	1939~1966 (28)	1	0	4	3	1	3	0	1	1	0	5	1	5	2
	大畑渡																
	石巻	26.4~14.3	1929~1966 (38)	12	3	1	4	7	7	3	0	1	0	8	2	0	0
仙台	19.6~11.4	1929~1966 (38)	0	0	4	4	10	8	0	0	2	0	2	1	0	5	
南東 東海岸	小名浜	25.1~13.6	1929~1966 (38)	16	1	1	2	2	5	1	0	2	1	12	6	2	3
	水戸	29.5~12.9	1929~1966 (38)	7	4	1	4	2	6	5	1	0	1	11	6	1	0
	銚子	49.8~20.2	1929~1966 (38)	38	22	2	4	3	2	2	1	1	3	10	7	3	0
	富崎	46.8~22.8	1929~1966 (38)	38	30	6	0	2	3	0	1	0	3	6	6	2	5
	石廊崎	51.9~21.4	1940~1966 (27)	27	23	5	2	0	1	1	2	0	7	4	2	1	1
東海 近南海岸	御前崎	39.1~16.9	1932~1966 (35)	30	7	1	3	6	4	2	0	0	3	11	3	1	0
	伊良湖	47.5~19.0	1947~1966 (20)	16	8	1	0	1	2	2	3	0	1	7	2	1	0
	名古屋	36.0~13.1	1929~1966 (38)	9	3	1	2	6	3	3	0	0	6	12	3	0	2
	尾鷲	26.2~10.5	1940~1966 (27)	1	1	1	1	2	1	1	1	0	5	9	1	2	2
	潮岬	32.7~16.6	1929~1966 (38)	33	16	2	4	3	4	1	1	1	3	9	5	2	5
四国 南海岸	和歌山	37.5~12.5	1929~1966 (38)	12	6	0	1	0	5	4	5	2	4	13	2	0	1
	徳島	37.4~15.1	1930~1966 (37)	25	12	2	1	1	2	1	3	1	8	16	2	0	0
	室戸岬	56.9~23.4	1929~1966 (38)	38	30	4	1	1	2	2	4	2	10	11	1	0	0
	高知	24.6~11.2	1940~1966 (27)	10	0	0	2	1	1	0	1	1	4	11	3	2	1
	清水	33.4~16.4	1941~1966 (26)	15	4	3	3	1	0	2	0	3	4	7	1	1	1
	宿毛	39.3~17.6	1943~1966 (24)	15	5	1	0	2	2	0	3	0	4	8	2	2	0
	宇和島	32.9~12.0	1929~1966 (38)	24	8	11	2	2	3	0	1	3	2	7	3	1	2
九州 東海岸	宮崎	37.7~13.7	1929~1953 (25)	7	2	2	3	3	0	1	1	2	7	12	6	1	0
	鹿屋	35.3~10.6	1929~1966 (38)	18	5	1	0	2	1	5	2	6	9	9	5	1	1
	屋久島	50.3~19.0	1938~1966 (29)	27	20	1	0	1	0	1	3	1	11	8	3	1	0
備考	気象庁観測資料34号 日本各地の年最大風速(1929~1966)順位と出現確率 10分間平均風速に示す。																

第 2.3.1(3)表 日本沿岸の強風(日本海岸(1))

海岸	項目 岬名	風速発生頻度(灯台)%			項目 測候所	風速発生頻度%			年間風速発生日数				
		10%以上 通年(冬)	15%以上 通年(冬)	20%以上 通年(冬)		10%以上 通年(冬)	15%以上 通年(冬)	20%以上 通年(冬)	15% 以上	20% 以上	25% 以上	30% 以上	
九州 西北 海岸	草垣島	11.7(11.8)	1.6(0.8)	0(0)	枕崎				33	5	2	1	
	釣掛崎	0.7(0.5)	0.1(0)	0(0)	川内								
	女島	1.7(4.7)	0.2(0)	0(0)	端島								
	大瀬崎				佐世保	6.5(8.5)	0.5(0.7)	0.1(0)	9	2	0.4	0	
	鼓坂島	12.7(8.3)	0.1(0.4)	0.1(0)	巖原								
	神崎				長崎				14	2	0.1	0	
	沖島				平戸				10	2	0.4	0.1	
	大連島												
山 陰 海 岸	角島	8.6(8.3)	1.0(0.5)	0(0)	浜田				17	2	0.3	0	
	見島	1.5(2.8)	0(0)	0(0)	境				2	0	0	0	
	日御崎				米子				8	1	0	0	
	美保町				鳥取								
	西郷岬				西郷				20	2	0.4	0	
	経ヶ岬	1.8(5.5)	0.1(0.3)	0(0)	鹿嶋				11	0.3	0	0	
	徳山岬				敦賀				15	1	0.1	0.1	
	棚倉島	9.5(18.8)	1.0(2.2)	0.1(0)	金沢				16	2	0.3	0.1	
				輪島				5	1	0.1	0		
奥 羽 北 陸 海 岸	碓氷崎				伏木								
	沢崎				富山								
	弾崎	12.5(32.0)	2.8(8.5)	1.0(2.0)	相川				71	16	1	0	
	入道崎				新潟				21	2	0.1	0	
	龍泉崎				酒田				78	22	3	0.1	
					秋田				28	4	1	0.1	
					船川	9.8(14.1)	1.1(1.9)						
					高田				3	0	0	0	
				深浦				39	5	0.4	0.1		
備考	運輸省航路局「日本沿岸の風速頻度表並に波浪頻度表」刊(海上10%換算)				港陽行調査研刊				気象庁「日本各地の風速頻度別日数表(1950-1957)」				

第 2.3.1(4)表 日本沿岸の強風 (日本海岸(2))

海岸	項目 測候所	年間最大風速 (地上10m換算) m/s.															
		最大~最小%	期間(年)	暴風日数		暴風した月											
				20%以上	25%以上	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
九州 西 北 海 岸	枕崎	44.7~17.0	1929~1966 (38)	32	25	1	0	0	0	0	3	3	12	10	8	0	0
	富江	35.0~15.3	1929~1961 (33)	18	10	3	1	0	1	2	1	5	6	10	4	0	0
	阿久根	33.3~14.6	1940~1966 (27)	8	4	4	0	0	1	0	4	0	6	8	3	0	0
	佐世保	21.0~12.7	1952~1966 (15)	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	6	0	0	4
	巖原	27.3~13.9	1929~1966 (38)	6	4	4	1	4	2	6	2	2	3	6	4	1	3
	長崎	37.5~18.0	1929~1952 (24)	21	9	2	0	4	4	3	5	5	6	6	1	0	2
	平戸	35.8~14.6	1940~1966 (27)	14	6	1	0	3	1	0	3	2	4	7	5	1	0
山 陰 海 岸	浜田	29.6~17.9	1929~1966 (38)	30	6	4	3	5	7	1	0	1	2	6	0	1	3
	境	24.7~11.9	1929~1966 (38)	4	0	4	3	4	3	3	1	1	4	9	3	1	2
	米子	22.7~12.5	1940~1966 (27)	5	0	4	1	1	2	0	3	0	2	10	1	1	2
	鳥取	27.9~14.6	1943~1966 (24)	6	2	3	1	3	4	1	0	0	1	9	0	1	1
	西郷	25.1~15.8	1940~1966 (27)	14	1	3	0	0	2	1	1	3	6	8	2	0	1
	舞鶴	37.2~12.7	1948~1966 (19)	7	2	3	1	0	1	0	0	0	1	7	0	2	3
	敦賀	31.0~15.9	1941~66 (26)	9	2	2	1	2	6	3	1	0	0	7	0	2	2
	金沢	30.2~14.4	1929~1966 (38)	13	1	9	1	4	6	1	0	0	1	10	0	0	6
輪島	24.8~13.7	1936~1966 (31)	7	0	0	4	4	3	2	6	1	2	8	2	0	3	
奥 羽 北 陸 海 岸	伏木	28.2~11.2	1929~1966 (38)	4	1	2	1	4	4	0	3	0	3	12	4	3	3
	富山	24.9~13.1	1939~1966 (28)	8	0	1	0	5	6	0	1	0	0	10	3	0	2
	相川	30.8~19.1	1929~1966 (38)	15	13	11	4	3	3	0	0	0	0	4	2	2	9
	新潟	29.3~16.1	1939~1966 (28)	13	1	6	2	4	0	0	0	0	0	6	3	2	5
	酒田	35.9~20.9	1937~1966 (30)	30	23	14	3	2	0	0	0	0	0	3	1	0	7
	秋田	29.7~16.4	1929~1966 (38)	24	8	10	5	2	1	2	0	2	1	7	3	0	5
	船川																
	高田																
深浦	30.6~13.7	1940~1966 (27)	16	4	8	4	1	1	1	0	1	0	4	0	1	6	
備考	気象観測資料34号 日本各地の年間最大風速(1929-1966)の順位と出現確率表																

一方、海岸測候所の年間最大風速を見ると、最大風速が 30 m/s を超えて居るのは三陸、東北東海岸以北では苫小牧及び八戸だけであるが、南下するにつれて増加し、東海道南岸より南では尾鷲及び高知を除くだけである。此の資料は他の年の最大値を超えて居る風速であっても、其の年の二位以下のものについては除外してあるので必ずしも凡てをつくして居るものとは云えないが、月別発生表によれば北海道東南岸に於いては台風は必ずしも優勢ではなく、低気圧等冬期春期の強風の方が優勢である。しかし、南下するにつれて台風の優位性ははっきりして来て居り、台風の風速の方がはるかに低気圧の風速より強大である事を示して居る。又最大風速が 20 m/s 以下になった事のない地点は銚子、富崎、伊郎崎、室戸岬であり、他は 20 m/s 以下の年が多かれ少なかれあった事を表わして居る。勿論観測地点の局地性の影響はあるが、之は台風の経路によっては之等の地点では年間最大風速が 20 m/s 以下の年が有り得る事を示して居り、台風以外には 20 m/s 以上の風が少い事を示して居ると同時に台風の影響が如何に大きいかと云ふ事を表わして居ると考えられる。

(ロ) 日本海岸

九州西岸及び西北岸、日本海岸については第2.3.1(3)~(4)表では(北海道西岸はソーバースの対象地域より除外したので記載してない) 15 m/s 以上の風速の発生頻度は佐渡ヶ島の弾崎で通年 2.8% (冬期 8.5%)以外は通年 1.6% (冬期 2.2%)以下であり、 20 m/s 以上については矢張り弾崎で通年 1% (冬期 2%)で他は殆んど発生して居ない。しかし冬期の発生頻度が大きい事は冬期の強風を物語って居る。港湾については資料が極めて少いが 15 m/s 以上の風の発生頻度は船川で通年 1.1% (冬期 1.9%)、佐世保通年 0.5% (冬期 0.7%)である。次に海岸の測候所に於ける年間風速発生日数では、 15 m/s 以上の風については酒田78日、相川71日、深浦39日、枕崎33日が30日以上で、新潟、西郷、秋田が20日台となって居る。 20 m/s 以上となると酒田22日、相川16日では他は凡て5日以下となり、 25 m/s 以上は酒田3日、枕崎2日を最高に他は凡て1日以下となって居り、九州西南部及び奥羽海岸の強風を襲付けて居る。

一方、年間最大風速を見ると最大風速 30 m/s を超えて居るのは九州西岸で枕崎、富崎、阿久根、長崎、平戸、日本海岸で舞鶴、敦賀、金沢、相川、酒田、深浦であり、毎年最大風速が 20 m/s を超えて居るのは酒田だけである。月別発生表をみると、九州西、西北岸では8月、9月の出現が多いが山陰海岸、奥羽海岸と北上するにつれて冬期に於ける発生が多くなり、台風より冬期の季節風、低気圧による影響が優勢となって来て居る。

殆んどの地区で 20 m/s より弱い最大風速が発生して居るので、台風又は低気圧の進路如何によっては必ずしも 20 m/s 以上の風が定常的に発生して居る様には見受けられず、台風、低気圧の経路に大きく影響されて居ると考えられる。

2.3.2 風速の鉛直分布

地表面付近の風速の鉛直分布は、地形、表面粗度および大気の安定度等によって定まるもので複雑な分布をもつのが普通である。地面付近の風は地表面の粗度による摩擦力によって減速されるもので、平坦な地形における実測結果の検討によれば、実用上は $200\sim 300\text{ m}$ 付近までが粗度の影響のある領域と考えられ、これ以上の高度になると傾度風や地衡風として、気圧傾度や地球の自転運動から風速を求めることができる。大気の影響は弱風時のみに問題となり、強風時には大気は混合されて気層は中立状態に近づき、特に考慮しなくてもよいことがわかっている。

工学的な分野で問題になる高度は目下のところ大体 300 m 付近までとみられ、この領域に関する風速の鉛直分布については今日まで多くの研究、実測が行なわれており、平坦な地形における分布則として

(1) 対数法則

(2) べき法則

がある。

対数法則は乱流境界層内の風速鉛直分布則として理論的に求められたものであるが、高度 10 m 程度までがよく合うとされており、ごく下層のみを対象とする場合に便利で、前述のように高度 300 m 付近までを考慮する場合にはべき

法則が多くの実測結果とよく合致する。べき指数の値について資料が不十分なものもあり、特に海上風については今後の実測により検討がまたれて居る。

(1) 対数法則

地面付近の乱流境界層においては、等温状態ならば、風速の速度分布は最下層のせん断応力が高さによって変わらず空気塊の混合距離が高さに比例して増すことを仮定し、理論的に高さの対数で表わされて居る。すなわち

$$V_z = \frac{V_*}{k} \ln \frac{z}{z_0}$$

V_z : 高さ z の風速 V_* : 摩擦速度 $= \sqrt{\frac{\tau}{\rho}}$ ρ : 空気密度 τ : 空気流の面におよぼすせん断応力
 k : カルマン定数 (=0.4) z_0 : 粗度係数

実用的には

$$V_z = 5.75 V_* \log \frac{z - H}{z_0} \quad z > H$$

として使用されていることが多い。Hは地表面の障害物の平均の高さをとる。平らな面の z_0 の値は第2.3.2表に示すとおりである。

第2.3.2表 平らな面の粗度係数

面の種類	z_0 (cm)
非常に滑らかな面 (泥面・水面)	0.001
芝生・高さ1cmまでの草原	0.1
粗の草原 (10cmまでの高さ)	0.7
密生した草原 (10cmまでの高さ)	2.3
粗の草原 (50cmまでの高さ)	5
密生した草原 (50cmまでの高さ)	9

対数分布則に関しては実験がやり易い点もあって多くの資料があるが、主に10m以下が対象になっている。

(1) べき法則

大気下層300m付近までの風速鉛直分布の計算式として実用的にべき法則が用いられ

$$V_z = V_{10} \left(\frac{z}{10} \right)^\alpha$$

として表わされる。 V_z 、 V_{10} は高度 z (m) および10(m)における風速で、 α は分布形を定める指数であり、地物の状況に関係し実測で多くの値が得られている。地物の状況は平坦な地形の草原、海岸地方 ($1/10 \sim 1/7$)、田園 ($1/6 \sim 1/4$)、森林、市街地 ($1/4 \sim 1/2$) 等におけるものがあり、第2.3.3表に示す如くである。

第2.3.3表 風速鉛直分布曲線を $V_z=V_{10} (z/10)^\alpha$ で表した場合のべき指数 α の値と地表状態

(強風、断熱状態)

	研究者	場所	測定高 (ft)	地表条件	α
1	Goptarev	カスピ海	166	内海の岸辺近く	1/10.5
2	Juul	Masned sund デンマーク	182	平らな海岸	1/ 8.3
3	Scrase	サリスバリー平原 英 国	43	垣根や樹木のない開けた草原	1/ 7.7
4	Wing	Ballybunion アイルランド	492	平坦な樹木のない草原 (海岸より1/2哩)	1/ 7.4
5	Sherlock	アンアーバー 米 国	250	開けたやや起伏のある農地	1/ 7
6	Taylor	サリスバリー平原 英 国	—	垣根や樹木のない開けた草原	1/ 7
7 a	Giblett	カーデイントン 英 国	150	孤立樹のある平らな農地	1/ 7.8
7 b	Frost		350		1/ 5.9
7 c	Frost	カーデイントン 英 国	1,000	孤立樹のある平らな農地	1/ 6.7
8	Deacon	セ イ ル オーストラリヤ	503	いくらか樹木のあるやや起伏のある放牧地	1/ 6.25
9	Heywood	リーフィールド 英 国	313	低い石壁と垣根で分割された平地	1/ 5.9
10	亀 井	日 本	—	凸凹のある海岸	1/ 5
11	Wax	Orkney島	118	海に臨む崖から1/3哩離れた草のある丘	1/ 4.6
12	Huss および Portman	Akron 米 国	352	多くの溜木や小さい溜木のあるゆるい起伏の田圃	1/ 4.55
13	Francken-borger および Rudloff	クウィックボルン ド イ ツ	230	周囲に多くの樹や垣根のある平らな牧場	1/ 4.35
14 a	Smith	ア プ ト ン 米 国	410	一様な生育不良な高さ30mの「かし」や「まつ」の平地	1/ 4
14 b	Panofsky	・	410		
14 c	米国気象局	・	410		1/ 3.3
14 d	・	・	410		1/ 2.9
15	垣 谷	国 東 分 寺 京	145	林や畑のある住宅地	1/ 4.0
16	亀 井	日 本	—	3つの日本の町	1/ 3
17	東京管区気象台	東 京 タ ワ ー 京	659	市街地	1/ 4.0
18	Dines	ファンボコー 英 国	1,650	森林のある農場	1/ 2.8
19	Jensen	コペンハーゲン	242	大都市中心	1/ 2.3
20	Taylor	エッフェル塔 パ リ	900	・	1/ 2
21	Rathbun	エンパイヤーステートビル ニ ュ ー ヨ ー ク	1,263	・	1/ 1.6

又, Davenport はべき法則により

$$V_z = V_G (Z/Z_G)^{\frac{1}{\alpha}}$$

V_z : 高さ z の風速, V_G : 傾度風, 観測資料に再現期待値を考慮, Z_G : 傾度風の下限高度として α 及び

Z_G を第2.3.4表に示す如く与えて居る。

第 2. 3. 4 表 地表状態と粗度 (α, z_G)

	地 表 条 件	$1/\alpha$	$z_G(\text{ft})$
1	非常に滑らかな面：広い水面，低く平らな島	1/8.5	800
2	平地：草原，砂漠，凍土帯	1/7.5	900
3	やや大きい障害物のある平地またはなだらかな傾斜地： まばらな樹木や建物のある農場	1/6.5	1,000
4	障害物や障壁のあるゆるい傾斜地や平地： 壁，垣根及びまばらな樹木，建物のある野原	1/5.5	1,100
5	種々の大きさの障害物のある傾斜地や平地： 垣根や障害物の多い小さな農場	1/4.5	1,200
6	種々の大きい障害物が一樣にある傾斜地や平地： 森林，雑樹林	1/3.5	1,350
7	大きい障害物のある非常に粗い場所： 町，郊外，大都市の周辺，大きい樹木のある農場	1/3	1,500
8	非常に大きい障害物のある場所： 大都市の中心地	1/2.5, 1/1.5	1,800

(3) 海上風の鉛直分布

博多湾の波及び風の特徴を調べるために湾内のほぼ中央に設られた観測塔による観測結果によると10分間平均風速の鉛直分布は海面と2~7mの範囲で大部分対数分布に極めて近い結果がえられ

$$V_{10} = (V_* / k) \log_e 10^3 / z_0$$

により海面上の高さ10mにおける代表風速 V_{10} を決定して居る。

又，神戸气象台等でパイバル及び放球による観測を行った結果では第2.3.5表の様であるが，100m~150mまではべき法則に従い指数はいずれも小さく，それ以上ではほとんど一定か差が大きくなりこの法則に従って居ない。

第 2. 3. 5 表 風向別に整理したべき指数と適用高度表

風 向	100 m までの 指 数	適 用 高 度 (m)	100 m の 風速(m/sec)	300 m の 風 速	V_{300}/V_{100}	100 ~ 300 までの指数	観測場所
W	0.240	150	7.8	9.0	1.15	0.121	松 帆 2
W	0.035	100	7.6	12.0	1.58	0.418	・
NW	0.245	75	12.0	12.0	1.00	0.000	明 石
E~ESE	0.199	125	4.8	8.4	1.75	0.503	舞 子
NE~ENE	0.453	100	11.0	11.0	1.00	0.000	・
E~ENE	0.174	275	10.3	13.5	1.31	0.246	・
N	0.271	75	8.0	9.0	1.13	0.089	・
N~NNE	0.354	150	9.8	12.2	1.25	0.199	・
WSW	0.107	150	8.5	8.6	0.99	0.000	西宮沖
平 均	0.235	134	8.86	10.58	1.19	0.175	

パイプによる観測では風速 20 m/sec 辺が限度であるが、一方、台風 6420 号時の観測も行われて居り第 2.3.6 表に一例を示すが、べき指数は従来の資料に比してやゝ大きくなって居る。

第 2.3.6 表 台風時のべき指数

場所	平均風速	風向	指数	備考
那賀川	$20\text{ m/s} \sim 45\text{ m/s}$	SE	0.187 (1/5.3)	} 平均風速 (1 時間) に対して
		S	0.180 (1/5.6)	
垂水	$18\text{ m/s} \sim 25\text{ m/s}$	E	0.15 (1/6.7)	} 平均風速 (10 分間) に対して
		WSW	0.140 (1/7.1)	
	$26\text{ m/s} \sim 40\text{ m/s}$	S	0.20 (1/5.0)	

海洋工学ハンドブック (John Myers) によれば Gerritsen が行ったメキシコ湾の観測 (高度 $0 \sim 80\text{ feet}$) によると対数法則による分布はほとんどべき指数の冪法則により表わされる。また米国工兵隊が行ったオキーチヨビ湖の研究、べき指数が強い風に対して適当であることを示して居るとされ、又海上の風速に対して米国気象局によりべき法則が主唱されて居り、同時に米国土木学会風力委員会により平滑な表面上の強い風速に対して推薦されて居る一方、陸上の風に対してであるが船舶局発行「日本の沿岸の風速頻度表」、気象庁「日本各地の年最大風 (1929 ~ 1966)」にも修正法としてべき法則が採用されて居る。

2.3.3 ガスト

風速がたえず変動していることは「風の息」あるいは「乱れ」としてよく知られているところで、一般に「ガスト」と呼ばれている。これは地表の状態も大気の大気対流により大小の渦が発生し、流れによって移動しているためと考えられている。したがって風速はある時間内の平均値によって表わされ、現在気象庁では標準の風速値として 10 分平均を採用しており、欧米では 5 分平均が用いられているようである。しかし、構造物の設計風速を検討する場合には、より短い評価時間の風速、すなわち瞬間風速を問題にすることが多く、現地でこれを観測したり、10 分平均風速から任意の短い評価時間の風速を求めることが必要となり、今日までに多くの資料が発表されている。

(1) 風の息

風の変動頻度曲線はある時間内における瞬間風速 (V) の平均値 (\bar{V}) からの偏差量 ($V' = V - \bar{V}$) を度数分布曲線で表わしたもので、大体において正規分布をすることが知られている。

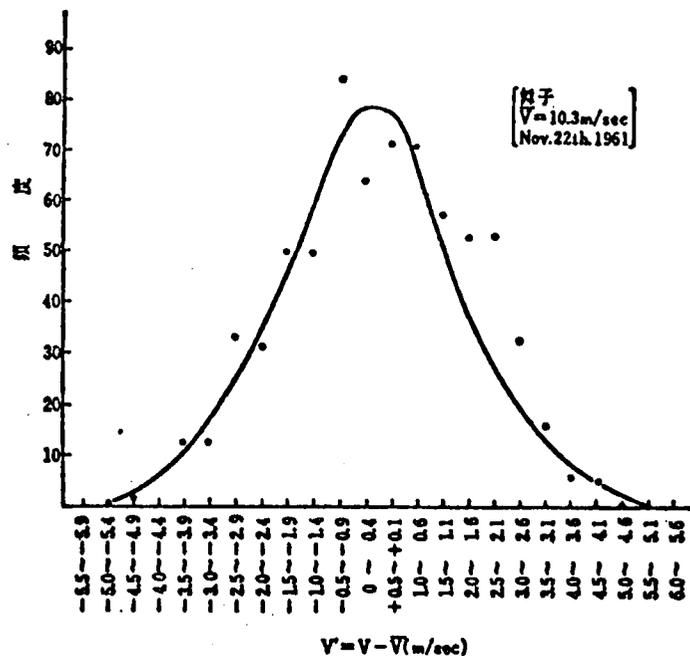
息の強さはある時間内の瞬間風速の平均値に対する標準偏差をその時間内の平均風速で割ったもので表わすことができる。

一般に息の強さは海岸地より市街地が大きく、また高さとともに減少する。

息の周期については、一般に使用されている測器の追従性から 2 ~ 5 秒程度以下のものはほとんど資料がみられないが、東京タワーによる風杯型発電式風速計の記録の解析結果によると、高度 66 m で 60 秒と 26 秒の卓越周期があったと報ぜられている。

第 2.3.7 表 息の強さ

海岸地	地上よりの高度 (cm)	10	30	50	100	1952年3月 神奈川県逗子町
	息の強さ σ		0.15	0.18	0.15	
市街地	地上よりの高度 (cm)	500	850	1,200		1952年4月~6月 東京都新宿区西大久保
	σ		0.40	0.35	0.28	



第 2. 3. 5 図 風速の乱れの頻度分布

第 2. 3. 8 表 息の強さ (東京タワー)

観測時間	23.50~0.00			0.50~1.00			2.50~3.00					
	風速 (m/sec)	標高	標準差	σ_1	風速 (m/sec)	標高	標準差	σ_1	風速 (m/sec)	標高	標準差	σ_1
26	18.4		3.8	0.21	17.0		3.5	0.21	10.0		2.6	0.26
66	28.4		4.2	0.15	21.6		3.3	0.15	12.8		3.1	0.24
107	26.8		3.8	0.14	23.9		3.2	0.13	14.2		2.7	0.18
253	38.6		3.0	0.08	34.3		3.5	0.11	22.3		3.6	0.16

(2) ガストファクター (突風率)

ガストファクター G は、平均風速 V とその観測時間内における最大瞬間風速 V との比で、 $G = V/V$ 定義されており、したがって、これらの風速の評価時間によって値が異なるが、普通は瞬間風速としてダインス、3杯または風車型発電式風速計の瞬間値と、10分平均風速が使用され平地において大体 1.2~1.5 程度と考えられている。この場合の瞬間の評価時間はいずれも 2~5 秒である。5915 台風時に於ける瞬間最大風速と 10 分間最大平均風速の比は 1.83~1.16 で平均 1.44 となって居る。又気象庁の山陰各測候所の実測値によると風向により 1.55~1.40, 2.25~1.75, 2.10~1.90, 2.00~1.60, 1.84~1.41 の数字が出て居り、又海上に於ける実測値として清風丸の観測があるが、海上 12.2m にて冬期 1.35~1.50 平均 1.42, 夏期 1.36~1.41 平均 1.36 の数値が得られて居る。

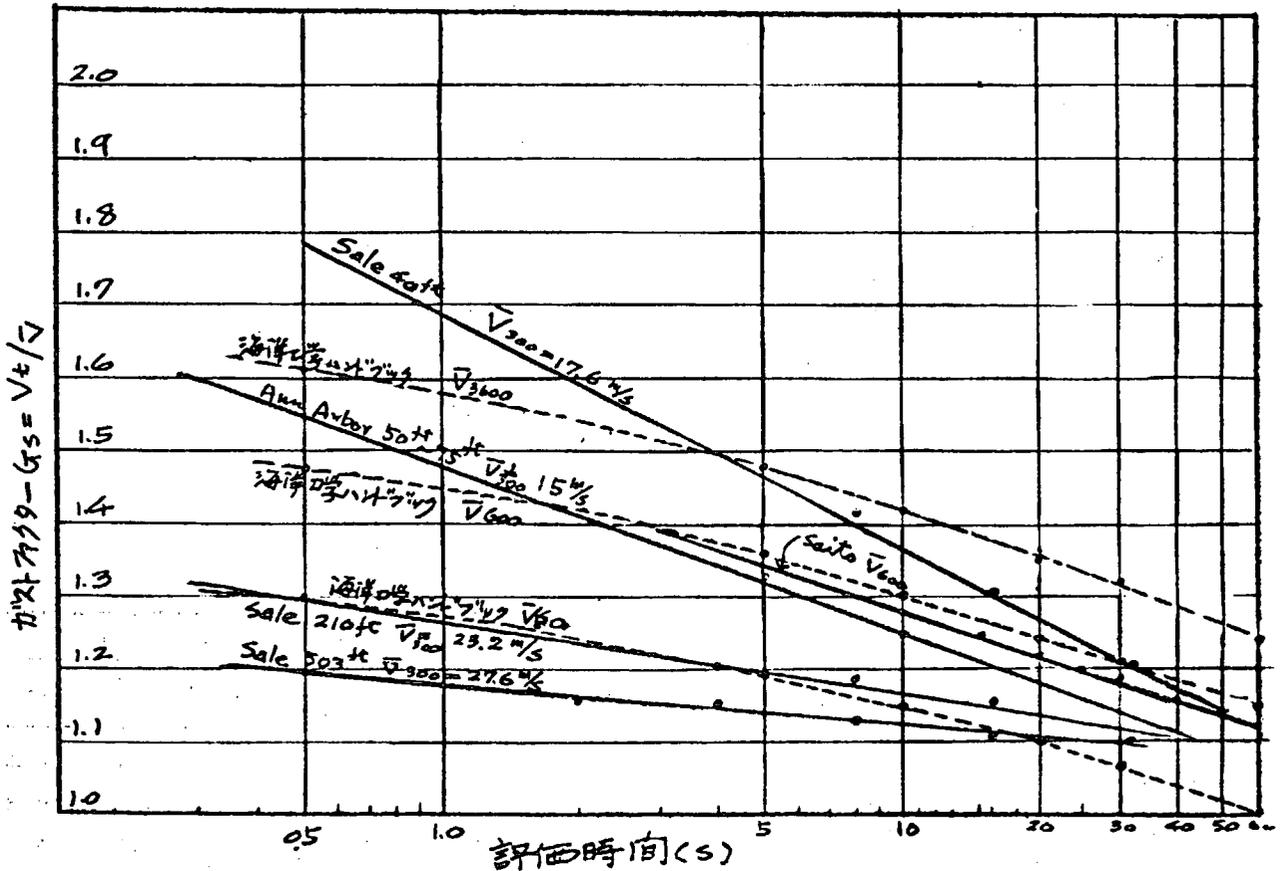
(3) ガストファクターと評価時間

ガストファクターと評価時間との関係について 5 秒平均風速の度数分布をとりこれが正規分布にしたがうとして、評価の時間に対応した確率から算出し表 2.3.9 のような値を得ている。

第 2.3.9 表 評価時間 S 秒の瞬間風速と 10 分平均風速によるガストファクター (Gs)

s (秒)	5	10	15	20	25	30	40	50	60
Gs	1.35	1.28	1.25	1.22	1.20	1.19	1.16	1.14	1.12

第 2.3.6 図に Sherlisk, Deacon の結果を石崎, 三田氏がまとめたもの及び海洋工学ハンドブック (John J. Myers) の数字をまとめて示す。



第 2.3.6 図 ガストファクターと評価時間

又, 各時間に対する平均風速の関係を第 2.3.10 表に海洋工学ハンドブック (John J. Myers) の資料により示す。

第 2.3.10 表 平均風速に対する短期間の間で平均された最大突風率の可能値

平均風速 ノット	記録時間 t, 秒						
	600	60	30	20	10	5	3
20	1.10	1.25	1.30	1.35	1.40	1.50	
30	1.10	1.23	1.33	1.37	1.43	1.47	
40	1.10	1.25	1.32	1.35	1.42	1.48	(1.63)
50	1.08	1.24	1.32	1.36	1.42	1.48	(1.64)
60	1.08	1.23	1.31	1.35	1.42	1.48	(1.60)
70	1.08	1.24	1.31	1.35	1.42	1.49	(1.58)
80	1.09	1.24	1.33	1.36	1.43	1.48	
平均	1.09	1.24	1.32	1.36	1.42	1.48	(1.61)
G/U (10分)	1.0	1.15	1.21	1.25	1.30	1.36	1.48
G/U (1分)	1.0	1.07	1.10	1.15	1.19	1.30

(4) ガストファクターの高度変化

一般に自然風の乱れの強さは地表付近から高度を増すにしたがって小さくなるのでガストファクターも次第に減少する。これについて国内外の実験式を下記に示す。

(イ) H. Sherlock は Ann Arbor の実験で、5分平均風速と10秒瞬間風速のガストファクターの高度変化を次のように求め、10秒ガストでは G_{30} を1.5とすると、2,000 ft では1.15になると述べている。

$$G_z = G_{30} \left(\frac{30}{z} \right)^{0.0623}$$

G_{30} : 高度30 ft のガストファクター z : 高度 (ft)

(ロ) 東京タワーにおける観測値を整理した結果によると

$$G_z = G_{10} \left(\frac{10}{z} \right)^{0.0538}$$

G_{10} : 高度10 m のガストファクター z : 高度 (m)

となり指数の傾向は大体似たようなものである。

(ハ) E. L. Deacon (1955) は Sale における高さ503 ft

第 2.3.11 表

(153 m) の無線塔による実験で、強風時の高度40 ft

ガストファクターの高度変化 (東京タワー)

(12 m), 210 ft (64 m), 503 ft (153 m) における

38回の平均のガストファクターとして、1.443, 1.303,

1.237を得ている (瞬間2秒, 平均5分)。

高 度	平 均
26m	1.74
67	1.63
107	1.60
173	1.57
253	1.45

(ニ) 海洋工学ハンドブック (John J. Myers)

突風速度の垂直分布は寡法則によって表わされる。強い風速に対して概略 $1/12$ -寡法則がデータから導かれる。

$$\frac{G_z}{G_{10}} = \left(\frac{Z}{10} \right)^{\frac{1}{12}} \dots \dots \dots (1)$$

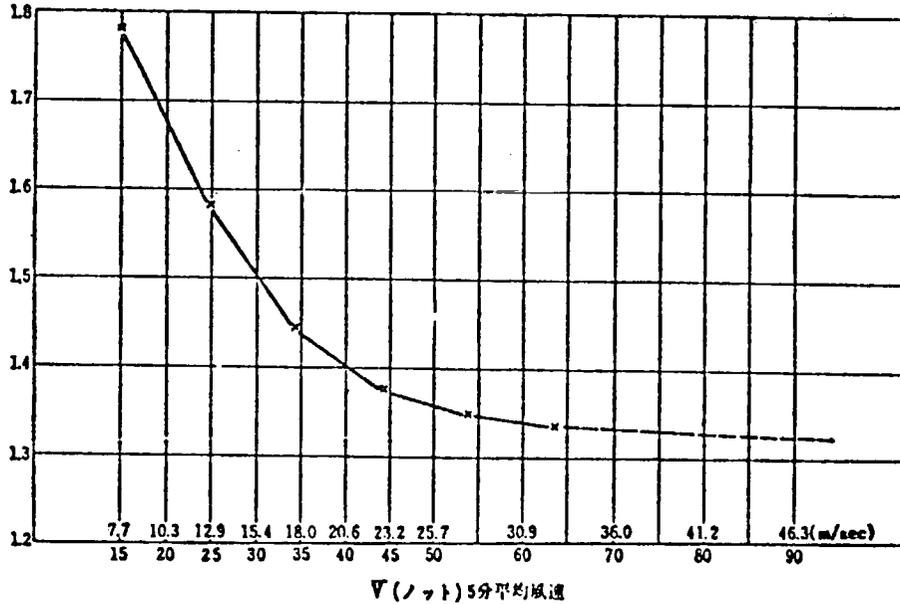
ここで、 G_z は高さ Z における突風速度であり、 G_{10} は 10 m の高度における突風速度である。方程式 (1) を (2) で割ると、高度の関数としての突風率が与えられる。

$$F_z = F_{10} \left(\frac{Z}{10} \right)^{-\frac{3}{84}} \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 $F_{10} = G_{10}/V_{10}$ は高度 10 m における突風率であり、 $F_z = G_z/U_z$ は突風 Z における突風率である。方程式 (2) は、高度が増加するとともに突風率は減少することを示す。

(5) ガストファクターと平均風速

ガストファクターが平均風速の増減によってどのように変化するかについて、Collins が Brookhaven において実験した結果によると、風速が強くなるほど小さくなり、平均風速が 70 ノットを超えるとガストファクターは 1.3 程度に収れんして居る。



第 2.3.7 図 ガストファクターと風速 (Collins, 1955)

2.3.4 陸上風, 沿岸風と海上風

海洋工学ハンドブック (John J. Myers) によれば「沿岸地点で得られた統計風速に対して海上の風速は少くとも 10%~20% 増加されねばならない」とあり, 又, 日本海難防止会の「海上気象の統計的調査研究報告書 (46年3月)」に依れば「沿岸の風の値より海上 (沖合) の風を推進する場合, 海面水温と海上気温の高低により変るが, 年間の平均では大体陸上風の 1.3~1.8 倍程度の風が沖合に於いて吹いて居るとみて差支えない。特に此の倍率は冬期に大きく (2.3) 夏期に少くなる」とあるが, 此の報告書の性格から沖合の航行船舶に対するものではないかと考えられ, 海洋工学ハンドブックの場合も海岸よりどの程度はなれた海上か不明である。

一方, 気象及び港湾関係の文献を調査した結果を下記に列記する。(何れも 10 分間平均風速についてである。)

(1) 沿岸風と気象官署の実測風との比較

$$\begin{aligned} \text{経ヶ岬} & V_K = 1.0 V_M (\text{舞鶴}) + 2.0 \\ \text{船倉島} & V_H = 0.9 V_M (\text{ }) + 2.2 \\ \text{香住} & V_K = 1.3 V_T (\text{豊岡}) + 6.4 (\text{北からの風}) \\ \text{ } & V_K = 0.8 V_K (\text{経ヶ岬}) \end{aligned}$$

(2) ブイ風速と沿岸気象官署の風速の比較

ブイの設置位置は陸岸より約 70 km 沖合である。(山陰海岸)

(1) 気象官署との比較 (陸上風 4 m 以上)

気象官署/ブイ	西郷	境	松江	米子	鳥取	豊岡	舞鶴	浜田
	0.57	0.48	0.35	0.55	0.51	0.41	0.58	0.67

(相関係数は何れも 0.5 以下)

(2) 灯台との比較

灯台/ブイ	経ヶ岬	越前岬	船倉島	日の御岬
	0.52	0.58	0.80	0.85

(相関係数 船倉島 0.51 日の御岬 0.58 他は 0.5 以下)

(3) 博多湾内の観測塔と 4.5 km 離れた市内气象台との比較 (季節風時)

比率は 0.5~1.0 に散乱し平均 1.39 であった。

(4) 相川測候所の同時観測

陸上 7 m/s のとき海上最大 15 m/s , 最小 10 m/s で平均として

海上風速 = $1.35 \times$ 陸上風速とした。

(5) 瀬戸内海の島と四国陸岸測候所との比較

(イ) 伊予灘 青島 (海上 1.4 km で他の島の影響少い) と塩屋との比較では, 陸上風 (塩屋) $\div 0.7 \times$ 海上風 (青島)

(ロ) 安芸灘 安居島 (海上 1.4 km 周囲に島が多い) と菊間との比較では陸上風の方が海上風より大きくなった。地形的原因があると考えられて居る。

上記の如き結果で観測場所の地形条件, 風向が大きく観測結果を大きく左右して居り必ずしも一致して居ない。

一方, 米国における湖より陸に向う風を観測した資料によれば比率は $79:100=1:1.3$ となって居るものもあり, 米国では海から陸への風の場合, 海面と 10 m にて沖合 $3\sim 5\text{ km}$, 海岸, 内陸での風速の比率は $1.0:0.9:0.7$ であり陸から海への場合, 海岸と沖合の比は $0.7:1.0$ と云う値を参考として居り, 日本に於ても岬の風速の $0.8\sim 0.9$ が内陸の風速と云われて居る様であるが, 国内に於ける巨大船が係船されると想定される海上 $2\sim 3\text{ km}$ に於ける観測結果がないので, 現在のところ推定する根拠がないのが実状である。

2.3.5 日本沿岸の波浪

(1) 一般的分布

運輸省港湾局坂本, 井島, 木村三氏の灯台及び測候所の 1951 年以來の目視観測及び全国 30 余の港湾, 漁港に於ける水圧式波高計, 波高棒又は浮標による 1956 年よりの連続観測の結果よりの日本沿岸の波の一般的分布の考察によれば灯台の目視観測では

(イ) 太平洋東岸では北上すると共に波高は大きくなる。

(ロ) 太平洋南岸では東から西にわたって波高はほとんど同一であると考えられるが, 西又は南西風の影響をうける太平洋岸の西端附近では波高は大きい。

(ハ) 九州西岸は西及び南西の風をうけるため年間平均して波高が高い。

(ニ) 日本海沿岸では北上すると共に波高は大きくなり夏期と冬期の波高の差は最も著しい。

(ホ) 太平洋北岸は冬期のみ波高の極大を示すが, 南下するとともに春及び秋に波高の極大を示し, 太平洋南岸では西に移ると共に再び冬の極大が現われ, 九州西岸は冬及び秋に極大がみられる。

(ヘ) 日本海岸は冬期のみ極大を示す。

(ト) 全国観測箇所の年間平均波高 1.17 m であり, 平均波高の高い順に平均波高の倍数で示すと

北海道西岸, 九州西岸 $1.2\sim 1.4$ 倍, 北海道東岸, 奥羽西岸, 紀伊半島及び四国南岸 $1.1\sim 1.2$ 倍, 東海道南岸, 山陰海岸 0.9 倍, 東北三陸海岸 $0.8\sim 0.9$ 倍

となっている。

一方, 港湾, 漁港の観測結果によると

(イ) 水深 $10\text{ m}\sim 15\text{ m}$ 程度の所に於ける有義波高は灯台での波浪階級に依る目測波高の $0.5\sim 0.8$ 倍ぐらいになって居る。

(ロ) 各海域の海岸附近の最高波高, 年間の平均波高及び周期は第 2.3.5 表の如くで最高波は東海道, 四国海岸, 奥羽北陸海岸, 九州西岸, 北海道西岸, 三陸関東東岸, 山陰及び北海道東岸の順で平均波高では奥羽北陸海岸が最も大きくついで三陸関東東岸, 東海道四国海岸と云う順である。

第2.3.1.1表

海 域	最高波高 (m)	平均波高 (m)	平均周期 (sec)
北 海 道 東 岸	4.5-5	0.74	6.7
北 陸 関 東 東 岸	5.5	0.81	9.5
東 海 道 四 国 南 岸	7.5-8	0.71	8.9
九 州 西 岸	6.5-7		
山 陰 海 岸	4.5-5		
奥 羽 北 陸 海 岸	7	1.07	7.8
北 海 道 西 岸	5-6	0.74	7.8

また井島博士は太平洋岸の小名浜港、名洗港、日本海岸の酒田港、新潟港に於ける水圧式波高計による観測結果より、太平洋岸に於いては夏から秋にかけて本州を襲ふ台風及び冬から春にかけて本州南岸に沿って東北進する低気圧、北日本海を東進する低気圧に依る旋風域に発生する波が支配的であり、一方、日本海岸に於ては冬期シベリヤ大陸で発生した低気圧の東進に伴う広大な旋風域のために生ずる広大な風域により生ずる風波が支配的であるとして、台風の分類による波浪の特性を含めて、太平洋岸及び日本海岸の波浪の特性を示して居るが、太平洋岸と日本海岸との相異の主要点は下記の通りである。

第2.3.1.2表

項 目		太 平 洋 岸	日 本 海 岸
地	形	複雑地形の特性大きい	単調地形差少い
風 域	対 岸	無限大に近い	約800km
	風 速	最大 40m/s~60m/s	最大 20m/s
	移 動 速 度	20km/H~80km/Hで変化が大きい	全域一様の影響うける
う	ね り	熱帯性低気圧長周期のうねりを伴う	なし
波 高 と 周 期 の 変 化		複雑、6種類に分けられている	単 調
エ ネ ル ギ ー ス ペ ク ト ラ ム の 変 化		複雑、単周期と長周期の共存	単周期と長周期の共存なし
波 高 と 周 期		台風 風波 4m~5m, 10sec~12sec うねり 3m~4m, 14sec~15sec 但し 33m, 19.8secあり18sec~20sec を 考 へ る 要 あり 冬春うねりなし 2m~3m, 6sec~10sec 静穏時でも 0.4m~0.5m, 9sec~10sec	春~秋 2m~3m, 7sec~8sec 冬(新潟) 3m~4m, 8sec~10sec 夏 静穏 6sec~8sec

(2) 高 波

前述の如く太平洋岸に於いては台風による波浪、日本海岸に於ては季節風低気圧による波浪が支配的であるが、運輸省港湾局坂本、井島、木村三氏は台風の経路を6種に分類し、高知、田子の浦、名洗、磯浜、小名浜及び石巻に於ける水圧式波浪計での観測結果を解析し、台風による波浪の特性、観測数値を示して居る。一方、気象庁に於いても日本海岸に於ける山陰北陸各地の測候所の観測結果に基づいて考察を行って居る。之等の結果の概要を太平洋岸と日本海岸の海域

別に灯台、港湾の2.0 m以上、4.0 m以上の通年（冬期）発生頻度表と共に示したのが第2.3.1.3(1)～(4)表である。此の表には比較のため前述の港湾局及び井島博士による一般分布の概要も併記してある。

(1) 太平洋岸

岬の目視観測によれば、三陸東海岸の綾里崎、金華山、塩屋崎、関東の観音崎、紀伊水道の友ヶ島、四国南岸の室戸岬、部崎、九州の細島を除いては2.0 m以上の波は通年10%より36%の頻度で生じて居るが、4.0 m以上については前に述べた如く、北海道東南岸の落石岬、襟裳岬、地球岬及び大島を除いては3%台から1%以下となって居る。

一方、港湾については十分な資料がないが、2.0 m以上の波は仙台で通年10.8%、細島7.1%、小名浜6.4%、石巻5.5%、鹿島4.4%、苫小牧4.3%で、最高で10%、概ね5%程度、遮蔽度によっては極めて僅かの様に見受けられる。4.0 m以上については、細島で通年1.1%となって居るが他は極めて少く恐らく1%以下と考えられる。

一方、最高波については、台風の影響の大きい南部海岸が高い波高を示して居る。台風の経路により波高及び周期が異なっているが、推定値及び実績値より各地の最大有義波高を見ると、北海道東南岸4.5 m～5.0 m、三陸東北海岸5.5 m、関東東岸7.7 m（名洗）、東海道南岸8.0 m（田子の浦）、四国南岸7.5 m（高知）、九州南岸7.5 m～8 mとなっており、台風により高い波が襲来する事を示して居る。しかし第2.3.1.3(2)表によれば太平洋南岸の8 m程度、東岸の5 m～6 mの波は数年に1回の程度に現われると考えられて居り、一般的には台風時、風波4 m～5 m、10 sec～12 sec、うねり3 m～4 m、14 sec～15 sec、冬～春2 m～3 m、6 sec～10 secが年間に起りうると考えてよさそうである。

(2) 日本海岸

岬の目視観測によれば、古志岐島、神崎、六連島、美保ヶ関、西郷岬、経ヶ岬、猿山岬及び弾崎では2.0 m以上の波の発生頻度は通年10%台であるが他は20%以上で、奥羽北陸海岸では冬期50%を超えるところもある。又4.0 m以上の波は奥羽北陸海岸及び舩倉島、九州西北海岸の女島、大瀬崎、沖島の他は30%以下であるが、奥羽海岸では10%以上の所もあり冬期には25%に達するところもある。

一方、港湾は資料が少ないので、不明の九州西北岸、山陰海岸を除くと秋田、新潟で2.0 m以上の波が通年夫々16.8%、21.7%（冬期夫々25%、45%）、4.0 m以上の波は秋田で通年2.6%（冬期11.4%）となって居る。

一方、最高波については、奥羽北陸海岸、ついで台風の影響の多い九州西北岸、最後に山陰海岸の順になって居るが、各海岸の推定値又は実績による最高波は奥羽北陸海岸9.44 m（秋田）、九州西北海岸6.5 m～7 m、山陰海岸7 m～8 mとなっており、奥羽北陸海岸の最高値は1914年～1972年の間に12例あった高波の内に最大値であり、数年に1回程度と考え良く通常は4 m～5 mが年間の最大有義波高と考えると良さそうである。

(3) 拠点波浪観測

昭和43年より運輸省による波浪に関する拠点観測が行われる様になり、連続的に波高及び周期が計測される様になった。観測箇所は酒田、金沢、八戸、鹿島、東京湾、潮岬、神戸、宇部、端島（長崎）、田子の浦、伊勢湾（四日市）苫小牧、留萌、紋別及び釧路の15ヶ所で計測箇所は直接外海に面した所では水深20 m附近、内海、湾などで短周期の波が卓越する所では水深10 m附近を標準として居り、水圧式、超短波式又はリレー式階段抵抗型波高計が採用されて居る。現在までに昭和47年末までの資料が発表されて居るが、観測地点の内通年の観測結果が得られて居るのは、釧路（昭和47年）、苫小牧（昭和45年）、八戸（昭和45～47年）、東京湾（昭和46年）、潮岬（昭和45年～47年）、宇部（昭和45～47年）、端島（昭和45年～47年）、留萌（昭和45年～47年）、酒田（昭和45年～47年）及び金沢（昭和45年～47年）の箇所であり、其の通年の観測結果を波高、周期別の発生頻度の千分率に依る表を第2.3.1.4(1)～(3)表に示す。波高は有義波高を示し、周期的それに対する有義周期を表わして居る。又表中の○で囲った数次の位置は其の月の最大波高及び最大周期に対応させてある。

観測計器が異なっているが、水圧式波高計で短周期の波を計測する場合、測定誤差として低周期部分に高い波高が表われる事があり、又低周期低波高の観測が不能なので固って出て来る傾向がある（酒田と金沢を比較すると判る）。又水圧波高計は超音波波高計に比べ全般的に0～2秒程度長めに測るが波高は殆んど差がなく、測定上問題ないと考えられて

第2.3.13(1)表 日本沿岸の波(太平洋岸(1))

海岸	項目 岬名	波高発生頻度 %			項目 港	波高発生頻度 %		過去最大波高 (m)
		2.0m以上 通年(冬)	4.0m以上 通年(冬)	4.0m以上の波 の発生月		2.0m以上 通年(冬)	4.0m以上 通年(冬)	
北海道 東南岸	ノカヅ岬	10.3 (13.4)	0.9 (0.7)	1, 2, 3, 4, 5, 9, 11月	釧路			
	落石岬	32.0 (39.0)	8.5 (12.7)	7.8以外	十勝	1.72 (1.74)	-	5.0 ^m (H ₀ 3.8 ^m T=9.9) 39.3, 10
	釧路崎	11.3 (15.0)	1.2 (1.0)	6, 7.8以外	三石			
	地球岬	23.5 (36.6)	4.9 (4.0)	8以外	苫小牧	4.32 (4.22)	-	
	裸裳岬	35.9 (53.0)	9.2 (16.6)	全月	室蘭	0 (0)		
	恵山岬	15.7 (17.2)	3.3 (4.6)	全月	山背泊			
	沙首岬	27.2 (32.3)	3.6 (5.3)	8以外				
三陸 東北海岸	大南崎	19.3 (32.7)	2.5 (5.3)	7.8以外	大湊	不明 1.5m以上 0.7 %		H ₀ =3.2 ^m T=17 29.9, 28 台風
	尻屋崎	20.6 (30.0)	0.9 (2.0)	6, 7.8以外	八戸			
	綾里崎	9.9 (11.9)	1.6 (1.3)	7.8以外	宮戸	0.1 (0)		H ₀ =4.28 ^m T=12.3 4+3, 13 台風坊主
	粟毛崎	13.9 (15.3)	1.2 (1.0)	7.8以外	大船渡			
	金華山	7.2 (10.0)	0.2 (0)	10, 9+	石巻	5.5 (2.7)	0 (0)	4.0 ^m 34.9, 26
	塩屋崎	6.5 (7.7)	0.4 (1.0)	2, 3, 12, 9+	仙台	10.8	-	H ₀ =2.8 ^m T=11.8 22, 8, 20 台風12号 H ₀ =4.5 ^m
関東 東海岸	野島崎	18.0 (21.6)	3.1 (4.3)	全月	小名浜	6.4 (1.1)	0.5 (0.4)	7.0 ^m 26, 10, 9 台風 24号
	観音崎	6.6 (8.7)	0.6 (0.7)	1, 2, 3, 8, 9, 10, 11	鹿島	4.4 (8.0)	-	2.3 ^m T=5
	剣崎	14.9 (15.3)	0.7 (0.7)	1, 4, 5, 6, 10以外	千葉	0.2 (0)		4.6 ^m 33.9, 1
	大島	23.8 (27.1)	5.9 (7.7)	全月	久里浜	0.1 (0.5)		
東海 道南岸	御前崎	13.4 (13.0)	2.7 (3.3)	全月	田子浦	1.7 (0.4)	0.1 (0)	8.0 ^m 9月
	神島	14.9 (24.3)	2.4 (4.3)	4, 7.8以外	衣浦			2.5 ^m 34.9, 26
	大玉崎	18.5 (24.0)	0.2 (0.7)	1, 3, 4, 5以外	尾鷲			H ₀ 4 ^m (推定) 34.7, 26
	控野崎	23.3 (20.0)	2.6 (2.3)	全月				
	朝岬	24.4 (25.3)	3.4 (4.6)	全月				
四国 南岸	日御崎	23.3 (30.3)	1.4 (7.3)	6, 7, 11以外	下津			
	友島	4.1 (4.0)	0.4 (0)	7.8, 9, 9+	橋			
	室知岬	6.3 (2.9)	0.7 (0.3)	3, 5, 6, 8, 9, 12	高知	0.5 (4.3)	0.2 (2.1)	8.8 ^m (H ₀ 7.3 ^m T 13.9, 2, 3, 6, 7, 10)
	足摺岬	17.6 (15.3)	2.1 (0.3)	1, 12以外	須崎			10.2 ^m (伊勢湾台風 27号 12月 19日)
	佐田岬	15.0 (23.0)	1.0 (0.7)	1, 11以外	宿毛			
	佐島	13.0 (20.7)	0.9 (1.3)	1, 3, 4, 5, 9, 10, 12	宇和島			5.1 ^m 34.4, 25
	奇崎	5.3 (4.4)	0.5 (2.7)	2, 3, 8, 9, 12				
	朝崎	17.2 (16.0)	3.0 (2.3)	6以外				
九州 南岸	瑞穂島	28.8 (42.3)	3.3 (6.3)	6以外				
	糸島	7.0 (6.3)	1.1 (0.3)	2, 3, 4, 6, 9, 10	別府			H ₀ 3.14 ^m T=0.4 24.4, 10
	都井岬	14.4 (14.0)	0.4 (0)	3, 5, 7, 8, 9	細島	2.1	1.1	
	佐多岬	21.4 (30.0)	3.1 (4.4)	全月	志布志	2.0		7.55 ^m T=11 46, 4, 21
	屋久島	19.3 (25.4)	1.1 (0.7)	2, 4, 6, 12以外	鹿児島	0.1	-	3 ^m 42, 10, 2+
備考	運輸省船舶局「日本沿岸の風速振度表並 波浪頻度表」刊				備考	重要港湾計画資料刊		

第 2.3.13 (2) 表 日本沿岸の波 (太平洋岸(2))

海岸	日本沿岸の波の一般分布	本州沿岸の波の特性	太平洋沿岸の台風による波の特性
北海道 東南岸	1. 12月を中心として波高極大が現れる 2. 山の実測値に依るは平均波高 1.1~1.2 ^m 3. 港湾の観測結果 最高波 4~5 ^m 4. 最大周期 11.8 ^{sec} ~ 19.9 ^{sec} 5. 平均波高 灯台 1.58 ^m 港湾 0.74 ^m 比 0.5 6. 平均周期 6.7 ^{sec} 7. 推定値 最大波高 4.5~5 ^m 平均波高 0.74 ^m 平均周期 6.7 ^{sec}	1. 観測箇所 小名浜、名洗、 (水石式波浪計) 2. 特徴 (1) 春→秋 台風による波 (2) 冬→春 本州南岸と東進する低気圧の波、北日本と東進する低気圧の旋風域に発生する波 3. 台風経路 6種に分類し、小名浜に於ける時系列波高、周期を示し、同時に台風以外の局地風域の場合も示してある。 要約 (イ) うねり、波高 2 ^m ~3 ^m 、周期 12 ^{sec} ~14 ^{sec} 代表的なものは波高 3 ^m 、周期 12 ^{sec} ~14 ^{sec} (ロ) 局地的風域による影響 波高 4 ^m ~5 ^m 、周期 10 ^{sec} ~12 ^{sec} (ハ) 実測の最高値 波高 4.4 ^m (8.1 ^{sec}) 周期 13.9 ^{sec} (2.8 ^m) (ニ) 時系列の各Caseの波高、周期 著しく異なる、スロートは波高に比例する。	1. 観測箇所 高知、田子の浦、名洗、 磯浜、石巻、(水石式波浪計) 1. 高知 最も局地性なく北海道の台風による波と比較的によくおし、名洗とよく近い。 10 田子の浦 南の道で台風に対し局地的な性質。 磯浜、小名浜、石巻は東海上に北進する台風の考察に便 2. 台風の波の支配的沿岸 (1) 東海道、四国、九州 (2) 南関東、三陸、に於ける。 3. 台風経路 6種に分類 4. 台風による波の特性 (1) 東海道、四国、九州 (イ) 台風によるうねりは一般に波高と周期がほとんど同時に相対して増減を示す。 (ロ) 台風の規模が沖程遠くまであつた場合には風の強さで、着いた瞬間は波高に接近するときは波高は台風の接近とともに次第に増加し、波高は周期と増加し、波高と周期の最高は略一致に起る傾向がある。 (ハ) 台風が比較的明瞭な軸向を示すとき、又は軸向不明から接近するときは波高の變化は(ロ)と異なり、接近時に最高を示すが、周期はうねりとして、風波として示す傾向がある。 (ニ) 台風が通過してから波高の減衰は接近の時の増幅に、着く早く約12-24時間では2m以下になる。 (2) 南関東、三陸 (イ) 本州南岸に接近する場合に減衰期が長い。風波も南岸の山にせよ。 (ロ) 台風によるうねりは地形に依るため、南岸の山にせよ。 (ハ) 本州東に進行する台風は規模は大きくなるが、中心の両側の波高は風波も弱い。 5. 台風による最高波高(有義)と周期 1 高知 35年-16年 2.5 ^m 13.8 ^{sec} 2 田子の浦 34-15 6.5 14.5 3 小名浜 33-22 8.0 17.5 4 磯浜 33-22 7.7 11.2 5 石巻 33-21 7.6 13.0 6 小名浜 35-24 4.6 16.6 7 小名浜 29-15 4.4 8.0 8 石巻 35-18 3.2 16.5 9 石巻 34-15 4.0 11.0 6. 上記の太平洋南岸の各港に台風接近時最高波高と周期、太平洋東岸に最高波高と周期が数年に一回の程度で現れるものがある。
三陸 東北海岸	1. 波高極大は冬期より3、4月又は8、9月に移る。南から吹くついで絶対値も下がる。 2. 山の実測値に依る平均波高 0.8~0.9 ^m 3. 港湾の観測結果 最高波高 5.5 ^m (但名洗 7.7 ^m) 4. 最大周期 15.8 ^{sec} ~ 21.1 ^{sec} 5. 平均波高 灯台 0.94 ^m 、港湾 0.81 ^m 比 0.86 6. 平均周期 9.5 ^{sec} 7. 推定値 最大波高 5.5 ^m 、平均波高 0.81 ^m 、平均周期 9.5 ^{sec}	4. 太平洋岸と日本海岸の差 〇太平洋岸 1. 地形、複雑地形の特性大きい。 2. 風域、対岸距離の、台風の風速 40%~60%、移動速度 20%~80%と変化が多い。 ハうねり、低気圧(軽帯性)は周期のうねりに伴う。 ニ、波高と周期の差は複雑、6種に分類される。 ホ、スロート、スロートの変化 複雑、単周期と長周期の共存 ハ、波高と周期 台風→風波 4~5 ^m 、周期 10~12 ^{sec} うねり 9.5 ^m 、周期 14~15 ^{sec} 但し、9.8 ^m 、19.8 ^{sec} の実測あり 20 ^{sec} を考へる者あり 冬と春はうねりもよく、周期 6 ^{sec} 、10 ^{sec} 、但し静穏時では 0.4~0.5 ^m 、周期 9 ^{sec} 、10 ^{sec} がある。	6. 上記の太平洋南岸の各港に台風接近時最高波高と周期、太平洋東岸に最高波高と周期が数年に一回の程度で現れるものがある。
南東 東海岸	1. 東海岸と同様であるが、本州南西端は西又は南西風の影響を受けることより波高が高くなる。 2. 山の実測値に依る平均波高 0.9 ^m 、四国では 1.1~1.2 ^m 、周期 9 ^{sec} 。 3. 港湾の最高波 田子の浦 8.0 ^m 、高知 7.5 ^m 、大分 7 ^m ~8.5 ^m 4. 最大周期 14.8 ^{sec} ~ 18.8 ^{sec} 5. 平均波高 灯台 1.04 ^m 、港湾 0.71 ^m (高知) 比 0.68 6. 平均周期 8.9 ^{sec} 7. 推定値 最大波高 7.5~8 ^m 、平均波高 0.71 ^m 、平均周期 8.9 ^{sec}	4. 太平洋岸と日本海岸の差 〇太平洋岸 1. 地形、複雑地形の特性大きい。 2. 風域、対岸距離の、台風の風速 40%~60%、移動速度 20%~80%と変化が多い。 ハうねり、低気圧(軽帯性)は周期のうねりに伴う。 ニ、波高と周期の差は複雑、6種に分類される。 ホ、スロート、スロートの変化 複雑、単周期と長周期の共存 ハ、波高と周期 台風→風波 4~5 ^m 、周期 10~12 ^{sec} うねり 9.5 ^m 、周期 14~15 ^{sec} 但し、9.8 ^m 、19.8 ^{sec} の実測あり 20 ^{sec} を考へる者あり 冬と春はうねりもよく、周期 6 ^{sec} 、10 ^{sec} 、但し静穏時では 0.4~0.5 ^m 、周期 9 ^{sec} 、10 ^{sec} がある。	6. 上記の太平洋南岸の各港に台風接近時最高波高と周期、太平洋東岸に最高波高と周期が数年に一回の程度で現れるものがある。
東海 道南岸	1. 東海岸と同様であるが、本州南西端は西又は南西風の影響を受けることより波高が高くなる。 2. 山の実測値に依る平均波高 0.9 ^m 、四国では 1.1~1.2 ^m 、周期 9 ^{sec} 。 3. 港湾の最高波 田子の浦 8.0 ^m 、高知 7.5 ^m 、大分 7 ^m ~8.5 ^m 4. 最大周期 14.8 ^{sec} ~ 18.8 ^{sec} 5. 平均波高 灯台 1.04 ^m 、港湾 0.71 ^m (高知) 比 0.68 6. 平均周期 8.9 ^{sec} 7. 推定値 最大波高 7.5~8 ^m 、平均波高 0.71 ^m 、平均周期 8.9 ^{sec}	4. 太平洋岸と日本海岸の差 〇太平洋岸 1. 地形、複雑地形の特性大きい。 2. 風域、対岸距離の、台風の風速 40%~60%、移動速度 20%~80%と変化が多い。 ハうねり、低気圧(軽帯性)は周期のうねりに伴う。 ニ、波高と周期の差は複雑、6種に分類される。 ホ、スロート、スロートの変化 複雑、単周期と長周期の共存 ハ、波高と周期 台風→風波 4~5 ^m 、周期 10~12 ^{sec} うねり 9.5 ^m 、周期 14~15 ^{sec} 但し、9.8 ^m 、19.8 ^{sec} の実測あり 20 ^{sec} を考へる者あり 冬と春はうねりもよく、周期 6 ^{sec} 、10 ^{sec} 、但し静穏時では 0.4~0.5 ^m 、周期 9 ^{sec} 、10 ^{sec} がある。	6. 上記の太平洋南岸の各港に台風接近時最高波高と周期、太平洋東岸に最高波高と周期が数年に一回の程度で現れるものがある。
四国 南岸	1. 西南西風の影響のあることより波高高く、冬に極大が出る 2. 山の実測値 平均波高 1.1~1.2 ^m 3. 4. 5. 6. 7 は上記と同じ	4. 太平洋岸と日本海岸の差 〇太平洋岸 1. 地形、複雑地形の特性大きい。 2. 風域、対岸距離の、台風の風速 40%~60%、移動速度 20%~80%と変化が多い。 ハうねり、低気圧(軽帯性)は周期のうねりに伴う。 ニ、波高と周期の差は複雑、6種に分類される。 ホ、スロート、スロートの変化 複雑、単周期と長周期の共存 ハ、波高と周期 台風→風波 4~5 ^m 、周期 10~12 ^{sec} うねり 9.5 ^m 、周期 14~15 ^{sec} 但し、9.8 ^m 、19.8 ^{sec} の実測あり 20 ^{sec} を考へる者あり 冬と春はうねりもよく、周期 6 ^{sec} 、10 ^{sec} 、但し静穏時では 0.4~0.5 ^m 、周期 9 ^{sec} 、10 ^{sec} がある。	6. 上記の太平洋南岸の各港に台風接近時最高波高と周期、太平洋東岸に最高波高と周期が数年に一回の程度で現れるものがある。
九州 東南岸	1. 西南西風の影響のあることより波高高く、冬に極大が出る 2. 山の実測値 平均波高 1.1~1.2 ^m 3. 4. 5. 6. 7 は上記と同じ	4. 太平洋岸と日本海岸の差 〇太平洋岸 1. 地形、複雑地形の特性大きい。 2. 風域、対岸距離の、台風の風速 40%~60%、移動速度 20%~80%と変化が多い。 ハうねり、低気圧(軽帯性)は周期のうねりに伴う。 ニ、波高と周期の差は複雑、6種に分類される。 ホ、スロート、スロートの変化 複雑、単周期と長周期の共存 ハ、波高と周期 台風→風波 4~5 ^m 、周期 10~12 ^{sec} うねり 9.5 ^m 、周期 14~15 ^{sec} 但し、9.8 ^m 、19.8 ^{sec} の実測あり 20 ^{sec} を考へる者あり 冬と春はうねりもよく、周期 6 ^{sec} 、10 ^{sec} 、但し静穏時では 0.4~0.5 ^m 、周期 9 ^{sec} 、10 ^{sec} がある。	6. 上記の太平洋南岸の各港に台風接近時最高波高と周期、太平洋東岸に最高波高と周期が数年に一回の程度で現れるものがある。
備考	増本、井島、不村著「日本沿岸の波の一般分布」(1984年海洋学講座)刊	増本、井島、不村著「本州沿岸の波の特性」(船舶)刊	増本、井島、不村著「太平洋沿岸の台風による波の特性」(1984年海洋学講座)刊

第 2.3.13 (3) 表 日本沿岸の波 (日本海岸(1))

海岸	項目 岬名	波高発生頻度 %			項目 港湾	波高発生頻度 %		過去最大波高 (m)
		2.0m以上 連年(冬)	4.0m以上 連年(冬)	4.0m以上の波 の発生月		2.0m以上 連年(冬)	4.0m以上 連年(冬)	
九州 西 北 海 岸	草垣島				端島			6.81m 9月
	釣掛崎	20.2(26.7)	2.0(2.7)	11以外	佐世保			6.0m 40.8.6
	女島	30.2(40.0)	6.1(8.0)	全月	伊万里			1.2m 23.9.10
	大瀬崎	25.5(40.1)	5.4(4.0)	7以外				
	古志岬	19.0(26.3)	1.4(2.7)	5.6以外				
	神崎	15.2(15.6)	1.6(1.0)	2,12以外				
	沖島	27.9(30.3)	7.1(8.3)	全月				
	六連島	11.6(18.3)	1.4(2.3)	5.6,7,11,12以外				
山 陰 海 岸	南島	27.3(36.0)	1.2(1.3)	3.6,7以外				
	鬼島	37.1(50.7)	2.7(5.0)	全月				
	日御崎	31.6(44.6)	2.2(4.0)	4,5以外				
	美保岬	18.6(27.7)	2.1(3.0)	5,8以外				
	西御岬	18.9(26.7)	2.0(3.0)	全月				
	経ヶ岬	17.6(34.6)	2.8(7.3)	4,5,7,8以外				
	旗ヶ岬	12.9(21.3)	1.0(1.3)	2,3,5,6,7以外				
	船名島	29.9(50.0)	6.2(13.0)	全月				
奥 羽 北 陸 海 岸	祿剛島	34.5(61.0)	10.9(25.7)	全月	伏木島	1.0(1.4)	0(0)	
	沢崎	33.7(56.0)	7.2(18.7)	6,7,8以外	新潟	21.7(45.0)	0.6(0.9)	4.75m 2月
	弾崎	19.8(42.7)	3.9(16.7)	6,7,8以外	秋田	16.8(25.2)	2.6(11.4)	5.9m 1月
	入道崎	32.8(50.3)	12.6(25.7)	全月	蛸川	2.2		
	龍飛崎	32.2(51.3)	5.7(10.3)	全月	酒田			
備考	運輸省所管船舶「日本沿岸の風浪頻度表」並びに「波高頻度表」を参照			備考	重要港湾調査資料より			

第23.13(4)表 日本沿岸の波(日本海岸(2))

海岸	日本沿岸の波の一般分布	本州沿岸の波の特性	日本海の風波 日本海の気節風と波
九州 西 北 岸	1. 西風の影響が強く、12月1月の最大但大 重島を除き7月8月にも最大が出る。平均の波 高が大きい。 2. 山崎の実測値は、平均波高1.2~1.4 3. 港湾の最高波 瑞島 6.3m 4. 最大周期 16.4sec 5. 平均波高、周期 資料なし 6. 推定値 最高波高 6.5~7.0m 平均波高 — 平均周期 —	1. 観測箇所 酒田新潟 (水天波浪計) 2. 特徴 冬期は、大陸から来た低気圧 の東進に伴い、広大な旋風域に よる風波 3. 実測値の最大 波高 3.3m, 周期 8.1sec (平均) 風速 12% _s , 継続時間 16 時間, 最大風速 18% _s) 4. 夏期 波高 2~3m, 周期 7~ 8sec, 2%以上の波の継続 時間... 数時間~24時間 5. 冬期 波高 3~4m, 周期 8sec~10sec.	
山 陰 海 岸	1. 日本海海岸は北上すると共に波高 大となる。冬と夏の差が大きく冬に種 大がある。 2. 山崎の実測値は、平均波高0.9m 周期 7~8sec 3. 港湾の最高波 3m。地形等因り 之を上回るであろう。 4. 最大周期 12.3sec 5. 平均波高、周期 資料なし 6. 推定値 最高波高 4.5~5.0m 平均波高 — 平均周期 —	6. 太平洋岸と日本海岸の差 日本海岸 1. 地形 単純、地形差 少ない 2. 風域 沿岸距離約800km 風速 20%。全域一杯の影 響を受ける。 ハラウリ 無し ニ、波高と周期の差は 単純 下、周期と波高の差は 単純 ハ、波高と周期 春~秋 波高 2~3m, 周期 7~8sec 冬(新潟) 波高 3~4m, 周期 8~10sec 夏 静穏、周期 6~7sec	1. 高波計測例 1. 金沢(1968.6~1970.12) 春最大5.0m、秋 6.0m。冬2%以上9%の波起り、 0.3回(1968.6~1970.12) 春最大8.0m、秋 11.0m。冬11.0mの観測あり。 八田(1967.10~1968.1) 冬最大2%の波 46.7%, 4%の波1%。最高5m ニ、境(1967.10~1968.1) 2%の波 11%, 4%の波0。最高2.5m ホ、過去の高波例(被害大なるもの)。 1914~1972年12回あり、何れも12月 波高山陰で7.0~8.0m。場所が別 9.0mに達した。(通常は沿岸距離 西250km、北面600km位で冬に未 発達した波で、最高波高が4m 5m位である。) ハ、波浪計等級4%警報6%以上と して居る。
奥 羽 北 陸 海 岸	1. 山陰海岸と同じ 2. 山崎の実測値は、平均波高1.1 1.2m, 周期 7~8sec 3. 港湾の最高波 酒田 6.3m 4. 最大周期 15sec 5. 平均波高 灯台 1.27m, 港湾 1.07m 比 0.84 平均周期 7.8sec 6. 推定値 最高波高 7.0m 平均波高 1.07m 平均周期 7.8sec	春~秋 波高 2~3m, 周期 7~8sec 冬(新潟) 波高 3~4m, 周期 8~10sec 夏 静穏、周期 6~7sec	1. 高波計測例 1. 秋田(1968.1~1970.12) 春波高引(低気 圧の影響) 9.44m, 10.5m (1971.1~1971.12) 1966.12~1968.12の間 2%の波起り 15.1%, 4% 2.2%, 5% 0.7% 日、酒田(1968.1~1970.12) 冬5%以上4% 4.31% 12.9% (1971.1~1971.12) ハ、新潟(津) (1967.12~1968.12) 2%の波 15.2%, 4% 2.2%, 5% 2% 冬 6.19m, 10.6m (1968.12) ニ、新潟(西) (1967.10~1968.1) 春5.0m 秋冬7%の波あり。 ホ、直江津(1968.1~1970.12) 冬3%以上2% 3%。秋冬6%7%の波あり。 ト、新潟(1968.1~1970.12) 能登半島、新 潟、静穏 ト、富山湾(1968.1~1970.12) 1921~1922年 1941~1960年 1961~1966年 周期 9sec~11sec
備考	坂本、井島、不村著「日本沿岸の波の一般分 布」(中回海峯学叢書) 刊	井島著「本州沿岸の波の特性」(船舶) 刊	日本海の季節風と波、日本海 の環風と高波(一) 刊

第 2.3.1.4 (1)表 拠点波浪観測資料 (其の一)

釧路港波高別周期別頻度表 (昭和 47 年)
超音波式波高計

水深 1.20 m 開放度 106°

H (m)	T (sec)	超過率																				合計
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
CALM	254																					
0.3-0.69		15.6	49.2	77.2	72.1	71.1	65.4	22.8	10.4	4.2	1.0											
0.7-1.0		3.2	3.1	2.1	1.5	3.2	2.0	1.5	2.1	3.1	0.5											
1.0-1.3		11.5	38.4	24.3	17.1	13.5	14.0	7.9	5.2	1.6												
1.3-1.59		7.2	4.6	12.5	15.0	9.9	12.5	13.3	4.2	1.0												
1.6-1.89		1.6	0.7	9.9	7.3	10.4	4.2	4.2	2.6													
1.9-2.19		2.1	2.8	7.3	1.6	2.1	1.6	4.7	3.6	2.6	0.5	0.5										
2.2-2.49			0.5	3.1	3.1	0.5	2.1	3.1	1.6	1.0	0.5											
2.5-2.79				0.5	1.0		0.5	1.0	2.6													
2.8-3.09				1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5											
3.1-3.39				0.5	2.6	0.5	1.0		0.5													
3.4-3.69				0.5	0.5	0.5	1.6		0.5													
3.7-3.99						0.5		0.5														
4.0-4.29						0.5	0.5															
4.3-4.59										0.5												
4.6-5.09											0.5											
5.1-5.59								0.5														
5.6-6.09																						
6.1-6.59																						
6.6-																						
合計	254	22.8	111.1	159.2	171.5	179.8	152.6	75.2	46.7	16.0	2.1	4.2	2.6								1000	
超過率	1000	94.7	93.9	82.2	64.6	42.2	30.5	17.0	9.7	5.0	2.9	1.7	0.9	0.5							0.0	

苫小牧港波高別周期別頻度表 (昭和 45 年)

リレー式階段抵抗型波高計
水深 1.30 m 開放度 54°

H (m)	T (sec)	超過率																				合計
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
CALM	58.7																					
0.3-0.69		2.2	2.3	1.1	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
0.7-1.0		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
1.0-1.3		2.7	3.7	1.5	0.8	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
1.3-1.59		2.7	2.2	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
1.6-1.89		5.7	2.2	3.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
1.9-2.19		3.2	3.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
2.2-2.49		1.2	3.5	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
2.5-2.79		1.5	2.2	1.7	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
2.8-3.09		3.2	1.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
3.1-3.39				3.7																		
3.4-3.69				3.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
3.7-3.99					0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
4.0-4.29					1.2	1.5	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
4.3-4.59																						
4.6-5.09																						
5.1-5.59																						
5.6-6.09																						
6.1-6.59																						
6.6-																						
合計	58.7	1.7	3.2	2.7	3.7	1.5	0.8	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1000	
超過率	1000	94.7	93.9	82.2	64.6	42.2	30.5	17.0	9.7	5.0	2.9	1.7	0.9	0.5							0.0	

第2.3.1.4(2)表 拠点波浪観測資料(其の二)

八戸港波高別周群別頻度表(昭和46~47年)

水圧式波高計

水深16.66m 開放度92°

Table with columns for wave height H (m) and period T (sec) ranges, and rows for wave height bins from 0.00 to 10.00. Includes a total row and an exceedance rate row.

酒田港波高別周群別頻度表(昭和45~47年)

水圧式波高計

水深13.85m 開放度116°

Table with columns for wave height H (m) and period T (sec) ranges, and rows for wave height bins from 0.00 to 10.00. Includes a total row and an exceedance rate row.

第 2.3.1.4 (3) 表 観点波浪観測資料 (其の三)

金沢港波高別周期別頻度表 (昭和 45~47 年)
超音波式波高計

水深 20.20m 開放度 100°

T (sec) H (m)	観測年																				合計
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
0.00-0.25	2.7	3.3	2.5	2.4	0.3	0.3															
0.25-0.50	3.6	43.2	58.3	40.3	6.4	0.1															
0.50-0.75	1.5	2.1	2.9	2.6	2.2	0.4															
0.75-1.00	1.4	3.1	4.8	3.8	2.2	0.9	0.5														
1.00-1.25	2.3	13.2	26.3	36.3	14.4	2.1	0.1	0.1													
1.25-1.50	0.1	4.5	2.1	2.8	20.4	3.1															
1.50-1.75	0.5	14.1	21.6	20.9	7.9	0.7															
1.75-2.00	0.4	6.5	14.3	20.9	7.9	0.5															
2.00-2.50	4.1	26.2	22.7	27.1	3.3	0.1															
2.50-3.00	0.4	7.1	21.6	15.2	4.3	0.7	0.4														
3.00-3.50	0.1	1.2	10.2	12.4	3.6	1.2	0.3														
3.50-4.00	2.2	8.8	5.8	1.7	0.4																
4.00-4.50	0.1	0.7	3.5	2.5	2.7	1.4	0.8														
4.50-5.00	1.4	2.2	3.4	1.4	0.7	0.7	0.1														
5.00-5.50	0.1	0.5	1.2	1.4	1.4	0.4	0.1														
5.50-6.00	0.4	1.0	1.7	0.3	0.1																
6.00-6.50	0.4	0.4	0.4	0.1	0.1																
6.50-7.00	0.5	0.3	0.3	0.3																	
7.00-7.50	0.1	0.1	0.3	0.1																	
7.50-8.00	0.1																				
8.00-8.50																					
8.50-9.00																					
9.00-9.50																					
9.50-10.00																					
10.00-																					
合計	157	745	1131	1276	1128	1055	920	330	139	59	2.0	0.9	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	1.0
超過率	1000	950	800	700	600	500	400	300	200	100	50	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01

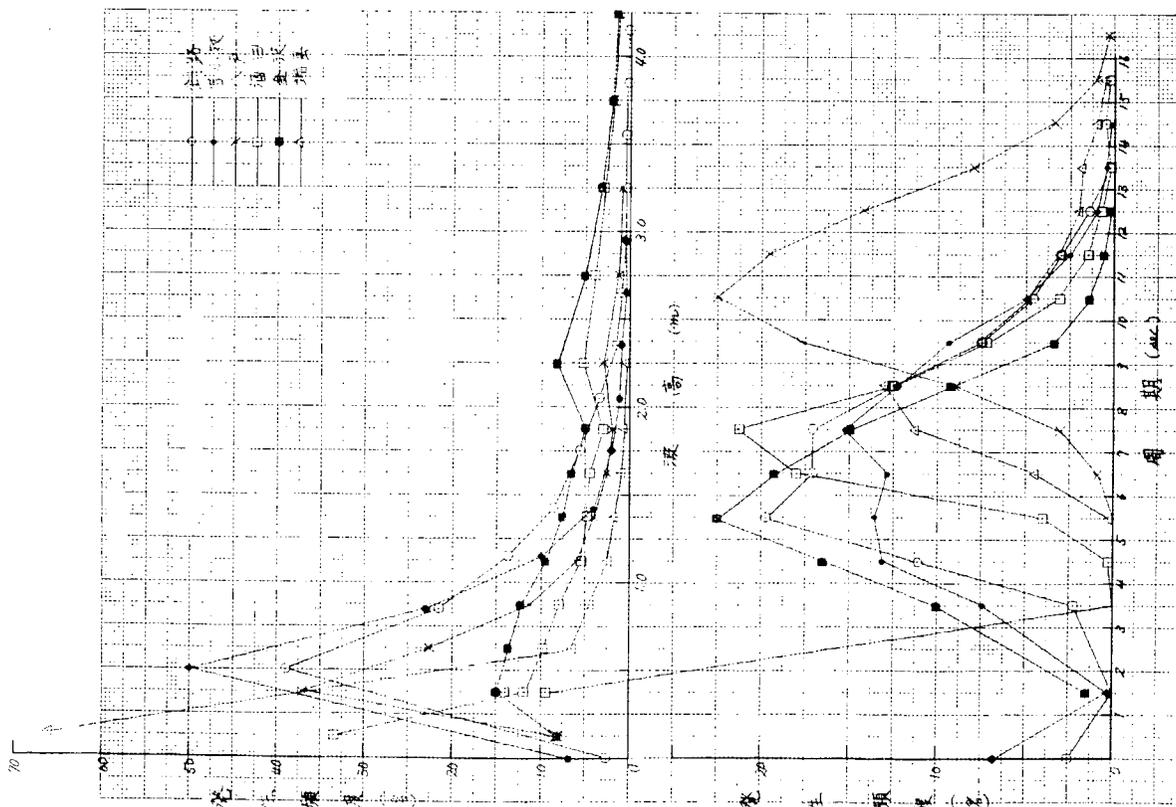
端島波高別周期別頻度表 (昭和 45~47 年)

水圧式波高計
水深 18.0m 開放度 88°

T (sec) H (m)	観測年																				合計
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
0.00-0.25	1.7	2.7	2.5	1.7	1.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.25-0.50	0.2	3.1	4.2	4.7	1.7	1.1	5.4	3.1	2.6	1.7	0.7	0.3	0.1								
0.50-0.75	0.8	3.1	3.1	5.1	4.7	2.0	1.6	1.4	1.6	0.4	0.3	0.1									
0.75-1.00	1.2	3.1	3.1	7.1	3.7	1.6	1.2	0.6	0.6	0.9											
1.00-1.25	3.4	4.3	4.3	7.1	2.5	0.7	3.8	0.5	0.6	0.3	0.1										
1.25-1.50	3.3	3.2	4.3	4.0	1.2	1.2	3.7	0.4	0.5	0.2											
1.50-1.75	2.1	1.1	2.5	3.6	1.6	1.0	0.5	0.3	0.6	0.3											
1.75-2.00	3.1	0.5	2.6	2.7	0.9	0.4	0.3	0.4	0.3	0.1											
2.00-2.50	0.5	1.7	2.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.1											
2.50-3.00	3.1	1.0	1.2	0.5	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	0.1											
3.00-3.50	0.1	0.2	0.4	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1												
3.50-4.00	0.1	0.1	0.4	0.1	0.3	0.4	0.2														
4.00-4.50			0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3												
4.50-5.00	0.1			0.1	0.2	0.1	0.3	0.2													
5.00-5.50				0.1	0.2	0.3															
5.50-6.00				0.1	0.2	0.3															
6.00-6.50				0.1	0.1	0.1	0.1														
6.50-7.00				0.1																	
7.00-7.50																					
7.50-8.00																					
8.00-8.50																					
8.50-9.00																					
9.00-9.50																					
9.50-10.00																					
10.00-																					
合計	1.7	1.1	1.1	2.2	2.2	1.0	2.3	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
超過率	1000	950	800	700	600	500	400	300	200	100	50	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01

第2.3.15表 拠点波浪観測結果

地名	釧路	苫小牧	八戸	酒田	金沢	端島
観測期間	88和47年	88和45年	88和43-47年	88和43-47年	85和45-47年	88和45-47年
観測方式	超音波式	U-式階梯塔型	水压式	水压式	超音波式	水压式
水深	12.0m	13.0m	16.66m	13.85m	20.20m	18.0m
南方位	106°	54°	92°	116°	100°	88°
1%以上の波高 周期と発生率	0.3~1.89, 3~11 78.7% 5mm-8mm-6mm-4mm	0~1.29, 8~12 77.5%	0~1.25, 8~15 77.4%	0.25~1.75, 5~9 36.0% 2.00~3.00, 7~10 (+29.8%) 72%	0~3.50, 0~9 84.5%	1~1.5, 6~13 32% (+49.9%)
0.5%以上の波 高と継続率	0.3~2.19, 3~12 86.8%	0~1.89, 3~12 84.8%	0~1.75, 9~15 85.9%	0~3.50, 5~10 (+29.8%) 55.9%	0~4.50, 0~10 92.8%	0~1.25, 6~13 (+49.9%) 36.9%
波高1.0m以上の 発生率	69.3%	0.99 79.8%	79.2%	63.4%	49.8%	41.9%
2.0m	18.9%	1.89 76.1%	43.7%	81.4%	72.9%	48.2%
3.0m	3.09%	3.09 44.3%	42.9%	91.5%	91.2%	49.3%
4.0m	-	3.99 49.8%	44.4%	96.3%	46.2%	49.7%
5.0m以上の 発生率	0.5%	0.2	0.6	3.7	3.8	0.3
週期	4~9 72.7%	4~10 62.1%	9~13 74.2%	6~9 52.0%	4~8 75.6%	7~10 31.7%
	3~11 42.2%	3~11 88.7%	8~14 40.8%	5~11 66.3%	3~9 42.8%	6~11 41.2%
	11~16 5.3%	11~17 4.2%	15~16 1.65%	12~14 2.4%		6~15 42.9%
最大波高と周期 最長周期と波高	5.59m, 10m 4.29m, 16m	5.59m, 10m 0.69m, 17m	5.50m, 17m 1.50m, 20m	9.00m, 13m 2.50m, 20m	8.00m, 10m 5.50m, 19m	7.50m, 11m 0.50m, 20m
特記事項	1.波高0.3~1.29m-集中 2.0.3以上の波高0.6m- 0.5m-1.0m-1.5m- 3.		1.波高1.25m-1.5m- 2.0.3以上の波高0.6m- 3.	1.1%以上の波高周期は2 7.00~9.00m-集中 2.2.00~3.00m-1.0m- 3.0.5m-1.0m-1.5m- 4.0.5m-1.0m-1.5m- 5.0.5m-1.0m-1.5m- 6.0.5m-1.0m-1.5m- 7.0.5m-1.0m-1.5m- 8.0.5m-1.0m-1.5m- 9.0.5m-1.0m-1.5m- 10.0.5m-1.0m-1.5m-	1.1%以上の波高周期は 3.50~5.00m-集中 2.2.00~3.00m-1.0m- 3.0.5m-1.0m-1.5m- 4.0.5m-1.0m-1.5m- 5.0.5m-1.0m-1.5m- 6.0.5m-1.0m-1.5m- 7.0.5m-1.0m-1.5m- 8.0.5m-1.0m-1.5m- 9.0.5m-1.0m-1.5m- 10.0.5m-1.0m-1.5m-	1.0~2.5, 0.3~4.9 0.観測2m-3m- 2.0.5m-1.0m-1.5m- 3.波高2.5m-3.0m- 4.0~0.25, 0~0.5 5.0.49%発生率



第2.3.8図 拠点観測 波高および周期頻度図

第2.3.16表 異常波高の例

番号	日時	気象状況	最大波高時			最大	
			波高(m)	周期(m)	風速(m/s)	風速(m/s)	周期(m)

釧路

a.	47.10.22-24	低気圧(沿海州-不泊以海)	3.40	8.0	14.5	14.5	11.0
b	47.11.21-23	" 988 mb	4.20	12.4	8.0	16.5	12.4
c	47.11.30-12.2	" 994 "	3.10	9.8	6.5	10.2	13.0

苫小牧

a	47.2.13-15	低気圧, 千島南部 982 ^{mb}	4.70	13.8	2.5	19.2	13.8
b	47.2.27-29	" 津軽海峡 978 ^{mb}	6.10	15.5	0.3	15.5	15.5
c	47.9.16-18	台風20号	4.20	10.0	11.0	14.8	11.0
d	47.10.21-23	高気圧の移動	4.30	8.3	7.5	14.0	10.3

八戸

a	47.1.13-14	低気圧 956 ^{mb} , 三陸沖 1500 ^{km}	5.10	16.3	7.4	15.6	16.3
b	47.1.25-26	低気圧 八戸近海	4.80	10.3	14.8	14.8	12.0
c	47.2.1-2	" 1000 ^{mb} 能登半島近海	3.10	9.0	7.0	10.3	13.0
d	47.2.27-29	低気圧, 青森 988 ^{mb} , 千島南部 1027 ^{mb}	5.10	13.1	8.8	9.9	14.2
e	47.3.31-4.1	高気圧の各	4.70	10.2	7.0	9.6	11.0

三浦田

a	47.2.2-4	低気圧 1004 ^{mb} , 高気圧 1038 ^{mb}	3.40	9.0	5.5	5.5	9.2
b	47.2.14-16	気圧の各	2.10	11.3	13.7	17.0	11.7
c	47.2.19-22	低気圧 976 ^{mb}	6.20	11.7	11.3	13.2	12.8
d	47.2.27-29	" => 978 ^{mb} , 974 ^{mb}	6.90	12.4	14.8	14.9	12.5
e	47.3.31-4.2	低気圧	2.10	12.1	13.2	18.1	12.2
f	47.9.17-18	台風20号	5.40	9.6	12.6	19.5	12.7

金沢

a	47.1.21-23	低気圧, 日本海中部 1006 ^{mb}	5.80	10.0	15.5	22.0	11.8
b	47.1.30-31	" 1000 ^{mb}	3.20	7.2	9.0	16.4	8.7
c	47.2.19-22	" 972 ^{mb}	4.83	12.1	9.3	12.5	12.1
d	47.2.27-31	" => 978 ^{mb} , 974 ^{mb}	5.20	10.3	10.3	18.5	14.0

端島

a	47.1.31-2.1	低気圧, 黄海 1000 ^{mb} , 温暖前線九州西	2.90	8.7	13.0	18.6	9.0
b	47.3.20-21	低気圧 秋田沖 986 ^{mb}	2.70	8.8	8.1	18.0	9.0
c	47.3.30-4.1	低気圧 999 ^{mb}	3.50	7.7	11.0	24.0	10.9
d	47.7.24-26	台風7号	5.80	10.5	17.0	20.0	13.7
e	47.8.16-19	台風14号	5.00	12.7	8.0	11.0	15.2

居る。

又計測期間が最大3年で短かいので、各年毎に考えると台風の来襲の頻度等の違いによりバラッキが出てくるのは止むを得ないと思われる。

表中には観測地点の外洋への開放度を記載してあるが、完全な外洋に位置して居ないので観測値には水深、屈折による影響が考えられ、水深40mの外洋と比較した場合、10%程度の減少と考えられる。周期については殆んど変らないと考えてよく、又砕波の影響も殆んどないと考えて良い。

前売8ヶ所の内、東京湾及び宇部は内海であり、北海道西岸の留萌も本調査の対象地域より外れ、又潮岬は計測地点が必ずしも太平洋の外洋波に対して代表出来るとは云えないので除外し、北海東南岸として釧路、苫小牧、太平洋岸として八戸、日本海岸として酒田、金沢及び九州西岸として端島を代表させる事とする。

各地の観測結果の要約を第2.3.15表、波高と周期の発生頻度を第2.3.8図に示す。

前述した如く、水圧式、超音波式、リレー式階段抵抗型と三種の夫々の特性が結果に現われて居るが、

- (イ) 1%以上の波高、周期の発生率(□内の部分)は全体の73%~84.5%であるが、日本海岸の酒田、秋田は3.00m, 3.50mと高波高が現われて居るが、他は1.89m以下である。
- (ロ) 0.5%以上の波高、周期の発生頻度(□□内の部分)は全体の84.8%~92%であるが、酒田、秋田は3.50m, 4.50mの高波高が現われて居るが他は2.19m以下である。
- (ハ) 低波高の長周期波が八戸、酒田、端島に現われて居る。
- (ニ) 各地の最高波高は釧路、苫小牧5.59m、八戸5.50m、酒田9.00m、金沢8.00m、端島7.50mである。
- (ホ) 酒田、金沢の波高頻度曲線は山が2つあり、二つ目の山は2.00m~2.50mの間に現われて居り、之は他の海岸の全く異って居り、冬期の波浪状態を物語って居るものと思われる。
- (ヘ) 酒田と金沢の周期頻度曲線は、超音波式と水圧式の差を考えると殆んど重なりと考えると良い。
- (ト) 平均周期は北海道東南岸、日本海岸、九州西岸、太平洋岸の順で長くなり、太平洋岸が極立って長い。
- (チ) 2m迄の波高発生頻度は、秋田、酒田の78%~81%で他は凡て92%以上である。又4m迄については秋田、酒田で96%他は99%台である。

一方、拠点観測値の内、波高の大きい日時の気象データを収集し、時間の経過による波高、周期、気圧、風向、風速、潮位の推移を示した資料より昭和47年に於ける例を第2.3.16表に示す。3乃至6の各地の例を示してあるが、之によると低気圧台風によるものであるが、北海道東南岸では波高3.10m~6.10m、太平洋岸では3.10m~5.10m、日本海岸では3.20m~7.10m、九州西岸では2.70m~5.80mが記録されて居るが、夫々の気象条件に於ける時間の経過による、波高、周期、風速及び風向の夫々の推移及び相関はそれぞれ異って居り、必ずしも最大風速時に最大波高が出る事はなく位相がずれて居るのが一般的である。

2.3.6 日本沿岸の潮流

(1) 潮流の一般的性質

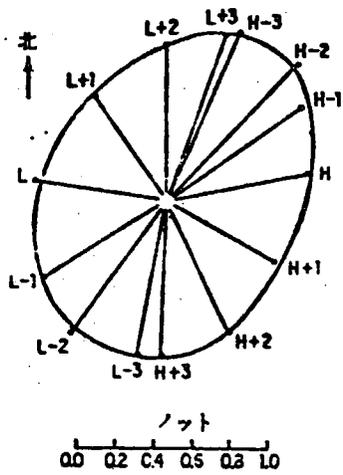
沿岸水域での長期にわたる潮流観測記録を解析した結果、潮流は時計方向又は反時計方向に回転する方向変化と、周期的な速度変化から構成されていることが知られている。

半日周期の潮流の場合、1時間毎の潮流の方向と速度をベクトル表示すると第2.3.9図の如き楕円型の流配図となる。

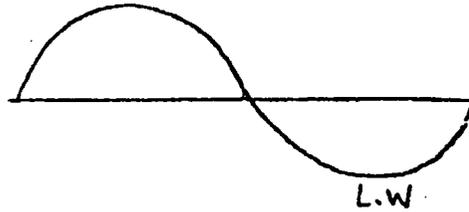
楕円の長軸は流速最大方向であり、HIGH WATERとLOW WATERの中間の時点、即ち潮位が平均水面となるときに流速は最大となることを示す。

短軸は流速最少方向でHIGH WATERとLOW WATERの時点に流速は最小となり、SLACK WATERの状態(憩流)となることを示している。流向は時計まわりに変化する。

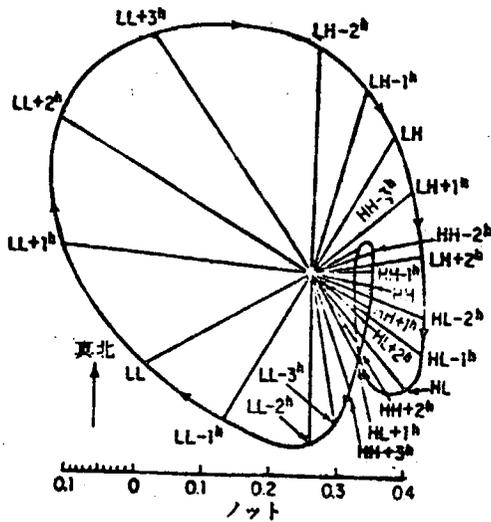
半日周期の場合は長軸と短軸はほぼ直角に交わる。



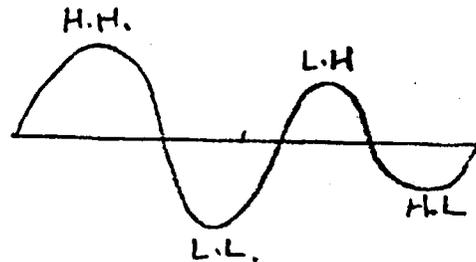
L: LOW WATER. L+1: L.W.の1段
 H: HIGH WATER H-1: H.W.の1段



第 2.3.9 図



LL: LOWER LOW WATER
 HL: HIGHER
 LH: LOWER HIGH WATER
 HH: HIGHER



第 2.3.10 図

1日周期の潮流について同様の流配図を描くと第 2.3.10 図のような非対称で複雑な曲線となる。

いずれの場合でも、潮位が極大となったときに流速は最も小さく (SLACK WATER) 平均水面のときに流速は最も大きい。

最大流速方向と最小流速方向は、半日周期の場合はほぼ直交するが、1日周期の場合は 90° 以上の角度となることがある。

しかし、最大流速方向は、いずれの潮汐の場合であっても一般に陸岸に並行しているので BERTH を最大流速方向に大略一致させて建設することができる。

(2) 日本沿岸の潮流

運輸省港湾局発行の「気象海象条件図」は、日本各地の潮流の流向流速を矢印と kt で表示している。この資料によって、日本沿岸の巨大タンカーが入域できる水深と広さをもつ水域の潮流の一般的な傾向を検討する。

(1) 一般的傾向

- 潮流は狭い海峡、多数の島でかこまれた水道岬の突端など流速は大きい。

流速によって分類すると下記の通りである。

2.5 kt 以上：銚子沖、紀伊水道、崎戸島沖、平戸島沖、宍岐沖、関門海峡、来島海峡

2～2.5 kt：津軽海峡、佐多岬沖

1.5～2 #：浦賀水道、御前崎沖、伊良湖水道、瀬戸内海の狭い水域

1～1.5 #：伊勢湾中央、大阪湾西側、尻屋崎沖、秋田沖、塩屋岬沖、館山沖

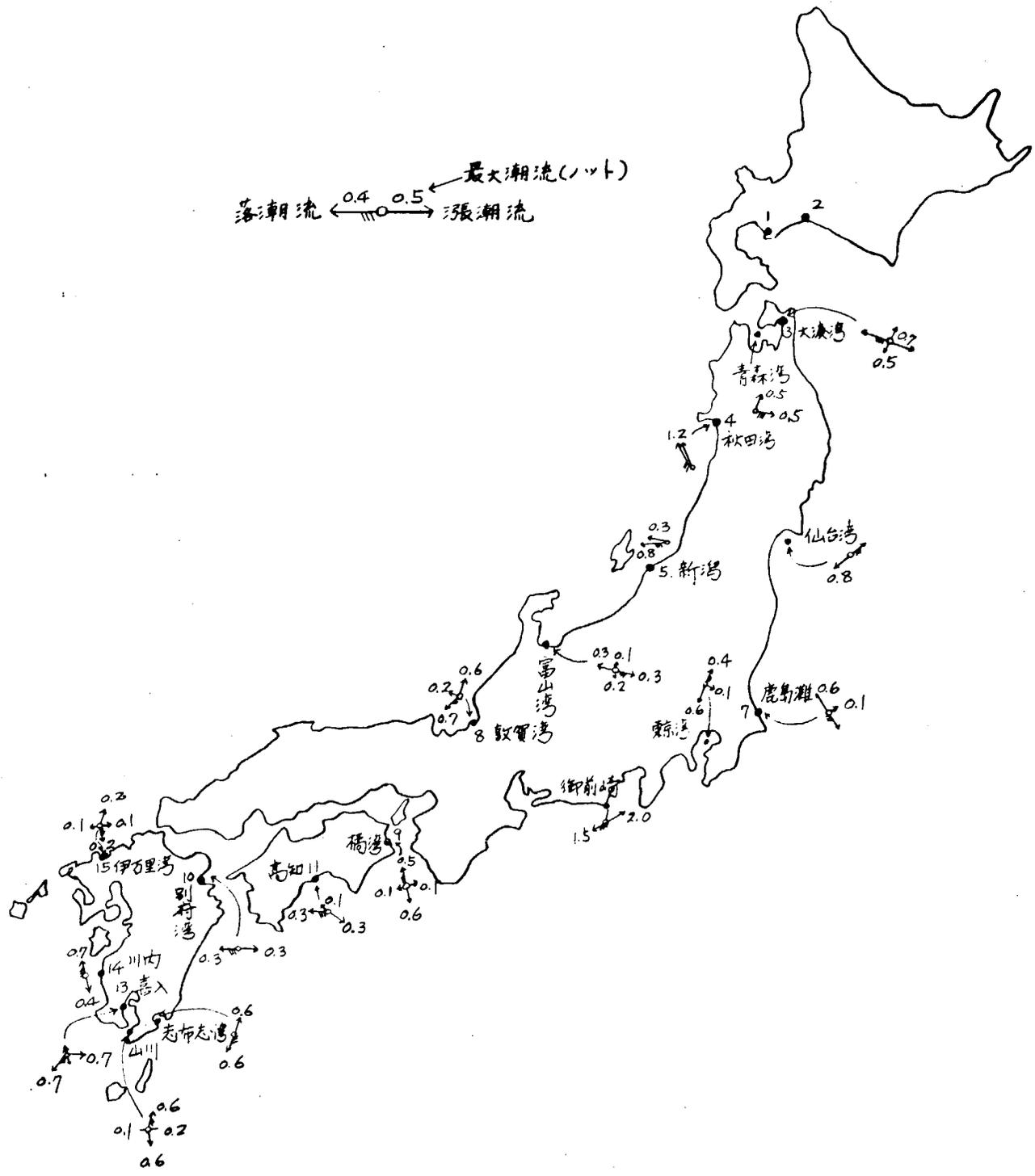
- 潮流の流向は、上げ潮（FLOOD TIDE）、下げ潮（EBB TIDE）それぞれの最大流速方向がほぼ反対方向である。最大流速方向に直角な潮流の流速は最大流速の30%～40%の程度である。
 - 岬の先端から湾奥までの水深10～50mの水域の流速は1～1.5 ktで流向は海岸線と並行している。
 - 湾内では水深の浅い海岸線寄りでは流速は大きく、水深の深い湾中央で流速は小さい。
- (ロ) 日本沿岸各地の潮流

巨大タンカーが入域可能な水深と広さをもつ地点を15ヶ所選び、その流速と流向を第2.3.17表及び第2.3.11図に示した。

但し、宿毛湾、五島列島などは資料入手できず記載していない。

第2.3.17表 日本沿岸各地の潮流

項目 地名（港名）	潮流の流速	潮流の流向	備考
1. 内浦湾 （室蘭）	0.7 kt	NNW	外防波堤南方附近
2. 苫小牧	1.0 kt	W↔E	
3. 陸奥湾 （大湊）	0.7 kt	W↔E	
4. 秋田湾 （秋田船川）	1.2 kt	N↔S	
5. 新潟沖	0.9 kt	E	海岸より1 km沖
6. 富山湾 （伏木富山）	0.3 kt	NW↔SE	
7. 鹿島沖	0.6 kt	N↔S	
8. 若狭湾 （敦賀）	0.5 kt	E	湾中央
9. 紀伊水道 （橘湾）	0.5 kt		湾口附近
10. 別府湾	0.5 kt	S	湾中央
11. 土佐湾 （須崎）	0.4 kt	SSE	湾口附近
12. 志布志湾	0.5 kt	N	海岸より1 km沖
13. 鹿児島湾 （喜入）	0.5 kt	S	3号棧橋附近
14. 八代海 （川内）	0.7 kt	N↔S	河口附近
15. 伊万里湾	0.3 kt	SE	湾口附近



第 2.3.11 図 日本沿岸の潮流条件図

(3) 考察

巨大タンカーの BERTHは岬の突端や海峡に建設されるものではなく、水深40mあまりの外洋に開いた広い湾内に建設されると考えるのが妥当であろう。このような見地から日本沿岸の潮流を検討した結果、流速1~1.5 ktで流向はほぼ一定しており、BERTHは流れに並行して建設することが可能と云える。

ところが、「潮流の一般的性質」で述べた如く、最大流速方向と最小流速方向は季節によっては直角に交わらず、BERTHに直角に流れこむ潮流が最大流速と最小流速の中間程度の流速をもつことがある。

そのため、BERTHに直角な流速、即ち船体正横方向からの流速を最大流速の30~40%とすることは危険であり、60%程度とする必要があると考えられる。

1.5 ktの60%≒1 ktを船体正横方向からの流速の最大値として採るのが妥当であろう。

2.3.7 ペルシャ湾沿岸の気象・海象

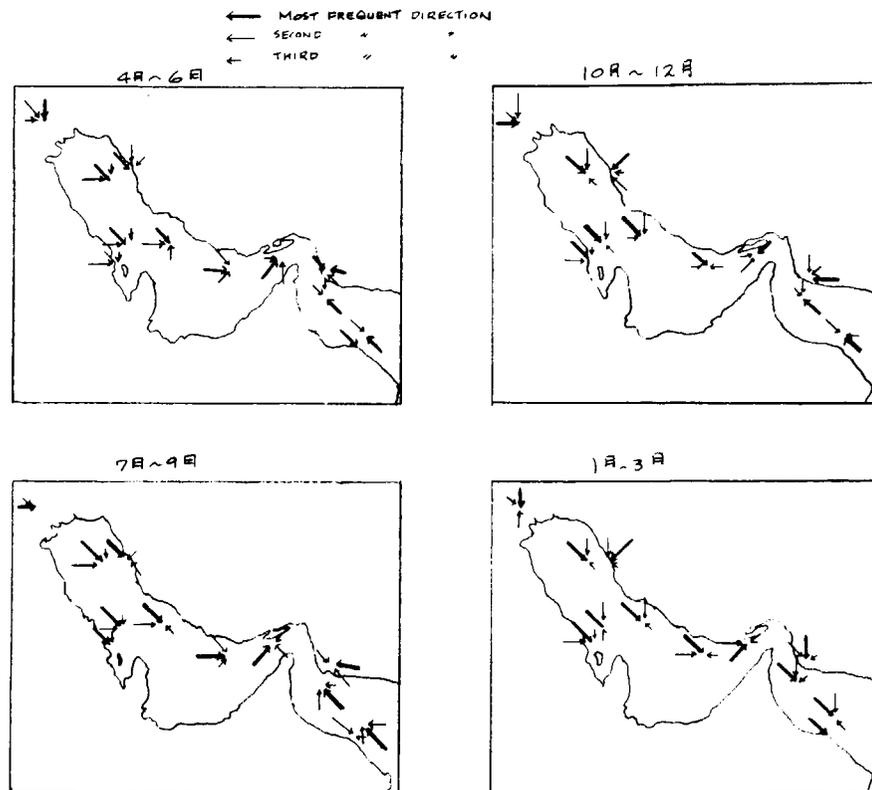
(1) 風

(イ) 概況

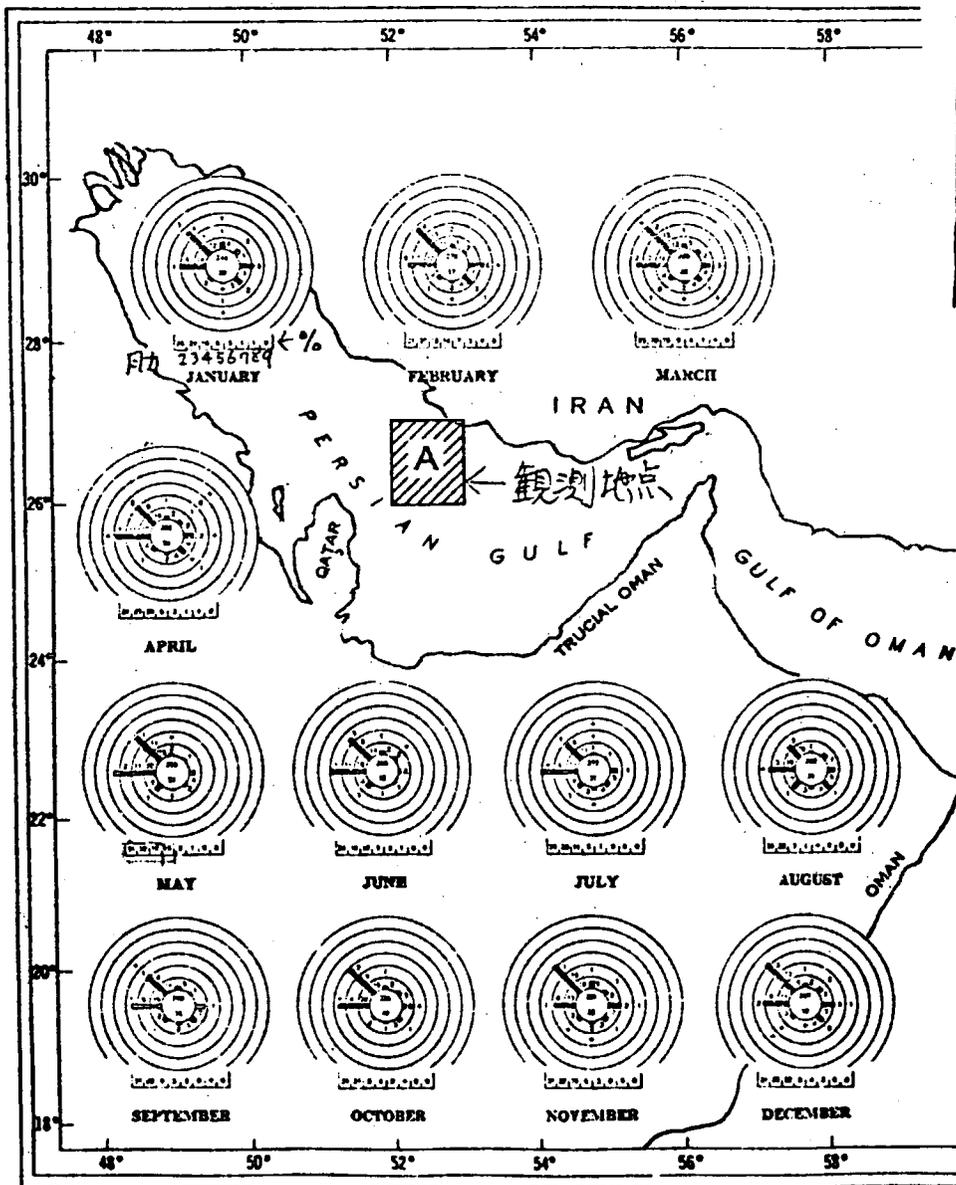
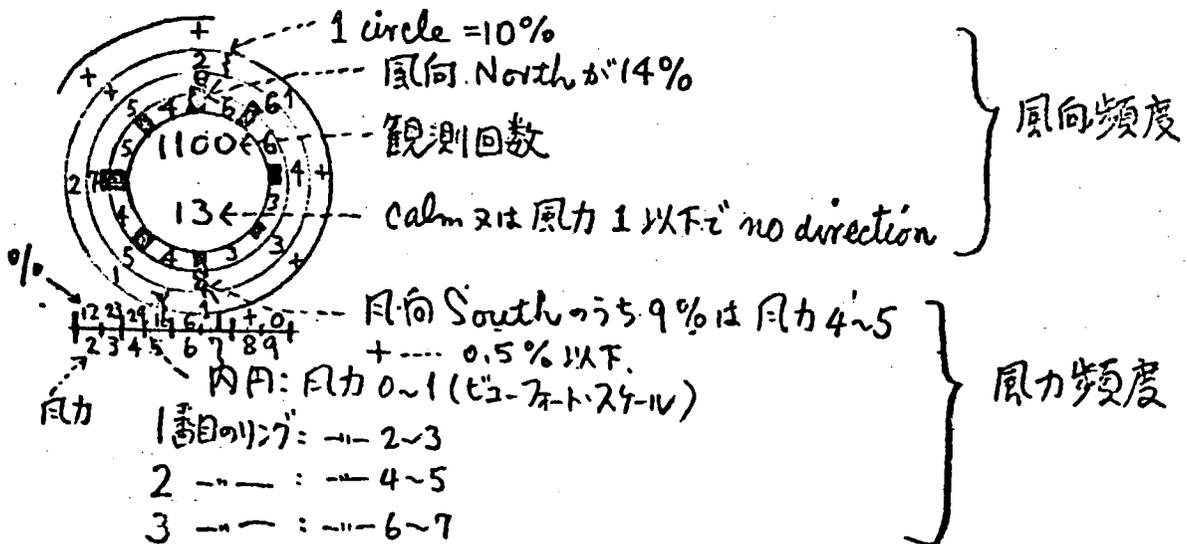
最も一般的な風は、西北西~北北西からの SHAMALと呼ばれるもので、5,6月、10~12月は40%はこの風である。風力階級は6(11m)に達せず、冬期でも風力8(17m)に達しない。偏北風は20%、偏西風は13%程度で、北~西からの風は全風向の73%に達する。

(ロ) 低気圧

11月~4月、前線性低気圧が、ペルシャ湾を東進するが気圧は1000ミリバール以下となることは少なく、2~4日かかって湾を通過する。風は弱い。



第2.3.12図 ペルシャ湾の風向



ヒューフト 2~14

0-1 --- 0~3 KTS

2-3 --- 4~10 "

4-5 --- 11~21 "

6-7 --- 22~23 "

8-12 --- >33 "

第 2.3.13 図 ペルシヤ湾における風向と風力 (年間平均)

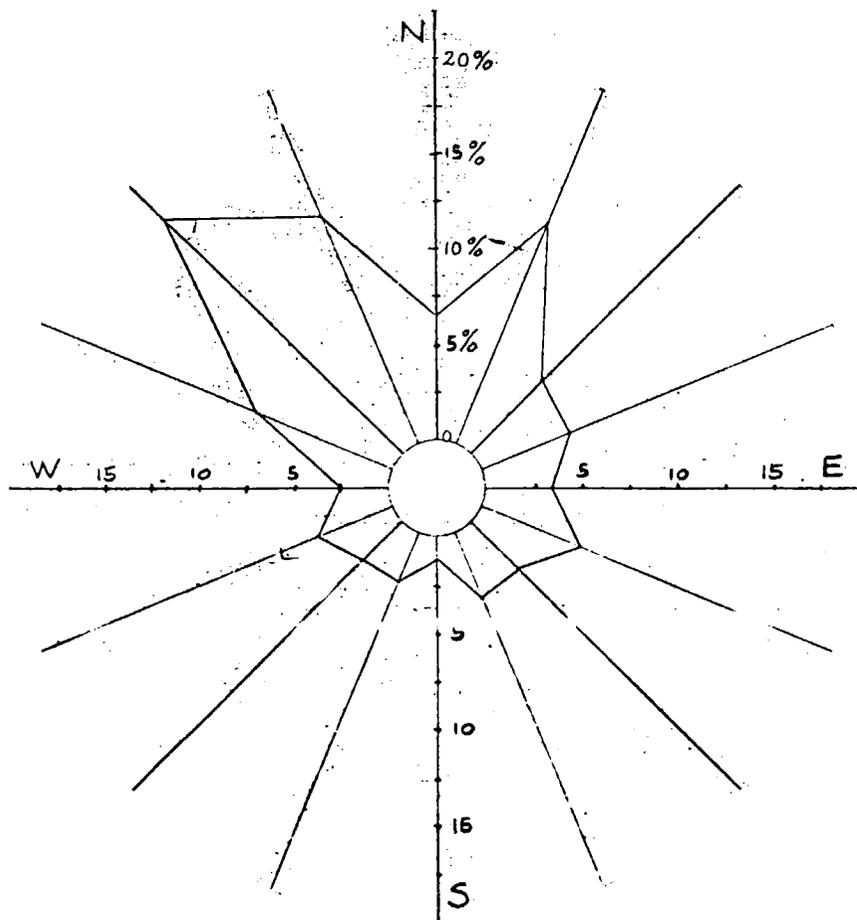
第 2.3.18 表 Ras Al-Khafji の風向, 風速頻度

CLIMATOLOGICAL DATA
FREQUENCY OF WIND DIRECTION AND SPEED IN HOUR

Station: Ras Al-Khafji

All Year 1973

Direction Speed m/s	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	%
Calm																	260	3.0
1.0 - 4.9	57	148	160	207	107	119	64	94	50	126	157	206	93	164	116	105	1978	22.6
5.0 - 9.9	203	611	287	221	187	330	153	142	61	116	89	147	108	460	1101	597	4875	55.8
10.0 - 14.9	252	261	12	12	14	41	71	85	1	3	3	8	8	34	254	336	1395	16.0
15.0 - 19.9	59	14	0	0	0	1	1	6	0	0	0	0	2	14	37	82	216	2.5
20.0 - 24.9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	5	9	0.1
25.0 - 29.9																		
30.0 - 34.9																		
35.0 - 39.9																		
40.0 -																		
No. Record																		
Total	572	1074	459	440	310	491	274	327	112	245	249	361	211	675	1508	1125	8733	
%	6.5	12.5	5.3	5.0	3.5	5.6	3.4	3.7	1.3	2.8	2.9	4.1	2.4	7.7	17.3	12.9		100%
Max. Gust in Dir																		



第 2.3.14 図 Ras Al-khafji の風配図
(All Year) 1973

(ハ) サイフロン

ベルシャ湾口付近を12月～4月に通過することがあるが、はるか南方を通ることが多く、湾内への影響はほとんどない。

(ニ) スコール

乾期が終って冬の低気圧が湾に接近すると、砂あらしを伴ったスコールが来襲する。

スコールは湾内全域で発生し風力は、8～11 ($17.2\text{ m/s} \sim 20.8\text{ m/s}$) に達することがある。

ベルシャ湾は一般に風は北～西から吹き風力は6 ($10.8\text{ m/s} \sim 13.9\text{ m/s}$) 以下で比較的静穏であるが、冬のはじめ、スコールが来襲した場合、砂あらしをとともなり突風が吹く。

ベルシャ湾中央における風向風力観測値は第2.3.12図及び2.3.13図の通りである。(H.O.水路誌による。)

(ホ) RAS AL KAFJIにおける1973年の気象観測記録

ベルシャ湾北部西岸に位置するRAS AL KAFJIにおける気象観測記録は、ベルシャ湾における風の一般的傾向をかなりはっきりと示しており、第2.3.18表、第2.3.14図に示す。

その特徴は次の通りである。

- N～Wの風は観測回数の46.8%を占める。
- 風速 $15 \sim 19.9\text{ m/sec}$ の風向はN～Wが99%を占める。観測回数の2.5%を占める。
- 風速 $20 \sim 24.9\text{ m/sec}$ の風向はWNW, NNWで観測回数の0.1%である。

(ヘ) 考 察

以上の如く、概況及び拠点観測の結果から、ベルシャ湾における最大平均風速は 20 m/sec 程度である。 20 m/sec 以上の観測回数は9回/8733で0.1%であり、これは無視してよい頻度である。

(2) 波 浪

ベルシャ湾の波とうねりは湾の長軸方向に進み、一般に風向と一致して北西から南東方向へ向かう。

(イ) 波

ベルシャ湾では風力4～7 ($5.5\text{ m/s} \sim 17.2\text{ m/s}$) にいたる強風は極くまれであり、吹いた場合でも吹送時間が短いため、波は十分発達しない。

吹送距離が最も長いベルシャ湾中央では波高5 feet以上の波、高さ6 feet以上のうねりが発生することがある。しかし、一年を通じて波高3 feet以下(CALM又はSLIGHT SEA)が75%を占め、波高5 feetを起す時期は5～6%である。

波の周期は、ベルシャ湾北部では3～5秒と短かく、それは吹送距離、時間共に短いためである。しかし、極くまれに周期10秒程度の波が観測された例がある。(第2.3.15(1)～(2)図)

(ロ) うねり

ベルシャ湾では高さ12 feet以上のうねりの発生期間は年間を通じて1%以下である。

高さ6 feet以上のうねりは4%程度の期間発生する。

うねりの方向は北西から湾の長軸方向に向かう。(第2.3.16(1)～(2)図)

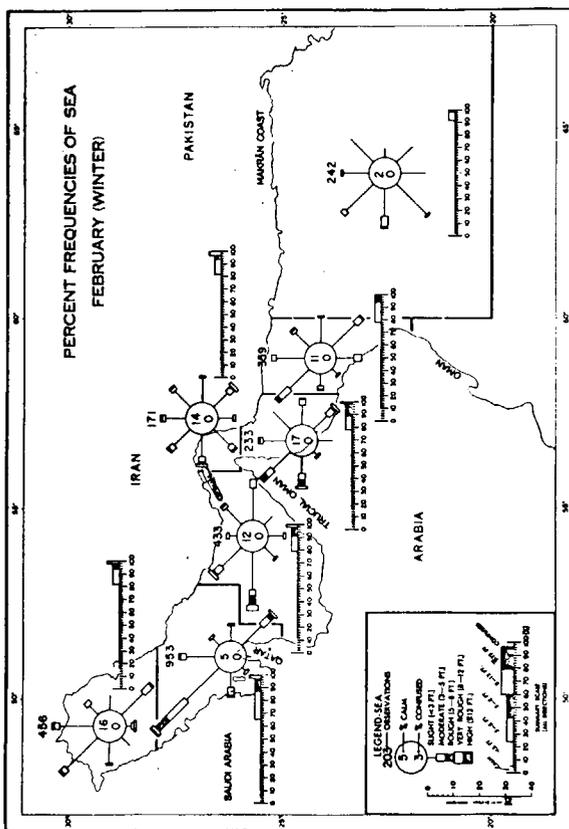
(ハ) 考 察

ベルシャ湾は日本沿岸の冬季と比べて、一年を通じて静穏である。

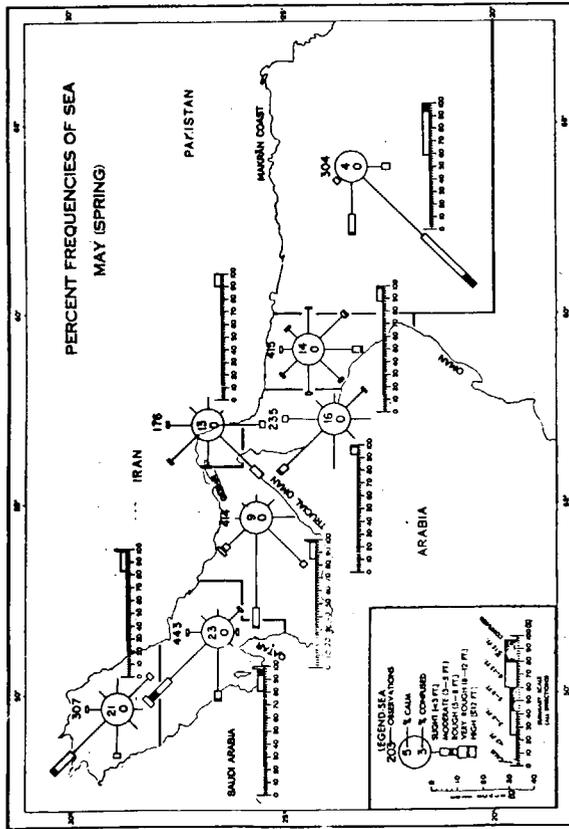
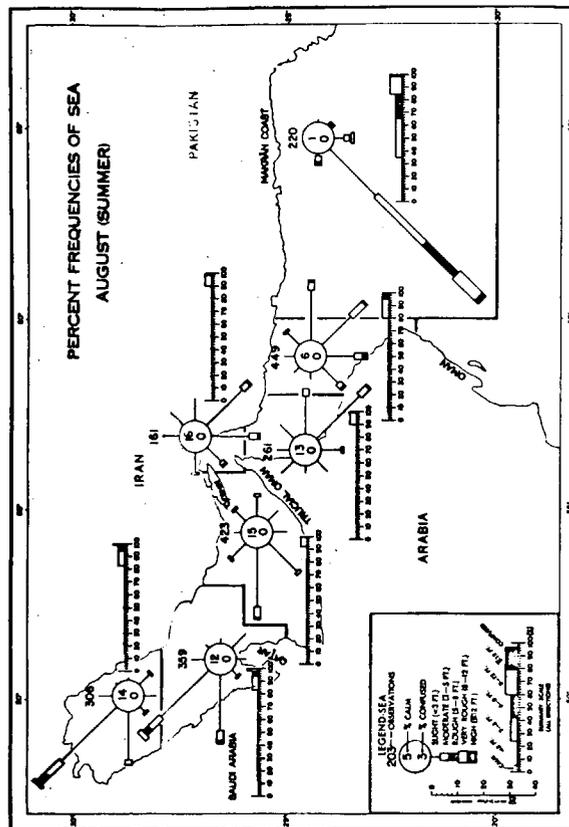
湾の入口が狭くなっているため、吹送距離が短いこと、低気圧は湾の長軸を横切り、西から東へ進むため吹送時間が短いこと。

以上の理由により波、うねりは十分発達しないうちに風が収まり、海は平穏に戻ってしまうからである。

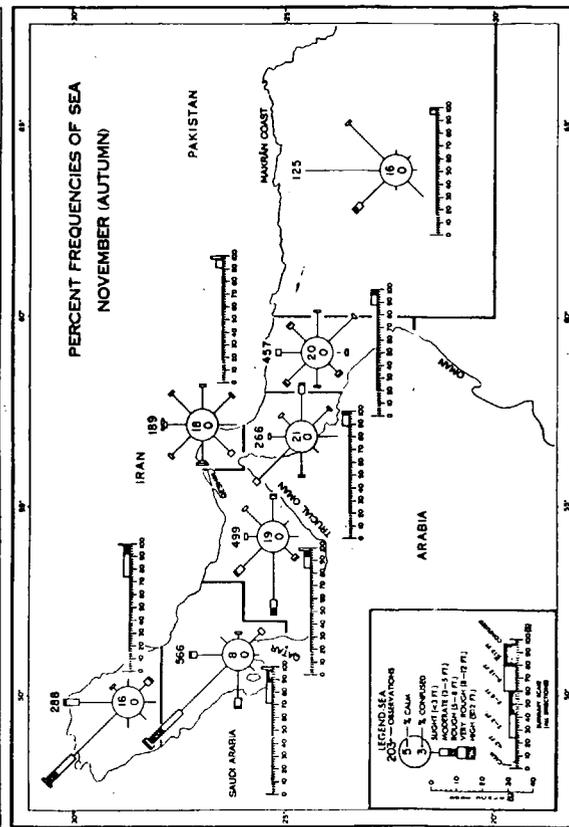
OCEANOGRAPHY

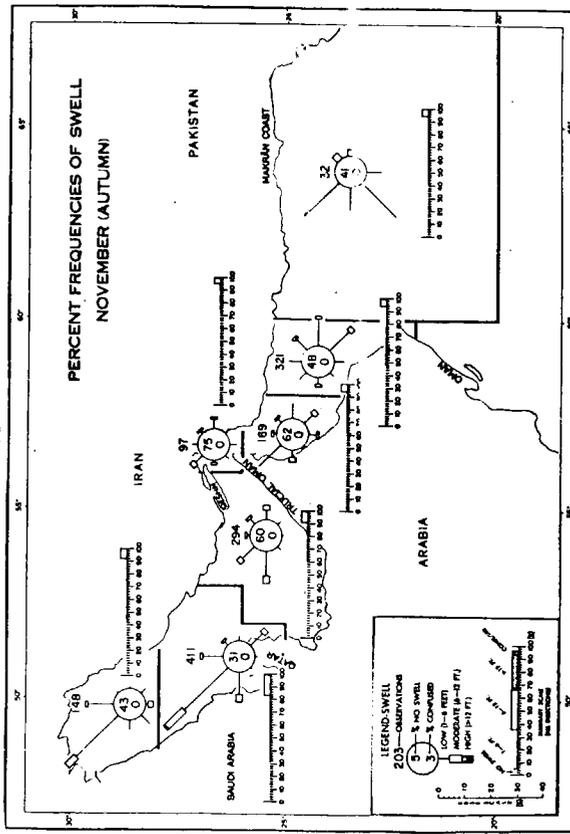
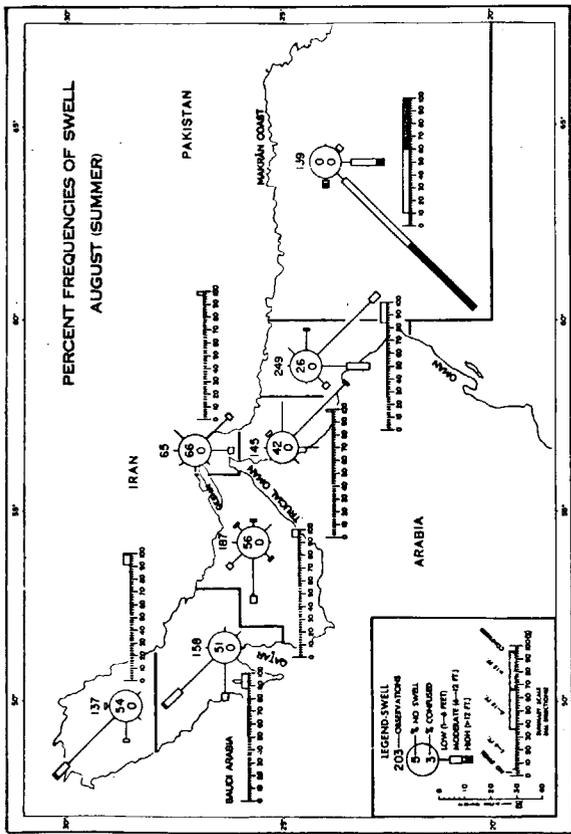
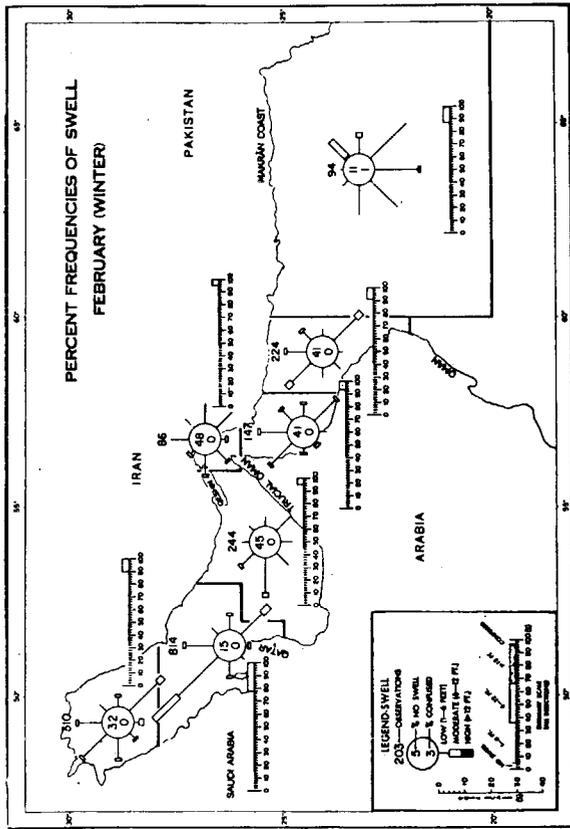
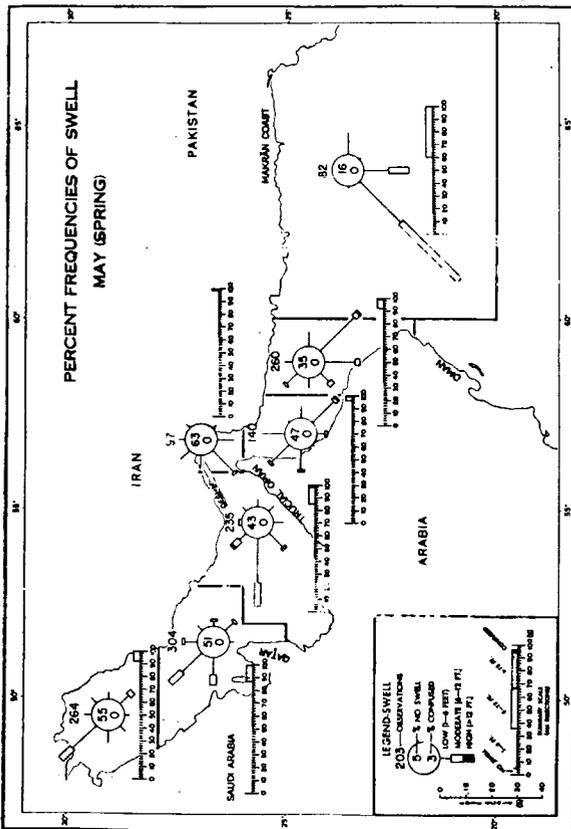


第 2.3.1.5 (1) 図 ペルシヤ湾波浪発生頻度図(1)



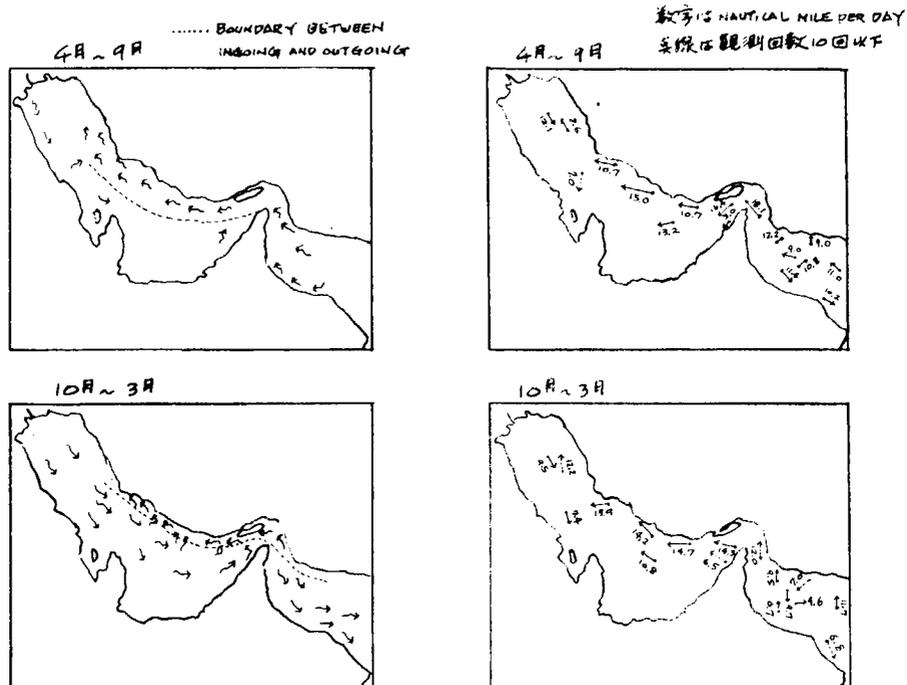
第 2.3.1.5 (2) 図 ペルシヤ湾波浪発生頻度図(2)



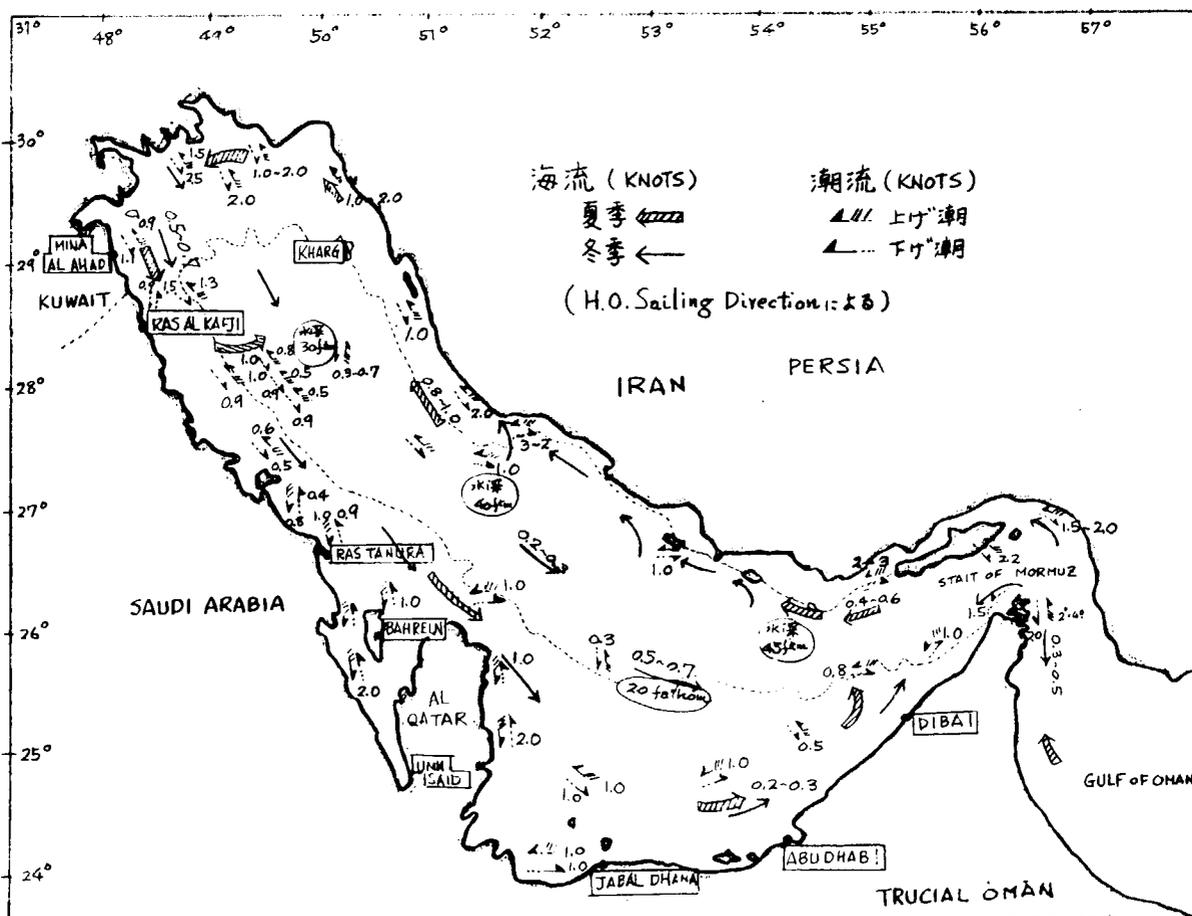


第 2.3.16(1)図 ペルシャ湾うねり発生頻度図(1)

第 2.3.16(2)図 ペルシャ湾うねり発生頻度図(2)



第 2.3.17 図 ペルシヤ湾の表面流



第 2.3.18 図 ペルシヤ湾の海流と潮流

(3) 潮流

米国のH.O.が発行している "SAILING DIRECTION" はペルシャ湾における海潮流の流向、流速及びその季節的な変化についての観測値を掲げている。

(イ) 海流

海流は湾の周辺を反時計まわりに流れ、夏季(4月～9月)は、湾の中央附近に流入と流出の境界がある。

冬季(10月～3月)も流れの方向は同様で境界がやゝ北寄りとなる。流速は湾の周辺で速く湾中央で遅い。1日の行程は10～15哩程度である。海流は流向が北西又は南東方向で流速最大値0.7ktと判断できる。

(ロ) 潮流

潮流は上げ潮と下げ潮とがほぼ反対方向に流れ、湾の周辺部で流速は1～2ktに達し、湾の中央附近では1kt以下である。

巨大タンカーが入域可能な水深20FATHOMS(36m)以上の湾中央では海潮流は1ktが最大値で、流向は北西又は南東である。

参考としてペルシャ湾の海潮流図第2.3.17図及び第2.3.18図を添付する。

ペルシャ湾の主要積出港における潮流の流速は次の通りである。

MINA AL AHMADI : 0.9 kt

KHARG ISLAND : 1.5 "

RAS TANURA : 1～3 "

RAS AL KAFUJI : 0.8 "

(ハ) 考察

流向は沿岸にそっており、BERTHは流向と一致させて建設することが可能と考えられる。RAS TANURAは流速が3ktに達しているが、バースの方位は流向とほぼ一致しており、バースに対して正横方向の流速は1kt以下である。

2.4 考察

現存大型シーバス、他団体の研究状況の調査では、係船の作業限界は接岸条件が厳しいが、風速 $10\text{ m/s} \sim 20\text{ m/s}$ 、波高は、外国の研究ではブイ係船に対して高い数字を出して居るところもあるが $1.0\text{ m} \sim 2.0\text{ m}$ であり、各バースは出来るだけ気象、海象条件を緩和する様に計画設置されて居る。

一方、気象、海象は日本沿岸の方がペルシャ湾沿岸より厳しく、日本沿岸では地域に依り多少の差はあるが、通常平均風速 15 m/s 迄の風にさらされて居り、又有義波高 2.0 m 迄の波は岬で約80%、現存の港湾では奥羽海岸を除いて約90%の発生頻度であり、又 4 m 迄の波高については岬及び港湾で96%～100%の発生頻度で、たえず日本の沿岸を洗って居るとみてよい。

巨大タンカーのシーバスは、現存のバースより沖合に設けられることが予想され、現在測候所で観測されて居る陸上風或いは沿岸風より厳しい海上風にさらされることが予想されるが、之等の風の相関関係は風向により異り、推定する根拠がないが、外国の参考値より類推すると20%～30%増し程度と考えられる。

一方、日本沿岸は台風、低気圧等の影響に依り、強風、高波が起るが、其の経路に依っては、年間最大平均風速が 20 m/s 以下の地域もあり、又台風低気圧等に伴う突風は予知が困難で危険であるが平均風速 20 m/s 以上のものは年10回程度の発生頻度と云はれて居る。

高波も台風又は低気圧により、太平洋で $5\text{ m} \sim 8\text{ m}$ 、日本海岸で $6.5\text{ m} \sim 8\text{ m}$ の波高を数年に一度程度示す事があるが、通常の波高は $4\text{ m} \sim 5\text{ m}$ である。台風、低気圧については予報により、基の動向に充分注意を払う事により、事前に対策を立てる事の出来る時間的余裕が取れない事はないと考えられる。一方、現在外洋の強風及び波浪に対して、

注意報及び警報が夫々 15 m/s 、 4 m 及び $20\text{ m}\sim 25\text{ m}$ 、 6 m に発令されて、海難防止に効果をあげて居る。

以上の様な状況を勘案すれば本調査の結果として巨大タンカーの係船システムを研究する場合の係留時基準としては最大平均風速（10分間平均、海上 10 m にて） 20 m/s 、瞬間最大風速 26 m/s （ガストファクター 1.3 とする）最大有義波高 $2\text{ m}\sim 4\text{ m}$ を採用するのが適当と考えられる。

前述の如く曳船、網取船等の作業船の作業限界により波高が制約される事が考えらるが、これに対する検討は本調査の対象外であるので、 $2\text{ m}\sim 4\text{ m}$ としたわけである。

又、潮流に対しては本船真横方向の成分として 1.0 knot を採用するのが適当と考えられる。

尚、実際のシーバスの計画、建設に際しては、其の地域の気象、海象を充分調査すると同時に基の環境を出来るだけ緩和させる設計とし、其の為、地性に対応した気象海象条件を設定すべきことは云うまでもない。

3. 係船システムの現状

巨大化した場合の問題点の抽出のために、現在就航中、建造中或いは計画中のV.L.C.C.及びU.L.C.C.の係船装置の設計条件、設備についての調査及び錨泊、岸壁係船及びブイ係船の作業の分析を行い実状の把握を行ったものであるが、錨泊については船級協会の規則、アンカーの把駐力に関する調査を含め、岸壁係船については現存の最大船舶であるGLOBTIC TOKYO及びLONDONへの乗船による係船作業の見学を併せて行って居る。

3.1 現存U.L.C.C.の係船装置

3.1.1 調査方法

現存のV.L.C.C.,U.L.C.C.（建造中または計画中の船舶を含む）の係船装置の現状を把握するために、現在、V.L.C.C.またはU.L.C.C.を建造している8社10工場に対しアンケートを行い調査した。調査項目は計画係船力、計算基準に関するもの、係船機、係船索の要目に関するものおよび省力化、自動化に関するものとした。

3.1.2 調査結果および考察

調査結果全体のとりまとめは第3.1.1表に示す。

(1) 係船力、計算基準

計算基準に関しては係船力計算の基準として、1)最大風速とその方向、2)最大潮流とその方向、3)浅水影響を考慮しているか否かの3項目について行った。

風速の採り方は、ばらつきが多く最小15m/secより、最高30m/secまでとなっているが、全体の約65%は、15~20m/secの間に分布している。又風向については各船共横又は全方向としている。潮流については全体の約65%が横方向については考慮しておらず、考慮している場合は殆んどが1ノットとしており、1船のみ2ノットを採用していた。又浅水影響については1社が考慮しているのみで他は全て考慮していない。

各社各船につき、それぞれの計算基準に従って係船力を計算しており、各船共バラスト状態の横方向の係船力が最大係船力を示している。更に計算基準を風速20m/sec（横方向）+潮流1ノット（横方向）に統一して各船のバラスト状態における係船力を計算してみた。第3.1.1図はこれらの結果をグラフに表わしたものである。

(2) 係船機、係船索の要目配置

揚錨機、係船機、錨、錨鎖、係船索等の要目配置について調査した。第3.1.2図、第3.1.3図はそれぞれ機装数、揚錨機容量をDead weight ベースにプロットしたものである。第3.1.4図は係船機の容量巻込速度、ドラムの数等をDead weight ベースにプロットしたものである。これによれば、係船機容量は30万トン迄は漸増するが、それ以上は船の大きさに関係なくほぼ一定値を示している。最大容量は40Tのものが1船あるが、それ以外は全て30TをMAX.としている。巻込み速度は船の大きさには殆んど関係なく15m/min又は20m/minである。第3.1.6図は錨の重量および錨鎖の径をDead weight ベースにプロットしたものである。錨はJIS型アンカーとAC14アンカーの2種類が使用されており、錨鎖は調査対象の全船が3種チェーンを使用している。第3.1.5図は係船索の径をプロットしたものである。せん維索は1船のみ85mmφを使用しているが、その他は船の大きさに関係なく75mmφ又は80mmφを使用している。ワイヤーは38mmφ~44mmφのものが船の大きさに関係なく使用されている。索の安全率については各社多少のばらつきはあるが全体的に2.0~2.5以上としているようである。

更にブレーキ力について、a)ブレーキ力の決め方、b)索張力とブレーキ力の関連について調査を行った。a)について各社の方針は下記の通りである。

- | | |
|------------------------|----|
| (i) 係船索の破断荷重ベースで決める。 | 3社 |
| (ii) ウインチの定格荷重ベースで決める。 | 2社 |
| (iii) JISによる | 1社 |

(Ⅳ) メーカー標準による。

2社

b) については、各船の(1)項のバラスト状態において各索張力の中の最大値を算出して、これとブレーキ力との比較を行った。この結果を第3.1.7図に示す。この結果いずれの船においてもブレーキ力は十分であることが分る。

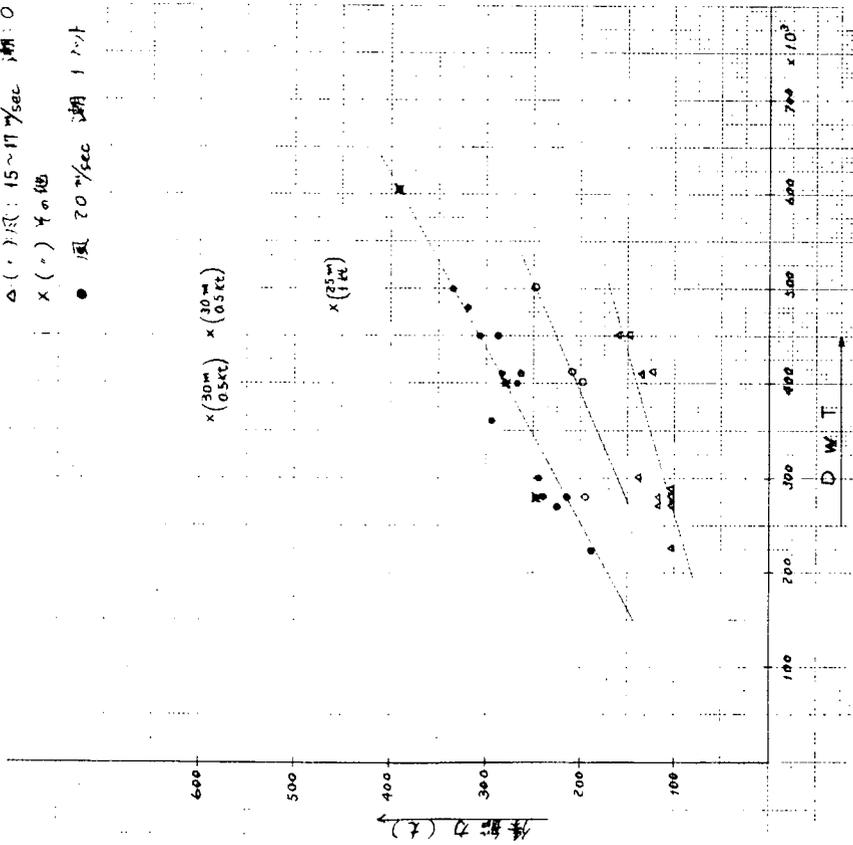
(3) 省力化、自動化の状況

揚錨機、係船機の遠隔制御、索張力の自動検出および表示、索の自動繰出し装置、省メンテナンス対策等について調査を行った。

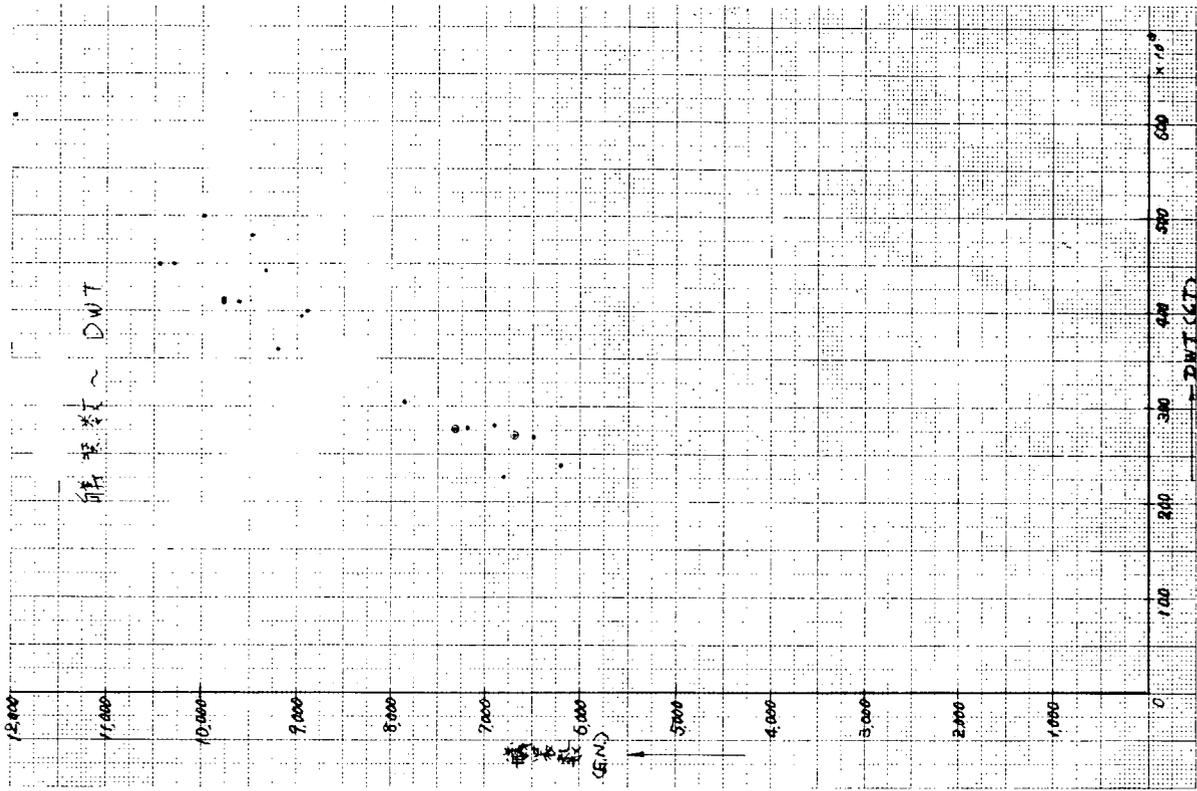
この結果、揚錨機、係船機に対しては何らかの形で約8割の船が部分的な油圧操作(Local又はLocal remote)を行っているが本格的な遠隔制御は行っていない。又索張力の自動検出および表示、索の自動繰出し装置については、現状ではどの船も人力によっており省力化、自動化は殆んどなされていない。省メンテナンス対策についても具体的な方策は殆んどなく、わずかに、この目的のために密閉型の揚錨機、係船機を採用している船が散見できる程度である。

DW ~ 係船力 (横方向)

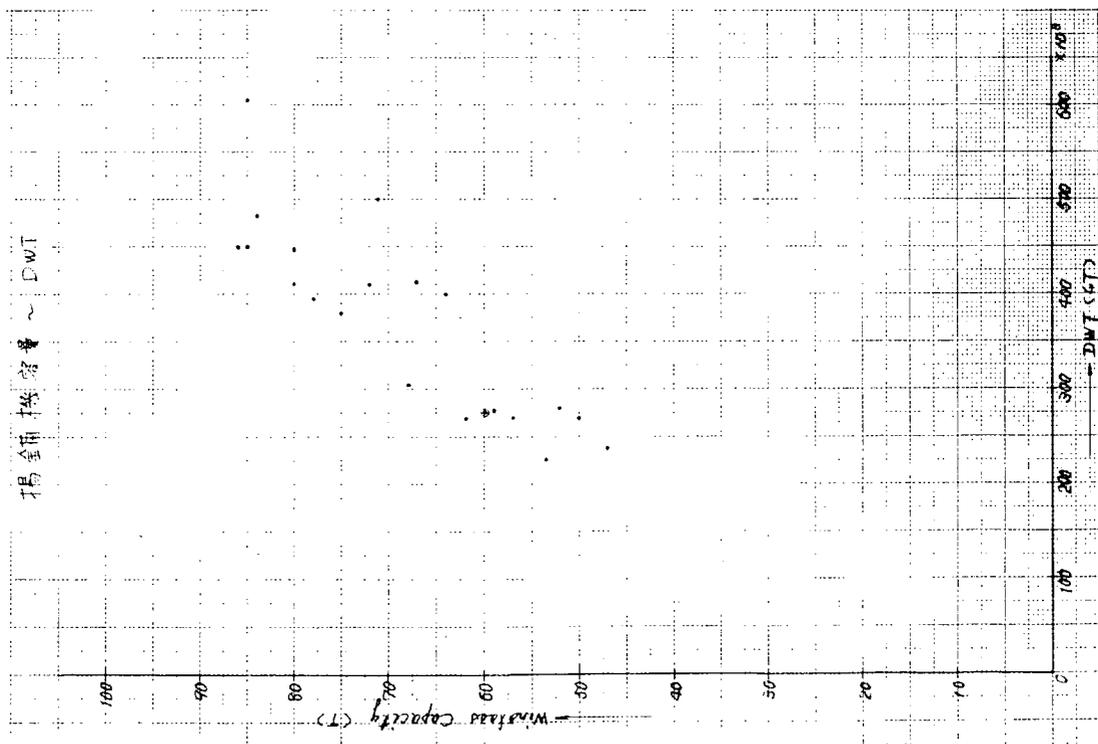
Note : ○ (普通) 風 : 20 m/sec 潮 : 0
 △ () 風 : 15 ~ 17 m/sec 潮 : 0
 × () 干 潮
 ● 風 20 m/sec 潮 1 m



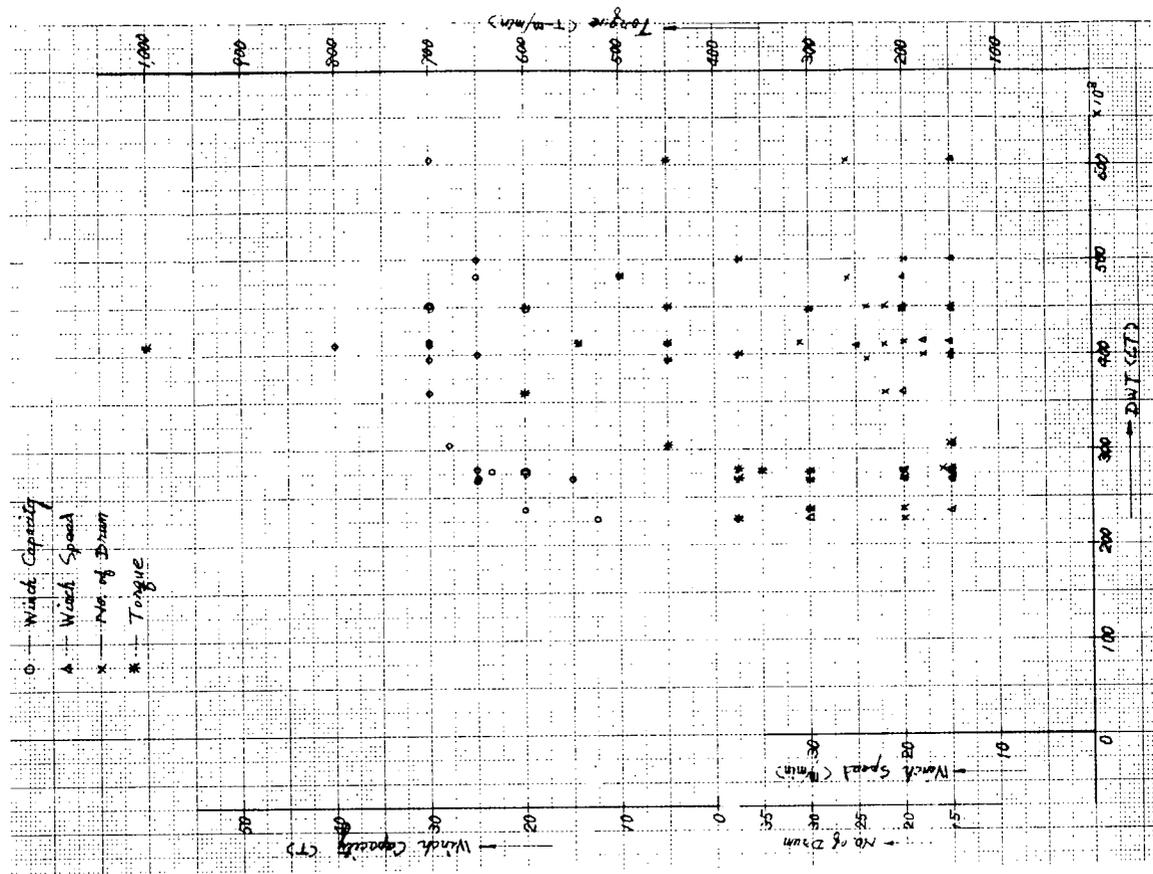
第 3.1.1 図



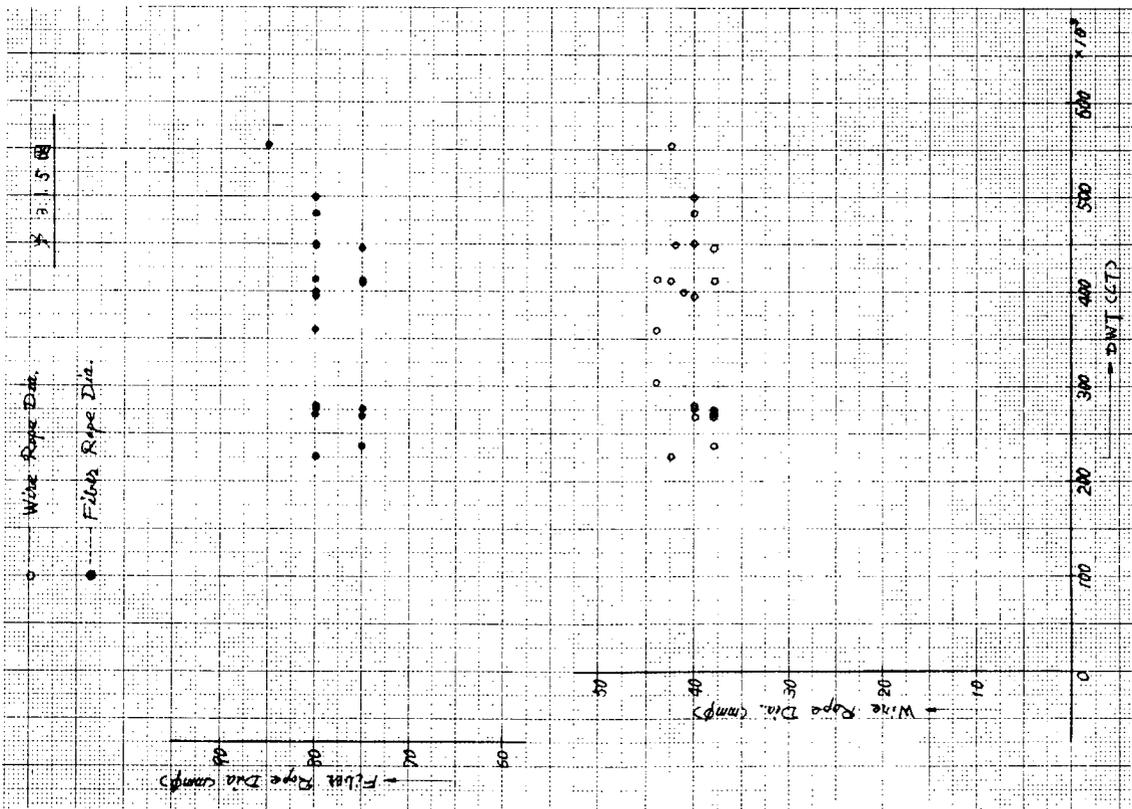
第 3.1.2 図



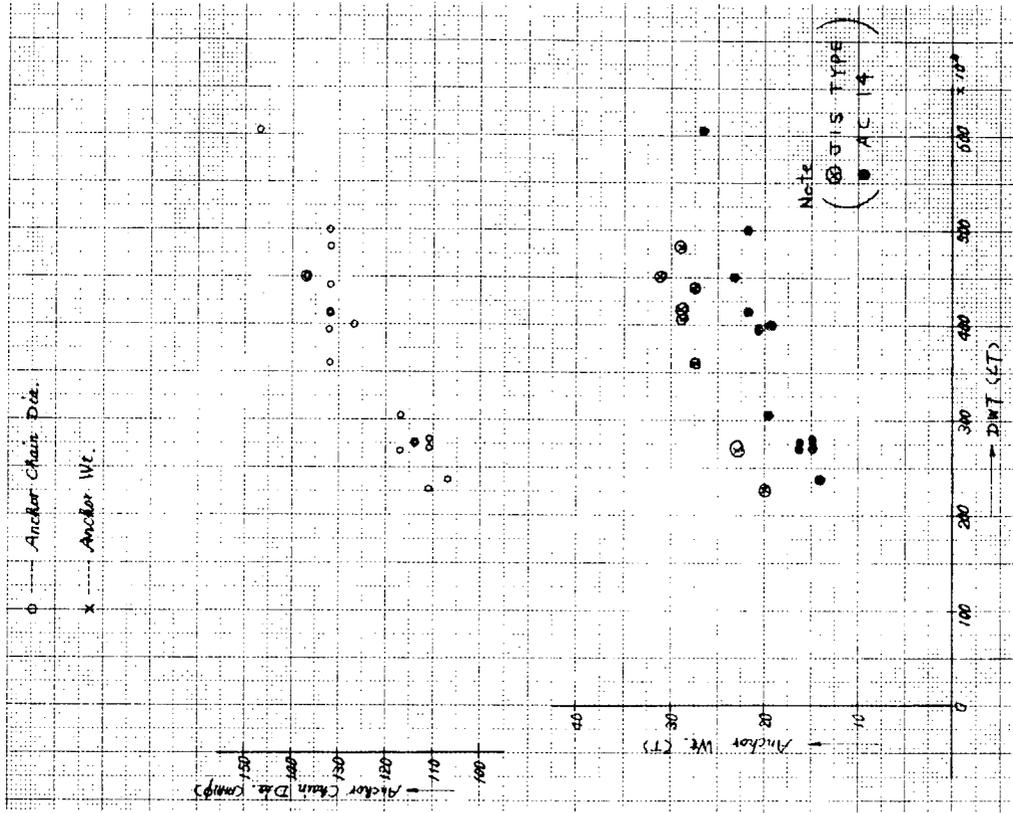
第 3.1.3 图



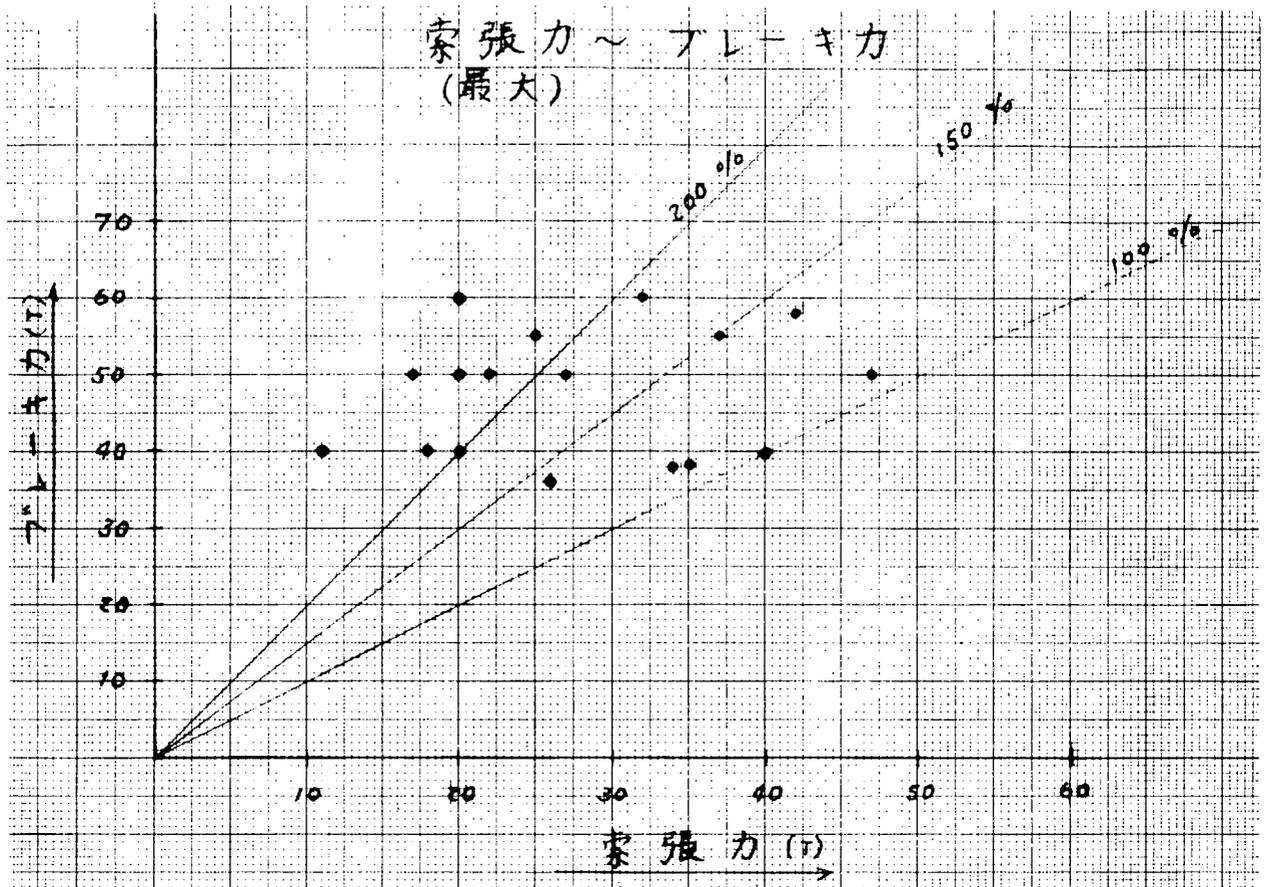
第 3.1.4 图



第 3.1.5 图



第 3.1.6 图



第 3. 1. 7 図

第 3.1.1 表 巨大船の係船システム

アンケート調査一覧表 (1)

項 目	① 600 型	② 500 型	③ 480 型	④ 450 型
1 項目と仕様				
1.1 造船所	A	B	C	D
1.2 DWT (CT)	605,300	500,000	483,664 (MT)	450,070
1.3 $L_p \times B_m \times D_m \times d_m$	415 ^m × 68.0 ^m × 35.2 ^m × 28.5 ^m	390 ^m × 71 ^m × 31.2 ^m × 25 ^m	360 ^m × 62 ^m × 36 ^m × 28.2 ^m	364 ^m × 68 ^m × 31.7 ^m × 25.0 ^m
1.4 CLASSIFICATION	LR	ABS	ABS	ABS
1.5 引渡年月	計画中	1977年1月	FEB. 1973	計画中
1.6 積載数	11,976	9,200 ~ 9,999	9,477	10,445
2 揚船機・係船機・係船索				
2.1 要目				
1) 揚船機	85 ^T × 9 ^{m/min} × 2台 (STEAM)	71 ^T × 9 ^{m/min} × 2台 (STEAM)	84 ^T × 9 ^{m/min} × 2台 (STEAM)	85 ^T × 9 ^{m/min} × 2台 (STEAM)
2) 係船機	30 ^T × 15 ^{m/min} × 4台 (STEAM) 30 ^T × 15 ^{m/min} × 10台 (STEAM)	25 ^T × 15 ^{m/min} × 2台 (STEAM) 25 ^T × 15 ^{m/min} × 8台 (STEAM)	25 ^T × 20 ^{m/min} × 9台 (STEAM) 25 ^T × 20 ^{m/min} × 2台 (wind-up)	30 ^T × 15 ^{m/min} × 2台 (STEAM) 30 ^T × 15 ^{m/min} × 10台 (STEAM)
(ドラム数)	(26)	(20)	(26)	(24)
(アーク角)	(60°)	(38°)	(58°)	(66°)
3) 船・船機	26.625 ^m (AC14), 147 ^m (3機)	21.8 ^m × 3 (AC16), 132 ^m (U-3)	29 ^m × 3 (JIS), 132 ^m (U-3)	23.25 ^m × 3 (AC14), 137 ^m (93)
4) 係船索	42.5 ^m × 300 ^m × 20 [#] (JIS) 85 ^m × 400 ^m × 4 [#] (NYLON)	40 ^m × 220 ^m × 18 [#] (JIS) 80 ^m × 220 ^m × 2 [#] (NYLON)	80 ^m × 300 ^m × 8 [#] (NYLON) 80 ^m × 200 ^m × 18 [#] (JIS)	40 ^m × 200 ^m × 16 [#] (JIS) 80 ^m × 350 ^m × 8 [#] (NYLON)
5) 索の安全率	(鋼索) (鋼索)	(鋼索)	(鋼索)	(鋼索)
(鋼索)	(2.5以上)	(2.1以上)	(2.5以上)	(2.5以上)
(鋼索)	(2.5以上)	(2.5以上)	(-)	(3.0以上)
3 計画係船能力と仕様				
3.1 係船力計算基準				JSDS-A & HUSH-A式
1) 最大風速と方向	20% (横), 30% (縦)	20% (全方向)	25% (全方向)	15% (縦横……横方向)
2) 最大潮流と方向	1 ^m (横), 1 ^m (縦) 20.5 ^m (縦)	2 ^m (縦横方向)	2.5 ^m (縦横), 1.0 ^m (横)	2.5% (正面……縦横方向)
3) 浪の影響	特に考慮せず 41……波の方向 wind pull = 船の向 21……波の方向 wind pull = 船の向 42……波の方向 wind pull = 船の向	考慮せず (船の向・潮流は25% 12……波の方向 設計影響 = 考慮し見 LTS.)	考慮せず	考慮せず
3.2 計画係船力	395 ^T / 横風 20% + 横潮 1 ^m 755 ^T / 横風 20% + 横潮 1 ^m 160 ^T / 横風 20% + 横潮 5 ^m	(船機) (索) Full Cond. 16 121 Light Cond. 22 150	NORMAL BROADCAST 船機 (索) 風圧 320 ^T 潮流 10 ^T (縦), 21 ^T (横)	(船機) (索) Full Cond. 55.0 ^T 51.0 ^T Bal (act Cond. 55.5 152.0 (但し、風圧係数・波高係数は) 0.90・0.90・0.90 (0.90))
4 省力化のための自動化				
4.1 遠隔制御				
1) 揚船機・係船機・係船索の遠隔制御	揚船機・係船機・係船索の遠隔制御	揚船機	油圧式	揚船機
2) BRAKE	WIND-ON-OFF油圧、20%揚船機	全手	揚船機油圧 (油圧式)	揚船機油圧 (油圧式)
3) CLUTCH	揚船機	全手	揚船機	揚船機
4) その他	WIND-ON-OFF油圧、20%揚船機 20%揚船機・係船機・係船索	ナシ		
5) 制御方式	電動油圧 20% Sample Local Remote	ナシ	電動油圧	
4.2 索張り・自動張出し表示	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ
4.3 索の自動張出し装置	ナシ	ナシ	ナシ	索張出し用 300 ^T × 20 [#] 鋼索 ・Toy 索張出し用 20 [#] 鋼索
4.4 省エネ装置	・省エネ	特に考慮せず	・ウィンチ・ワイプ ・省エネ機・制御 up	特にナシ

アンケート調査一覧表 (2)

項目	⑤ 450 型	⑥ 450 型	⑦ 410 型	⑧ 410 型
1 単位その他				
1.1 運輸所名	E	C	F	G
1.2 DWT (LT)	450,000	447,000	414,000	412,000
1.3 $L_{pp} \times B_m \times D_m \times d_{net}$	$385^m \times 70^m \times 29.0^m \times 23.3^m$	$360.4^m \times 67.0^m \times 31.6^m \times 25.0^m$	$365^m \times 68^m \times 28.65^m \times 22.75^m$	$358^m \times 68.8^m \times 29.8^m \times 23.6^m$
1.4 CLASSIFICATION	NV	ABS	ABS	ABS
1.5 引渡年月	計未詳	MAR. 1976	Nov. 1976	Dec. 1975
1.6 積高数	10,300	9,330	9,783	9,787
2 揚鎖機・保船機・保船索				
2.1 要目				
1) 揚鎖機	$86^T \times 9^m \times 2 \text{台} < \text{STEARY} >$	$80^T \times 9^m \times 2 \text{台} < \text{STEARY} >$	$67^T \times 9^m \times 2 \text{台} < \text{STEARY} >$	$80^T \times 9^m \times 2 \text{台} < \text{STEARY} >$
2) 保船機	$30^T \times 30^m \times 4 \text{台} < \text{STEARY} >$ $30^T \times 20^m \times 8 \text{台} < \text{STEARY} >$	$30^T \times 15^m \times 2 \text{台} < \text{STEARY} >$ $30^T \times 15^m \times 2 \text{台} < \text{STEARY} >$ $30^T \times 15^m \times 7 \text{台} < \text{STEARY} >$	$30^T \times 18^m \times 2 \text{台} < \text{STEARY} >$ $30^T \times 18^m \times 8 \text{台} < \text{STEARY} >$	$30^T \times 15^m \times 2 \text{台} < \text{STEARY} >$ $9^T \times 15^m \times 2 \text{台} < \text{STEARY} >$ $30^T \times 15^m \times 8 \text{台} < \text{STEARY} >$
(トラム巻)	(22)	(20)	(20)	(31)
(74-キウ)	(50T)	(40T)	(50T)	(60T)
3) 箱・箱鎖	$31^T \times 3 < \text{AC14} >, 137^m < \text{CS} >$	$27.5^T \times 3 < \text{JIS} >, 132^m < \text{CS} >$	$21.75^T \times 3 < \text{AC14} >, 132^m < \text{CS} >$	$29^T \times 3 < \text{JIS} >, 132^m < \text{CS} >$
4) 保船索	$42^m \times 200^m \times 16^* < \text{JIS} >$ $30^m \times 200^m \times 4^* < \text{NYLON} >$	$38^m \times 250^m \times 12^* < \text{JIS} >$ $75^m \times 300^m \times 3^* < \text{NYLON} >$	$42^m \times 300^m \times 16^*$ $30^m \times 200^m \times 4^* < \text{NYLON} >$	$38^m \times 220^m \times 6^* < \text{JIS} >$ $75^m \times 300^m \times 4^* < \text{NYLON} >$ $75^m \times 220^m \times 3^* < \text{NYLON} >$
5) 索・安全弁 (鋼索)	(1.66)	(2.5)	(1.93)	(3.78)
(鋼索)	(1.66)	(-)	(-)	(6.03)
3 計画保船能力その他				
3.1 保船力計算基準				
1) 最大風速と方向	30 m/s (E-W)	22.2 m/s (真横) N.W. BACKST	20 m/s (横前)	15 m/s (横前)
2) 最大潮流と方向	0.515 m/s (全交)	北流方向に30%と計算(10%)	考慮せず	1.03 m/s (横前方向)
3) 浪計算率	考慮せず	考慮せず	考慮せず	考慮せず
3.2 計画保船力	積上げ機 2台 Full Cond. 370 ^t Ballast Cond. 390 ^t Liquid	NORMING BACKST 機 5 260 ^t (真横)	Ballast Cond. 2台 200 ^t	Full Cond. 57 ^t Ballast Cond. 125 ^t
4 省力化・自動化				
4.1 遠隔制御				
1) 揚鎖機・保船機・保船索	操縦手動 Windlass on Control room with hand brake - 500 dual brake	操縦手動 操縦手動 操縦手動 + シ	操縦手動・保船機・保船索 (操縦手動・保船機・保船索) Hand Operable Type Do.	LOCAL REMOTE HYD. BRAKE (WINDLASS ON) 操縦手動
2) BRAKE				
3) CLUTCH				
4) その他				
5) 制御方式	電動油圧	手動油圧	電動油圧	電動油圧, Group別 Loose REMOTE 方式
4.2 省力化・自動化による効果	+ シ	+ シ	+ シ	+ シ
4.3 省力化・自動化による効果	+ シ	・省力取用 CAPSTAN 5台 CONVENT	+ シ	+ シ
4.4 省メンテナンス効果	+ シ	・省力取用 4100 仕様	+ シ	+ シ

アンケート調査一覧表 (3)

項目	⑨ 410 型	⑩ 400 型	⑪ 400 型	⑫ 360 型
1. 要目と仕様				
1.1 造船所名	H	B	A	E
1.2 DWT (GT)	410,000	400,000	395,000	360,000
1.3 $L_{pp} \times B_m \times D_m \times d_{ext}$	$360^m \times 69.0^m \times 28.7^m \times 22.75^m$	$350^m \times 70^m \times 29.1^m \times 22.15^m$	$350^m \times 70^m \times 29.0^m \times 22.83^m$	$355^m \times 66^m \times 29.0^m \times 22.9^m$
1.4 CLASSIFICATION	NV	ABS	NK	NV
1.5 引渡年月	MARCH 1976	FEB. 1976	JAN. 1976	Nov. 1975
1.6 船名	9,614	8,400 ~ 8,899	8,960	9,200
2. 揚筒機, 停船機, 保船機				
2.1 要目				
1) 揚筒機	$72^T \times 9^m/min \times 2^{\text{台}} \text{ (STEAM)}$	$64^T \times 9^m/min \times 2^{\text{台}} \text{ (STEAM)}$	$78^T \times 9^m/min \times 2^{\text{台}} \text{ (STEAM)}$	$75^T \times 9^m/min \times 2^{\text{台}} \text{ (STEAM)}$
2) 停船機	$40^T \times 25^m/min \times 8^{\text{台}} \text{ (STEAM)}$ $30^T \times 30^m/min \times 4^{\text{台}} \text{ (WINDUP)}$	$25^T \times 15^m/min \times 2^{\text{台}} \text{ (STEAM)}$ $25^T \times 15^m/min \times 6^{\text{台}} \text{ (STEAM)}$	$30^T \times 15^m/min \times 2^{\text{台}} \text{ (STEAM)}$ $30^T \times 15^m/min \times 10^{\text{台}} \text{ (STEAM)}$	$30^T \times 30^m/min \times 4^{\text{台}} \text{ (STEAM)}$ $30^T \times 30^m/min \times 8^{\text{台}} \text{ (STEAM)}$
(ドラム数)	(22)	(19)	(24), (50 ^T)	(22), (50 ^T)
(フック数)	(55 ^T)	(55 ^T)	(24), (50 ^T)	(22), (50 ^T)
3) 船橋	$29.5^m \times 3(JIS), 132^{\text{mm}} \text{ (K3)}$	$19.5^m \times 3(AC16), 127^{\text{mm}} \text{ (H3)}$	$20.625^m \times 3(AC16), 132^{\text{mm}} \text{ (3種)}$	$27.5^m \times 3(JIS), 132^{\text{mm}} \text{ (K3)}$
4) 保船機	$42.5^{\text{mm}} \times 350^m \times 8^{\text{台}} \text{ (JIS)}$ $42.5^{\text{mm}} \times 200^m \times 16^{\text{台}} \text{ (")}$ $42.5^{\text{mm}} \times 150^m \times 2^{\text{台}} \text{ (")}$ $75^{\text{mm}} \times 350^m \times 4^{\text{台}} \text{ (NYLON)}$	$41.3^{\text{mm}} \times 370^m \times 16^{\text{台}} \text{ (JIS)}$ $30^{\text{mm}} \times 370^m \times 2^{\text{台}} \text{ (NYLON)}$	$40^{\text{mm}} \times 220^m \times 20^{\text{台}} \text{ (JIS)}$ $30^{\text{mm}} \times 300^m \times 4^{\text{台}} \text{ (NYLON)}$	$46^{\text{mm}} \times 300^m \times 16^{\text{台}} \text{ (JIS)}$ $30^{\text{mm}} \times 200^m \times 4^{\text{台}} \text{ (NYLON)}$
5) 索の安全率	(1.9)	(2.1)	(2.5以上)	(1.66)
(鋼索)	(-)	(-)	(2.5以上)	(1.66)
(合成索)	(-)	(-)		
3. 計画保船能力と仕様				
3.1 保船力計算基準				
1) 最大風速ととらえ方	17.0% (全方向)	20% (全方向)	20% (横) ¹⁾ , 30% (横) ²⁾	30% (全方向)
2) 最大潮流ととらえ方	1.5% (船首方向)	2% (船首方向)	1% (横) ¹⁾ , 1% (横) ²⁾	0.5/5% (")
3) 浪の量率	考慮 (Full Cond. 考慮)	考慮せず (船首方向の潮流は23%の浪に考慮し, 船首方向の浪は考慮せず)	特に考慮せず *1... 船首方向の浪は考慮せず *2... 船首方向の浪は考慮せず	考慮せず
3.2 計画保船力	(船首) (横) Full Cond. 183.4% 622% Ballast Cond. 47.7% 139.2%	(船首) (横) Full Cond. 15% 31% Ballast Cond. 36% 201%	(船首) (横) 285% / 横 20% + 横 1% 366% / 横 30% + 横 1% 117% / 横 20% + 横 0.5%	(船首) (横) Full Cond. 86% Ballast Cond. 59%
4. 自動化, 自動化				
4.1 操縦制御				
1) 操縦レバーの自動化	操縦手動	REMOTE CONTROL	操縦手動	操縦手動
2) BRAKE	手動	電動油圧, 操縦手動	操縦手動	操縦手動
3) CLUTCH	手動	操縦手動	操縦手動	操縦手動
4) その他	手動	手動	操縦手動	操縦手動
5) 制御方式	手動	電動油圧	電動油圧	電動油圧
4.2 索張力の自動検出と表示	手動	手動	手動	手動
4.3 索の自動検出装置	手動	手動	手動	手動
4.4 索インテグレーション	手動	特に考慮せず	適用型	手動

アンケート調査一覧表 (4)

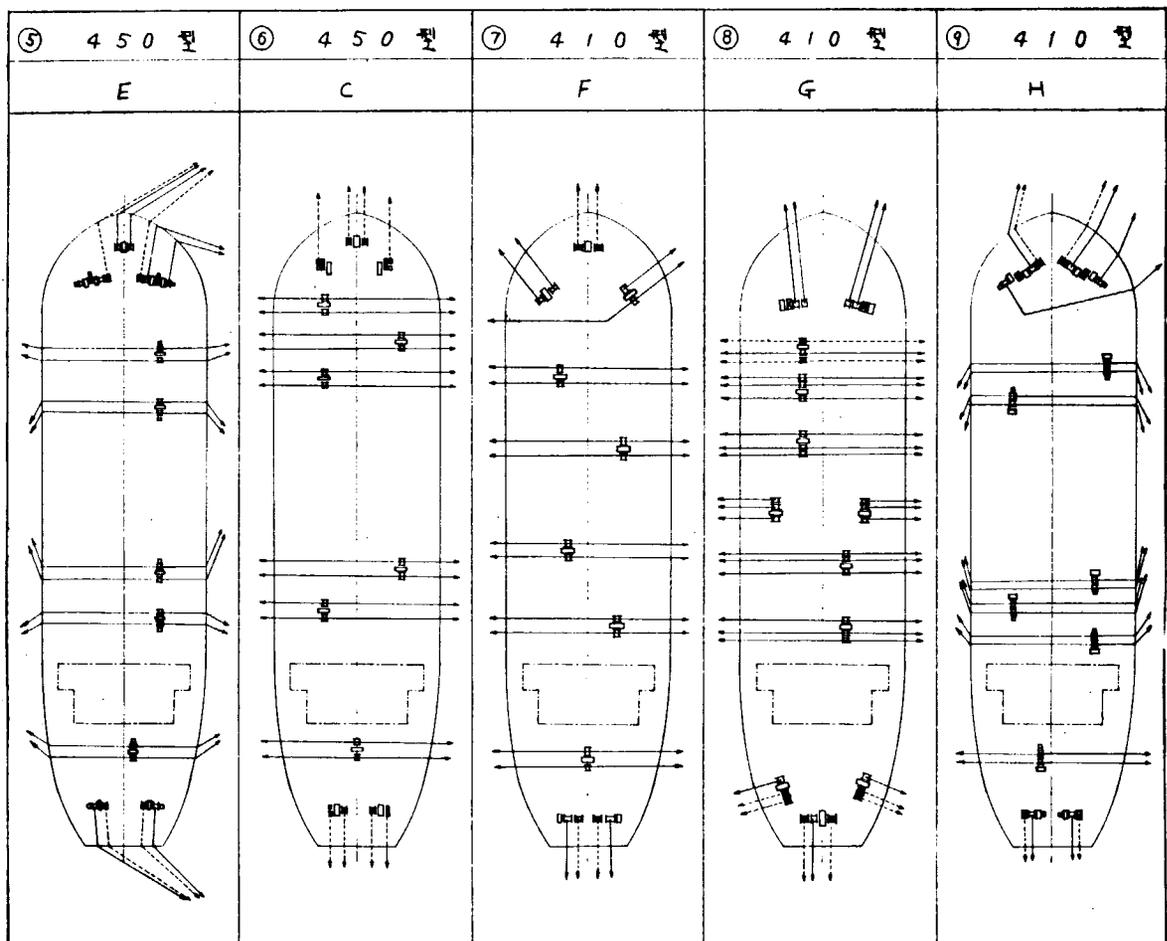
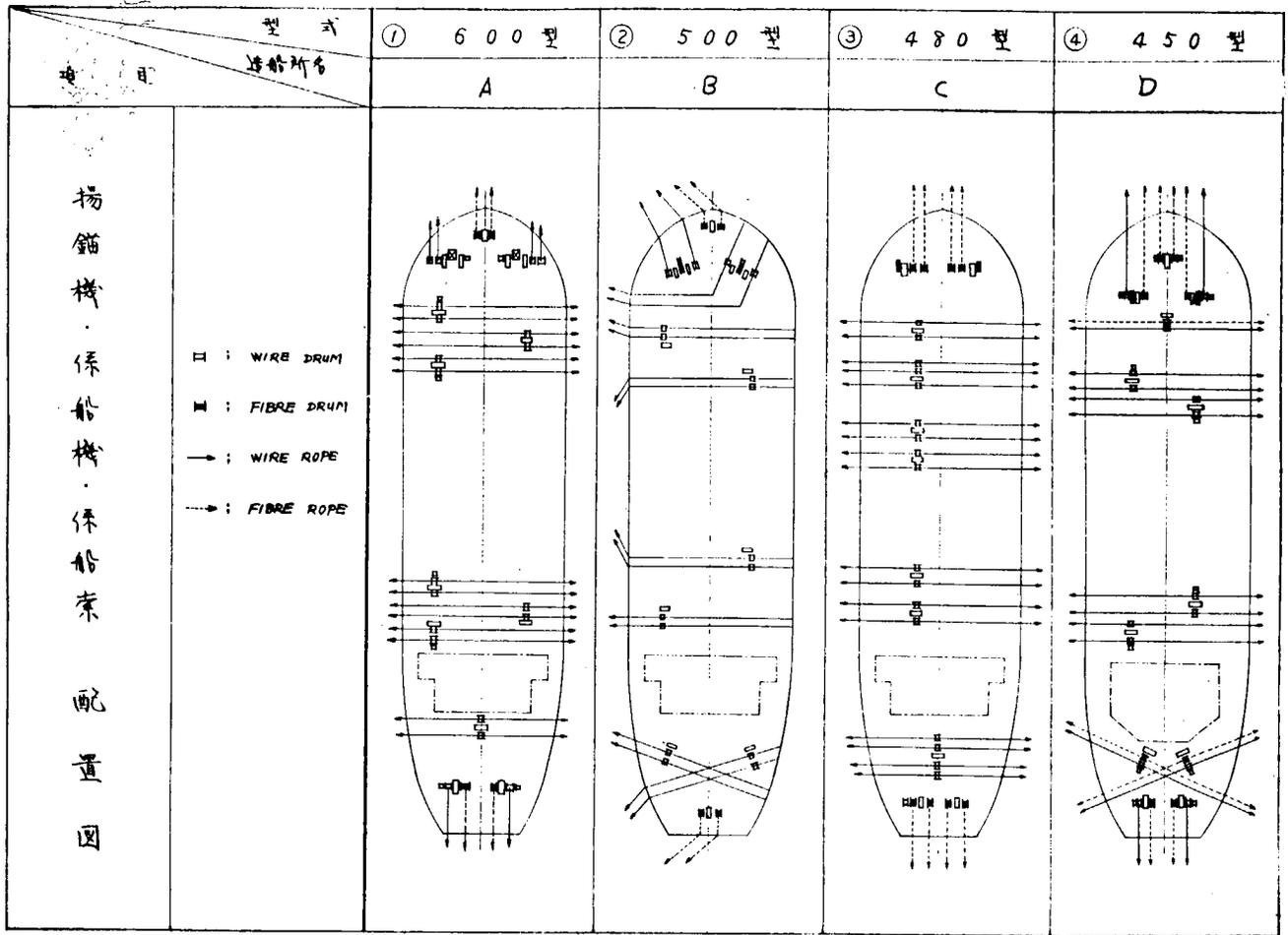
項目	⑬ 300型	⑭ 280型	⑮ 280型	⑯ 280型
1. 船名	F	B	D	G
1.2 DWT (LT)	305,000	280,000	278,000	276,352
1.3 $L_{pp} \times B_m \times D_m \times \text{depth}$	330 ^m × 56 ^m × 28.65 ^m × 22.35 ^m	325 ^m × 53 ^m × 28.3 ^m × 22.05 ^m	324 ^m × 53.5 ^m × 28.8 ^m × 21.7 ^m	324 ^m × 53.4 ^m × 26.9 ^m × 20.96 ^m
1.4 CLASSIFICATION	LR	ABS	LR	ABS
1.5 引渡年月	JAN. 1975	MAY 1976	SEP. 1975	JAN. 1974
1.6 船架数	7,854	6,500 ~ 6,899	7,197	7,334
2. 揚筒機, 保船機, 保船機				
2.1 揚筒機	68 ^T × 12 ^{M/min} × 2台 (STEAM)	52 ^T × 9 ^{M/min} × 2台 (STEAM)	59 ^T × 9 ^{M/min} × 2台 (STEAM)	60 ^T × 9 ^{M/min} × 2台 (STEAM)
2.2 保船機	Twin drum 20 ^T × 20 ^{M/min} Windum 30 ^T × 15 ^{M/min} × 2台 (STEAM) 30 ^T × 15 ^{M/min} × 2台 (STEAM) 30 ^T × 15 ^{M/min} × 6台 (STEAM)	25 ^T × 15 ^{M/min} × 2台 (Wind. 1台) 25 ^T × 15 ^{M/min} × 6台 (STEAM)	30 ^T × 15 ^{M/min} × 2台 (STEAM) 30 ^T × 15 ^{M/min} × 2台 (STEAM) 20 ^T × 15 ^{M/min} × 6台 (STEAM)	20 ^T × 15 ^{M/min} × 2台 (STEAM) 20 ^T × 15 ^{M/min} × 9台
2.3 船, 船機	(15), (30 ^T) 19.6 ^T × 3 (AC18), 117 ^{M/min} (K3)	(16), (39 ^T) 15 ^T × 3 (AC14), 111 ^{M/min} (U3)	(20), (66 ^T , 52 ^T) 16.125 ^T × 3 (AC18), 114 ^{M/min} (U3)	(20) 21.5 ^T × 3 (J15), 114 ^{M/min} (U3)
2.4 保船機	44 ^{M/min} × 220 ^M × 15 ^T (315) (60 ^T)	40 ^{M/min} × 200 ^M × 12 ^T (315) 80 ^{M/min} × 200 ^M × 4 ^T (NYCAN)	40 ^{M/min} × 200 ^M × 16 ^T (315) 80 ^{M/min} × 350 ^M × 4 ^T (NYCAN)	39 ^{M/min} × 220 ^M × 2 ^T (315) 75 ^{M/min} × 300 ^M × 4 ^T (NYCAN) 75 ^{M/min} × 220 ^M × 2 ^T (NYCAN)
2.5 安全率 (鋼索)	(1.93)	(2.1)	(2.5以上)	(5.2)
2.5 安全率 (钢丝绳)	(-)	(2.5)	(3.8以上)	(5.96)
3. 計画保船能力 その他				
3.1 保船力計算基準			JSDS-R & NURH10式	
3.1.1 最大風速 (kt) 方向	15% (横方向)	20% (全方向)	15% (正確... 横方向)	15% (横方向)
3.1.2 最大潮流 (kt) 方向	考慮せず	2% (横方向)	2.5% (正面... 横方向)	1.03% (船首方向)
3.1.3 浪の影響	考慮せず	考慮せず (船首方向・潮流・浪) + 0.1% (船首方向・浪) + 0.1% (船首方向・浪) + 0.1% (船首方向・浪)	考慮せず	考慮せず
3.2 計画保船力	Bullet Cmd. C 100.2 ^T	(横方向) (正確) Full Cmd. 12 ^T 79 ^T C/M Cmd. 27 196	(正確) (STEAM) Full Cmd. 45.7 ^T 47.0 ^T Bull. Cmd. 44.6 120.0 (18.1% 上記月経付機, 必要保船力) 18 Cmd. Cmd. C 17.5% (C=20%)	Full Cmd. 40 ^T Bullet Cmd. 106 ^T
4. 自力式自動機				
4.1 保船機	+			
4.1.1 自力式自動機	+	機側自動	機側自動 (船) (保用 (Wind.))	REM. SPEED CONTROL
4.1.2 BRAKE		分 E	機側自動	HYD. BRAKE CONTROL (Wind.))
4.1.3 CLUTCH		分 E	分 E	
4.1.4 その他		+	WINDLASS & CHAIN LENGTH	
4.1.5 制御方式			COUNTER GAUGES 設置	
			WINDLASS 自動制御 (REM. CON) (保船機) (SPEED CONTROL)	自動速度, Array of Local Array 方式
4.2 索力自動機 (自動機) 表示	+	+	+	+
4.3 索自動機 (自動機) 表示	+	+	+	+
4.4 索自動機 (自動機) 表示	+	機側自動	機側自動	+

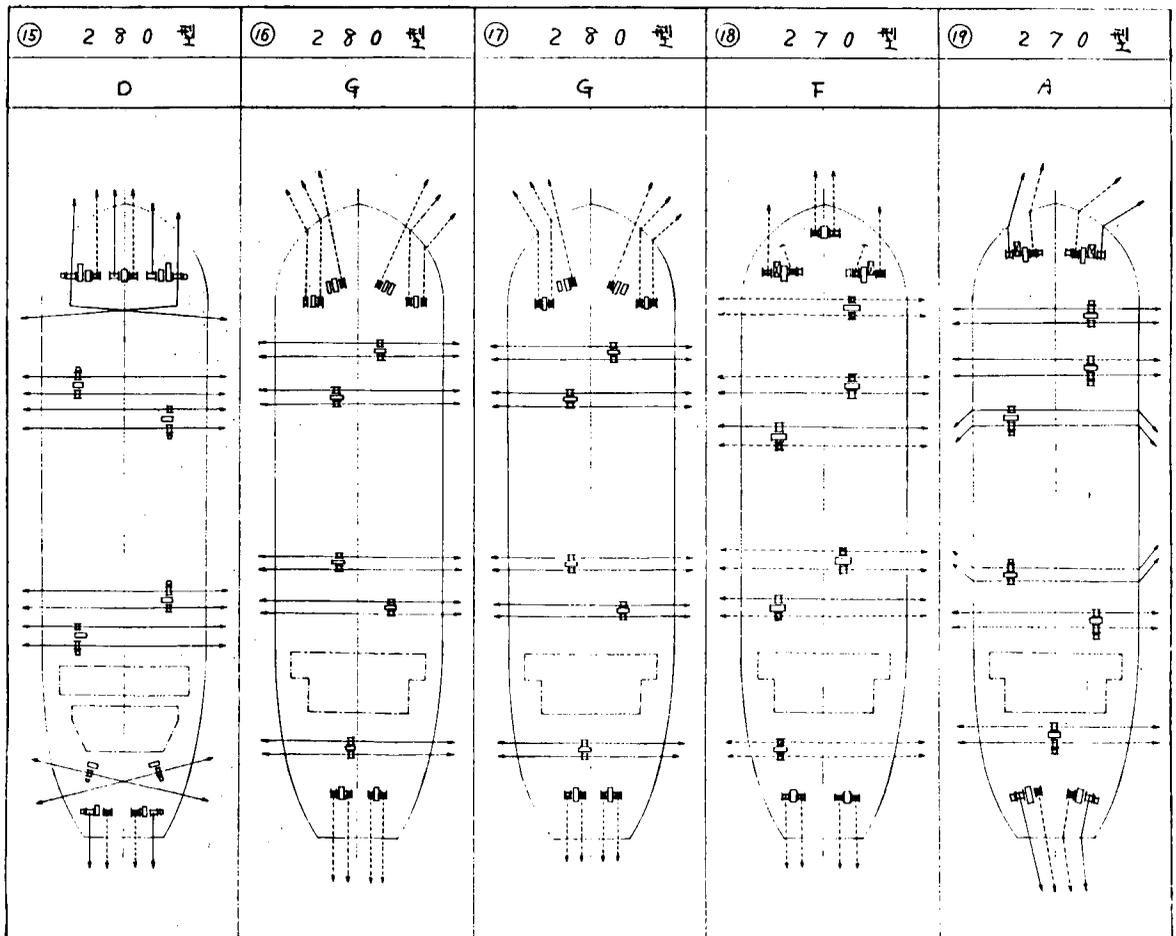
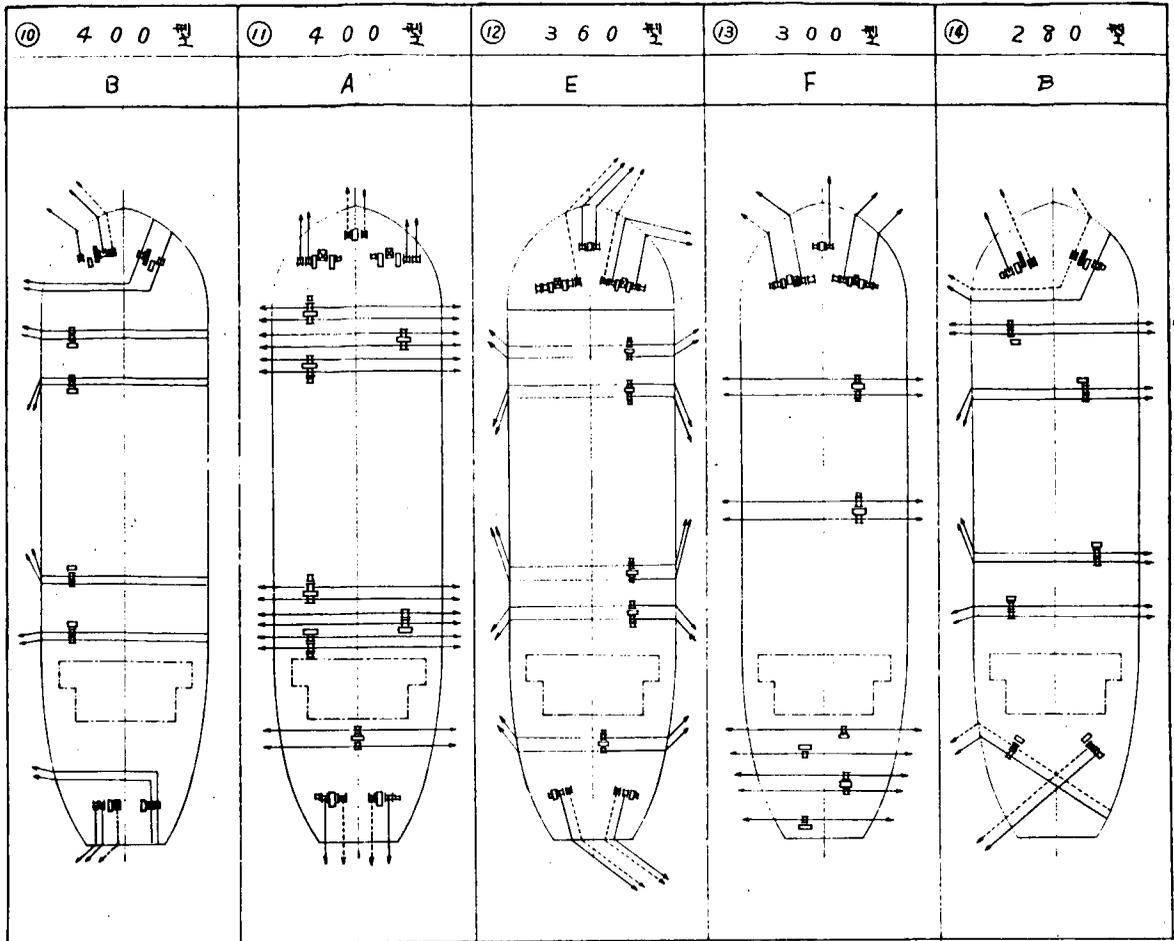
アンケート調査一覧表 (5)

項目		⑦ 280型	⑧ 270型	⑨ 270型	⑩ 270型
1.	要目その他				
1.1	造船所名	G	F	A	H
1.2	DWT (GT)	276,352	270,000	269,000	268,700
1.3	$L_{pp} \times B_m \times D_m \times d_{ext}$	320 ^m × 54.4 ^m × 26.9 ^m × 20.96	318 ^m × 56 ^m × 26.6 ^m × 20.55 ^m	323 ^m × 53.6 ^m × 27.1 ^m × 21.0 ^m	321 ^m × 55.2 ^m × 27.0 ^m × 21.0 ^m
1.4	CLASSIFICATION	ABS	NK	NK	LR
1.5	引渡年月	Nov. 1974	Apr. 1976	May 1975	SEPTEMBER 1974
1.6	積載率	7,331	6,701	6,700	7,475
2.	揚船機, 係船機, 係船索				
2.1	要目				
	1) 揚船機	60 ^T × 9 ^{min} × 2台 (STEAM)	57 ^T × 9 ^{min} × 2台 (STEAM)	58 ^T × 9 ^{min} × 2台 (STEAM)	62 ^T × 9 ^{min} × 2台 (STEAM)
	2) 係船機	20 ^T × 15 ^{min} × 2台 (STEAM) 20 ^T × 15 ^{min} × 9台	25 ^T × 15 ^{min} × 2台 (STEAM) 25 ^T × 15 ^{min} × 9台 (STEAM)	25 ^T × 15 ^{min} × 2台 (STEAM) 25 ^T × 15 ^{min} × 7台 (STEAM)	15 ^T × 20 ^{min} × 8台 (STEAM) 30 ^T × 20 ^{min} × 4台 (STEAM)
	(F=△数)	(20)	(20)	(20)	(20)
	(7L=△数)	(40 ^T)	(40 ^T)	(30 ^T)	(55 ^T)
	3) 荷 締 締	21.5 ^T × 3 (JIS), 114 ^{mm} (U3)	15 ^T × 3 (AC14), 111 ^{mm} (K3)	15 ^T × 3 (AC14), 111 ^{mm} (GAME 3)	23 ^T × 3 (JIS), 117 ^{mm} (U3)
	4) 係船索	38 ^{mm} × 275 ^m × 10 [#] (JIS) 80 ^{mm} × 275 ^m × 2 [#] (NYLON) 80 ^{mm} × 220 ^m × 6 [#] () 80 ^{mm} × 320 ^m × 2 [#] ()	38 ^{mm} × 200 ^m × 4 [#] (JIS) 80 ^{mm} × 200 ^m × 2 [#] (NYLON) 80 ^{mm} × 300 ^m × 8 [#] ()	40 ^{mm} × 220 ^m × 4 [#] (JIS) 80 ^{mm} × 300 ^m × 4 [#] (NYLON)	38 ^{mm} × 350 ^m × 9 [#] (JIS) 38 ^{mm} × 200 ^m × 10 [#] () 38 ^{mm} × 150 ^m × 2 [#] () 75 ^{mm} × 350 ^m × 4 [#] (NYLON)
	5) 索の安全率	(鋼索) (編組索)	(1.8) (-)	(2.5以上) (2.5以上)	(2.0) (2.0)
3.	計画性能値, その他				
3.1	性能値計算基準				
	1) 最大風速と艀方向	15 ^{ノット} (艀方向)	15 ^{ノット} (艀方向)	20 ^{ノット} (艀) ¹⁾ , 30 ^{ノット} (艀, 艀) ²⁾	17.0 ^{ノット} (全方向)
	2) 最大潮流と艀方向	1.03 ^{ノット} (艀方向)	考慮せず	1 ^{ノット} (艀) ¹⁾ , 1 ^{ノット} (艀) 20125 ^{ノット} ²⁾	1.5 ^{ノット} (艀方向)
	3) 計画性能	考慮せず	考慮せず	特に考慮せず A1... 艀方向の性能値は0.8A1, B1 2) ... 艀方向の性能値は0.8A1, B1 02... 艀方向の性能値は0.8A1, B1	考慮 (Full Cmd. 場合)
3.2	計画性能値	Full Cmd. 42 ^{ノット} Ballast Cmd. 10.6 ^{ノット}	107.7 ^{ノット} (Ballast Cmd.)	260 ^{ノット} / 20% 潮流 + 1 ^{ノット} 艀 461 ^{ノット} / 30% 潮流 + 1 ^{ノット} 艀 91 ^{ノット} / 30% 潮流 + 5 ^{ノット} 艀	考慮 (艀) Full Cmd. 22.6 ^{ノット} 25.8 ^{ノット} Ballast Cmd. 38.7 118.9
4.	省力化, 自動化				
4.1	遠隔制御				
	1) 舵止, 操縦機, 艀機	操縦手動	Local Rem. Con (操縦機)	操縦手動	操縦手動
	2) BRAKE	HYD. BRAKE (操縦機)	手動	操縦機	手動
	3) CLUTCH	操縦手動	手動	操縦手動	手動
	4) その他		+		+
	5) 制御方式	電動油圧	電動油圧	電動油圧	+
4.2	省力化, 自動化の表示	+	+	+	+
4.3	省力化, 自動化の装置	+	+	+	+
4.4	省メンテナンス対策	+	+	・ 省肉型	+

アンケート調査一覧表 (6)

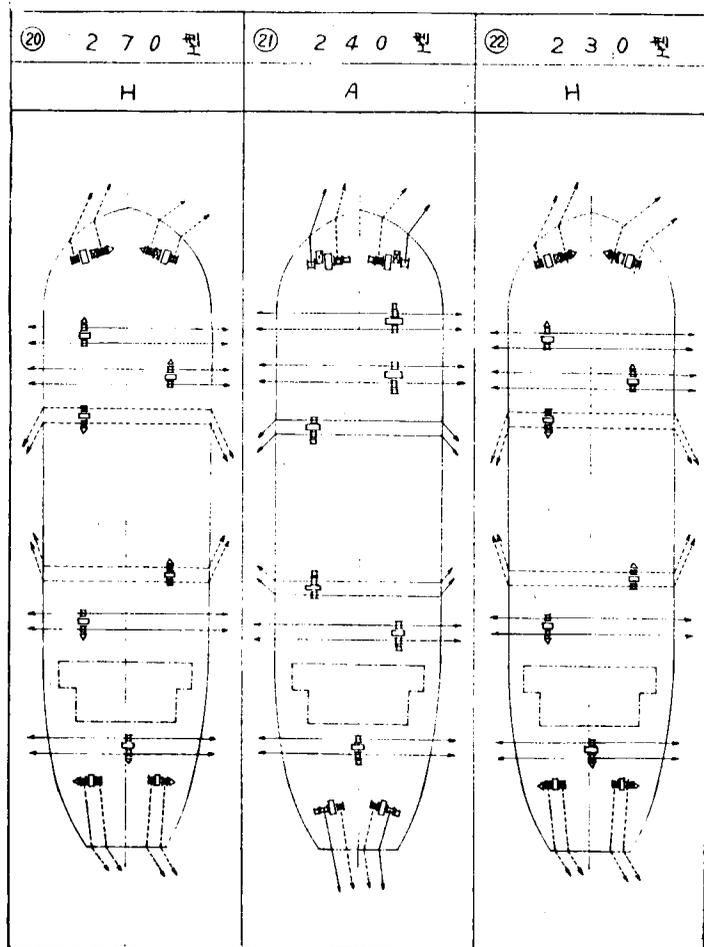
項目	① 240型	② 230型		
1				
1.1	要目と仕様			
	造船所名	H	H	
1.2	DWT (GT)	237,000 (GT)	226,400	
1.3	$Lpp \times Bm \times Dm \times dens$	$304^m \times 52.8^m \times 25.7^m \times 19.8^t$	$305^m \times 53^m \times 25.3^m \times 19.5^t$	
1.4	CLASSIFICATION	NK	NK	
1.5	引渡年月	Aug. 1975 (引渡)	Oct. 1974	
1.6	船名	6,200	6,798	
2	揚船機, 係船機, 係船索			
2.1	要目			
	1) 揚船機	$47^T \times 7.9^{min} \times 2台 (STEAM)$	$53.5^T \times 9.9^{min} \times 1台 (STEAM)$	
	2) 係船機	$20^T \times 15.7^{min} \times 2台 (STEAM)$ $20^T \times 15.7^{min} \times 2台 (STEAM)$ (20) (40)	$10^T \times 30.7^{min} \times 6台 (C \cdot)$ $20^T \times 30.7^{min} \times 2台 (C \cdot)$ $20^T \times 20.7^{min} \times 2台 (STEAM)$ (20) (55)	
	3) 係船索	$12.1 \times 3.0 (K3) 107^{mm}$ (3脚)	$20^T \times 3 (JIS) 111^{mm}$ (K3)	
	4) 係船索	$38^{mm} \times 200^m \times 4^t (K3)$ $75^{mm} \times 200^m \times 4^t (NYLON)$	$425^{mm} \times 200^m \times 4^t (K3)$ $80^{mm} \times 200^m \times 16^t (NYLON)$	
	5) 索・安全率		(2.0)	
	(鋼索)	(2.5以上)	(2.0)	
	(合成索)	(2.5以上)		
3	計画係船能力と仕様			
3.1	係船力計算基準			
	1) 最大風速と吹向		$17.0^m/s$ (全方向)	
	2) 最大潮流と吹向		1.5^m (全方向)	
	3) 浪高	(1) 吹向不明	考慮 (Full Cond. 不明)	
3.2	計画係船力	$20^T / 30^m/s$ 係船 + 1^T 係船 $47^T / 30^m/s$ 係船 + 1^T 係船 $20^T / 30^m/s$ 吹風 + 5^T 吹風	(係船力) (係) Full Cond. 31.9^T 42.5^T Reduced Cond. 32.5^T 125.9^T	
4	省力化と自動化			
4.1	遠隔制御			
	1) 操舵機と自動操舵	自動操舵機	LOCAL REMOTE (L=操舵)	
	2) BRAKE	自動操舵機	〇	
	3) CLUTCH	操舵機	〇	
	4) その他	自動操舵機	操舵機	
	5) 制御方式	自動操舵機	Group 別 LOCAL REMOTE 方式	
4.2	省力化と自動化	〇	〇	
4.3	省力化と自動化	〇	〇	
4.4	省力化と自動化	〇	〇	





(次頁左欄につづく)

(前頁より続く)



3.2 船級協会規則と其の動向

錨、錨鎖および索類の艤装品に対する規則については、1962年以来、世界の主要船級協会が統一規則を作るためWorking Partyをもって作業を進め、1965年4月に艤装数の算定式と艤装数に対応する艤装品の規格表を作っている。

このWorking Partyでは、その後、錨鎖およびその材料の規格の統一案作成の作業を行なった後、1971年および1972年にかけて船舶の巨大化に対応して艤装数を16,000迄拡大した統一規則を作成している。

又、ウインチ及びウインドラスについては従来船級協会としては、規則でカバーして来なかったが、ウインチについては1971年にウインドラスについては1972年に実効上の基準をステートメントとして表明している。

3.2.1 国際船級協会統一規則の艤装数と艤装品

国際船級協会会議(以下IACSと呼ぶ)

では、1965年に船艤装数の算式として

(3.2.1)式を統一規定した。これは現在も使用されており、将来も、今の所、変更の意図はないと考えられる。

$$EN = \Delta^{2/3} + 2.0hB + 0.1A \quad \text{..... (3.2.1)}$$

Δ : 船の排水量(Ton)

h : 満載喫水線から、巾が $\frac{B}{4}$ を超える甲板室の頂までの高さ(m)

B : 船の巾(m)

A : 満載喫水線から上の船体、船楼および甲板室の側面積(m²)

この艤装数によって、規定された艤装品を第3.2.1表に掲げる。

3.2.2 艤装数と係船力との関係

艤装数の算式(3.2.1)は前記IACSのWorking Partyにおいて、係船時の潮流抵抗や風圧抵抗などに関し検討は行われているようであるが、特定の合意された理論に基づいて導き出されたものではなく、主として従来の各協会の規定内容と対比しながら個々の艤装品が従来の要求値と大差のないよう考慮しながら「統一」と云うことを主眼として決定されたと考えられ、その物理的意味または理論的根拠は明らかにされていない。しかし、日本海事協会では、本算式を受け入れるに当たって検討を加えた結果、充分妥当性のあるものとしているのでその検討の概略を記すと下記の如くである。

(1) 係船時船に加わる外力に対する抵抗

(i) 係船時船に加わる外力に対する全抵抗をFとし、これは次の要素の和と考える。

$$F = R_t + R_p + R_w \quad \text{..... (3.2.2)}$$

R_t : 潮流抵抗

R_p : ロックド・プロペラの抵抗

R_w : 風圧抵抗

(甲) 船の縦方向に平行な、船首からの潮流と風を受けるときの抵抗力、潮流抵抗は次の Froude の算式を用いる。

$$R_t = \sigma \lambda \{ 1 + 0.0043 (15 - t) \} S V_t^{1.825} \quad (3.2.3)$$

σ : 海水の比重, t : 水温, S : 浸水面積, V_t : 潮流の速さ, λ : 抵抗係数

上記の中 S は L/B , B/d を適当に仮定すれば, $\Delta^{2/3}$ を含む式で表わされ, 更に λ , σ , t についても適当な値をとれば R_t は次式で表わされる。

$$R_t = 0.87 \Delta^{2/3} V_t^{1.825} \quad (Kg) \quad (3.2.4)$$

ロックドプロペラの抵抗は近似式として Frorrel & Torpe (TINA 1948) の式をとると,

$$R_p = K_p \cdot D^2 \cdot V_t^2 \quad (3.2.5)$$

K_p : 係数, D : プロペラの径, V_t : 潮流の速さ

更に実船例からその値を試導してみると R_p は R_t の約 1.5 倍となっており, $R_p = 1.5 R_t$ とする。

風圧抵抗については次式による。

$$R_w = \frac{1}{2} c \rho A V_w^2 \quad (3.2.6)$$

c : 抵抗係数, ρ : 空気密度, A : 風圧面積, V_w : 風速

c , ρ に適当な数値を入れると次式で表わされる。

$$R_w = 0.06 A V_w^2 \quad (3.2.7)$$

従って, 全抵抗 F は次式で表わされる。

$$F = 2.5 R_t + R_w = 2.17 \Delta^{2/3} V_t^{1.825} + 0.06 A V_w^2 \quad (Kg) \quad (3.2.8)$$

ここで, $V_t = 4 \text{ m/sec}$
 $V_w = 30 \text{ m/sec}$ とすれば,

$$F = 2.723 (\Delta^{2/3} + 1.98 A) \quad (3.2.9)$$

したがって F は $2.723 (\Delta^{2/3} + 1.98 A)$ にほぼ比例することになる。

(乙) 船首からの潮流と斜方向からの風を受けるときの抵抗力

潮流抵抗とロックドプロペラの抵抗は(甲)に述べたとおりとする。風圧抵抗については角度を第 3.2.1 図とすれば,

$$R_w \cdot \cos(\alpha - \varphi) = \frac{1}{2} C_F \rho V_w^2 \cdot (A_t \cos^2 \varphi + A_l \sin^2 \varphi) \quad (3.2.10)$$

A_t : 水線上の横断面積, A_l : 水線

上側面積, C_F : 係数

ここで $\varphi = 12.5^\circ$ とすれば, $\alpha \doteq 35$,

$C_F \doteq 0.9$, これらの値を使った場合

$$R_w = 0.062 V_w^2 (A_t + 0.49 A_l) \quad (3.2.11)$$

従って全抵抗 F は,

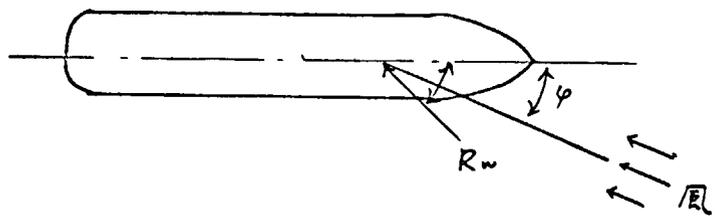
$$F = 2.5 R_t + R_w = 2.17 \Delta^{2/3} V_t^{1.825} + 0.062 V_w^2 (A_t + 0.49 A_l)$$

V_t , V_w は(甲)と同様 4 m/sec , 30 m/sec とすれば,

$$F = 2.723 (\Delta^{2/3} + 2.05 A_t + 0.10 A_l) \quad (3.2.12)$$

したがって F は $(\Delta^{2/3} + 2.05 A_t + 0.10 A_l)$ にほぼ比例することになる。

(丙) 結論として, これらは統一規則と同様な形であり, したがって統一規則の糺装数算式は, A_t を h , B で, A_l を A で表わしたもので, 上に述べたような仮定の下に計算された潮流および風圧から受ける全抵抗に比例するよう定められていると云える。



第 3.2.1 図

(2) 錨鎖の安全率、長さおよび錨の把駐力

(1)の結論により全抵抗Fと錨装数ENとの関係は次式で表わせる。

$$F = 27.23 EN \quad (\text{Kg}) \quad \dots\dots\dots (3.2.13)$$

一方、統一規則の錨鎖の径は次のとおり決められている。

$$\text{第2種錨鎖の径} \quad d_2 = 0.875 \sqrt{3EN} \quad \dots\dots\dots (3.2.14)$$

$$\text{第3種錨鎖の径} \quad d_3 = 0.875^2 \sqrt{3EN} \quad \dots\dots\dots (3.2.15)$$

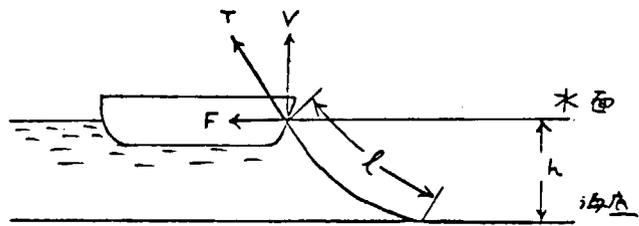
この d_2 、 d_3 とENとの関係からFと径の関係が次のとおり得られる。

$$F = 11.86 d_2^2 \quad \dots\dots\dots (3.2.16)$$

$$F = 15.48 d_3^3 \quad \dots\dots\dots (3.2.17)$$

すなわちFを導いたときの仮定に基づけば、たとえば d_2 mmの径の錨鎖を要求される船は、 $11.86 d_2^2$ (Kg)の力を受けると考えたことになる。

したがって錨泊時の水深を適当に仮定して、錨鎖の長さは立錨とならないよう充分な長さがあると仮定すれば、錨鎖に加わる張力を計算することが出来る。



第2.3.2図

第2.3.2図のように錨鎖の船内端は水面の所にあると仮定し、錨鎖に加わる張力を求めると、次のようになる。

$$\text{第2種錨鎖の場合} \quad T = 1.91(6.21+h) d_2^2 \quad (\text{Kg}) \quad \dots\dots\dots (3.2.18)$$

$$\text{第3種錨鎖の場合} \quad T = 1.91(8.10+h) d_3^3 \quad (\text{Kg}) \quad \dots\dots\dots (3.2.19)$$

但し、dは単位mm

一方、スタッド付錨鎖の破断荷重Bと径dとの関係はおよそ次のとおりである。

$$\text{第2種錨鎖の場合} \quad B = (61.0 - 0.11 d_2) d_2^2 \quad (\text{Kg}) \quad \dots\dots\dots (3.2.20)$$

$$\text{第3種錨鎖の場合} \quad B = (87.5 - 0.15 d_3) d_3^3 \quad (\text{Kg}) \quad \dots\dots\dots (3.2.21)$$

但し、dは単位mm

これから、B/Tすなわち錨鎖の安全率を $h = 10\text{m} \sim 100\text{m}$ 、 $d = 125\text{mm} \sim 120\text{mm}$ の範囲について計算すると安全率は全体的にほぼ4以上となっている。

錨鎖の長さについて検討すると、ENの値に対し要求される錨鎖の長さの半分と相当する水深を較べると、 $L = 216\text{m}$ の船で、第2種錨鎖の場合、水深76m、第3種錨鎖の場合59.5m、 $L = 380\text{m}$ の船では、第2種錨鎖の場合、水深102m、第3種錨鎖の場合81m迄立錨とはならないことが分り、この値は非常識な値ではないと考えられる。

次に錨の把駐力について考えてみる、通常の状態では、錨鎖及び錨の両者で海底部で把駐力を生ずると考えられるが、こゝでは最悪の場合を考えて錨のみが把駐力として働くと考えたと錨の把駐力係数を10とすれば、上記迄の仮定条件では限界把駐力のところにあり錨の重量も適当な所にあるといえる。

以上が日本海事協会の検討の概要である。

3.2.3 索 類

係船索についても1965年のIACSの統一規則にENに対応して数、サイズ、長さについて規定がある。ENは、投錨中の係船力に比例するように作られたもので、これは船の船首を風及び潮流の方向に向けている状態を基本概念としているから、規定の妥当性をENに関連づけて説明することはむづかしい。規定自体は当時の実績をもとに決められたものと思われる。

所で、その後船舶の急激な巨大化に伴って、この規定は実情に沿わないことが明らかとなって来たため、IACSの

年頃より再検討を始め、水線
上の船体側面に横風を受ける
場合を規定して計算の上、統
一規則を大巾に改正した。第
3.2.1表に示すのがそれであ
る。

これは、従来のものに比較
して係船索の総破断力で約50
%増しとなっており、一応
巨大船の実情に沿うものと考
えられている。

3.2.4 揚錨機及び係船機

船級協会の規則は従来揚錨
機及び係船機についてはカバ
ーして来なかった。ほゞ各国
共設計については国内基準
(日本ではJIS)に合格して
いればよいと云う態度をとっ
ているようであり、完成品の
シヨップテスト及び船上テス
トによる確認をのみを行って
いるのが普通である。

揚錨機及び係船機の重大な
事故は決して多いわけではな
いが、ISOで係船機の基準化

を始めたこと及び数年前欧州で揚錨機のブレーキ事故による錨鎖の落失が2, 3続いたのを契機として、船級協会として
の考えを明らかにする必要が生じ、IACSでは係船機については1970年に、揚錨機については1971年に実効上
のクライテリアをステートメントとして表明している。それによれば要求値は次のようである。

(1) 揚錨機

連続出力(30分) $Z = 4.25d^2$ (第3種錨鎖に対し)

単位 Z : Kg d : mm

揚錨平均速度 = 9m/min

ストッパーの強度 = 錨鎖の破断力

ブレーキ力 = " " の45%

応力 = 材料の降伏応力以下

なお、これらは風力はビューホートスケールの6, 潮流3節, 投錨地水深100mを基礎条件として定めている。

(2) 係船機

ブレーキ強度はロープの破断力より大きいこと, 最大捲上力はロープの破断荷重の $\frac{1}{4.5}$ 倍より少なくなく $\frac{1}{3}$ をこ
えないこと, 捲出し力は、捲上げ力の1.5倍を超えず, 1.05倍より少なくないこと, などが要求されている。

Table I Equipment

E.N. (See notes)	Stockless bower anchors		Stockless stream anchor	Stud link chain cable for bower anchors				Stream wire or chain		Tow line		Mooring ropes		
	No.	Weight per anchor (kg.)		Total length (m.)	Mild steel (mm.)	Min. dia. Special quality (mm.)	Extra special quality (mm.)	Length (m.)	Breaking strength (kg.)	Min. length (m.)	Breaking strength (kg.)	No. of each rope (m.)	Length of each rope (m.)	Breaking strength (kg.)
錨索数 1060-1670 及び 1170-2100 掲載省略														
1060-1140	3	3300	-	495	58	50	46	-	-	200	66000	4	180	23500
1140-1220	3	3540	-	522.5	60	52	46	-	-	200	70500	4	180	27500
1220-1300	3	3780	-	522.5	62	54	48	-	-	200	75300	4	180	26000
1300-1390	3	4050	-	522.5	64	56	50	-	-	200	80100	4	180	31500
1390-1480	3	4320	-	550	66	58	50	-	-	200	85200	4	180	33000
1480-1570	3	4500	-	550	68	60	52	-	-	220	90600	5	190	31000
1570-1670	3	4890	-	550	70	62	54	-	-	220	96000	5	190	34000
1670-1790	3	5250	-	577.5	73	64	56	-	-	220	104400	5	190	36000
1790-1930	3	5610	-	577.5	76	66	58	-	-	220	113100	5	190	38500
1930-2080	3	6000	-	577.5	78	68	60	-	-	220	119100	5	190	41600
2080-2230	3	6450	-	605	81	70	62	-	-	240	128400	5	200	43000
2230-2380	3	6900	-	605	84	73	64	-	-	240	138300	5	200	46000
2380-2530	3	7350	-	605	87	76	66	-	-	240	148200	5	200	48000
2530-2700	3	7800	-	632.5	90	78	68	-	-	260	150000	6	200	49000
2700-2870	3	8250	-	632.5	92	81	70	-	-	260	150000	6	200	50000
2870-3040	3	8700	-	632.5	95	84	73	-	-	260	150000	6	200	51000
3040-3210	3	9300	-	660	98	84	76	-	-	280	150000	6	200	53000
3210-3400	3	9900	-	660	100	87	78	-	-	280	150000	6	200	56500
3400-3600	3	10500	-	660	102	90	78	-	-	280	150000	6	200	60000
3600-3800	3	11100	-	687.5	105	92	81	-	-	300	150000	6	200	63000
3800-4000	3	11700	-	687.5	108	95	84	-	-	300	150000	6	200	66000
4000-4200	3	12300	-	687.5	111	98	87	-	-	300	150000	7	200	67000
4200-4400	3	12900	-	715	114	100	87	-	-	300	150000	7	200	69000
4400-4600	3	13500	-	715	117	102	90	-	-	300	150000	7	200	69000
4600-4800	3	14100	-	715	120	105	92	-	-	300	150000	7	200	69000
4800-5000	3	14700	-	742.5	122	107	95	-	-	300	150000	7	200	70000
5000-5200	3	15400	-	742.5	124	110	97	-	-	300	150000	8	200	70000
5200-5500	3	16100	-	742.5	127	112	100	-	-	300	150000	8	200	71000
5500-5800	3	16900	-	742.5	130	114	102	-	-	300	150000	8	200	72000
5800-6100	3	17800	-	742.5	132	117	105	-	-	300	150000	9	200	72000
6100-6500	3	18700	-	742.5	120	107	107	-	-	-	-	9	200	73000
6500-6900	3	20000	-	770	124	112	112	-	-	-	-	9	200	74000
6900-7400	3	21500	-	770	127	117	117	-	-	-	-	10	200	74000
7400-7900	3	23000	-	770	132	120	120	-	-	-	-	11	200	74000
7900-8400	3	24500	-	770	137	122	122	-	-	-	-	11	200	75000
8400-8900	3	26000	-	770	142	127	127	-	-	-	-	12	200	75000
8900-9400	3	27500	-	770	147	132	132	-	-	-	-	13	200	75000
9400-10000	3	29000	-	770	-	-	-	-	-	-	-	14	200	75000
10000-10700	3	31000	-	770	-	-	-	-	-	-	-	15	200	75000
10700-11500	3	33000	-	770	-	-	-	-	-	-	-	16	200	75000
11500-12400	3	35500	-	770	-	-	-	-	-	-	-	17	200	75000
12400-13400	3	38500	-	770	-	-	-	-	-	-	-	18	200	75000
13400-14600	3	42000	-	770	-	-	-	-	-	-	-	19	200	75000
14600-16000	3	46000	-	770	-	-	-	-	-	-	-	21	200	75000

3.2.5 今後の動向

IACSでは、錨、錨鎖、係船索に関する規定については最近の改正により積装数16,000までのものを完成しており、一応超巨大船に対する対応は出来るものと考えており、当面これを更に拡大したり改正したりする動きはないものと考えられて居る。

3.3 アンカーと把駐力

3.3.1 アンカーの型式

(1) JIS型

わが国の船首アンカーは、現在もほとんどJIS型ストックレスアンカーが使用されている。これは英国のHall型を基調とした旧日本海軍型を受け継いだもので、細目についての規格がなかったことによる不便さを解消する目的で昭和26年にJIS化され今日に至っている。しかし、台風時の走錨事故などの教訓を背景として、主として昭和29年以降において縮尺模型による水槽実験、実物実験および実船実験が各所で実施され、その結果から、投錨時のかき込みが良好とは言えないこと、把駐力は従来の推定値より小さいこと、かき込み後の移動中に左右へ傾斜または回転して安定性悪く把駐力を減少する傾向の強いこと、などの欠点を指摘されている。

(2) 日本の新型アンカー

JIS型ストックレスアンカーの持つ多くの欠点をカバーして把駐力効果の良いアンカーを開発することは、船舶の大型化・多様化に対応するためにも是非必要である。

わが国では、主として底質砂の水槽実験結果をベースとする船用アンカーの開発がある。

JIS型ストックレスアンカーのトリッピングバームを拡大し後退角をつけ、両フリック先端外側の面積を増大させた簡便改良型アンカーは、投錨時のかき込みが確実で左右の姿勢安定性を向上させ、把駐力を原型の50%程度増加したが、この改良を検討してJNR型(日本国有鉄道型)が開発され、実用化に至っている。

また、防衛庁の開発もある。

日本海難防止協会の「超大型船の港内操船に関する研究委員会」(昭42,43年度)及び「船舶係留の安全性に関する調査研究委員会」(昭44,45年度)では、錨小委員会を設置し、後述のAC14型をしのぐと考えられる新型アンカー(KB-1改2型,KB-3型及びKB-3改2型など)を開発したが、実用化されていない。

さらに、神戸商船大学のアンカー実験水槽における系統的な模型実験結果からKS-7型,KS-4.2型などが開発され、泥状粘土の底質に関する検討も含め、AC14型に劣らないものと言われている。なお、日本船用機器開発協会による新型アンカーも発表されている。

小型舟艇用軽量アンカーとしても、鋼板製の π 型アンカーなどが試作され、大きな把駐力を持つと報告されている。

(3) 外国のアンカー

英国では、19世紀末に実施された英艦船用アンカーに関するシリーズテストの成果としてASSアンカー(Admiralty Standard Stockless Anchor:Hall型を含む)を制定したが、第2次世界大戦終期にかけて、これらのASSアンカーは走錨しやすいと指摘されたため、1944年に新型船用アンカーの開発研究を開始し、その成果として、一般船舶用にはAC14型アンカー及びStokesアンカー、潜水艦用にはAC17型アンカー、ブイなどの長期係留用にはAM12型アンカーをそれぞれ開発した。なお、AC14型アンカーは高把駐力アンカーと認められ船舶に備える場合重量を25%軽減することができる。

米国では、Baldt型ストックレスアンカーが軍艦及び商船の船首アンカーとして使用されて来ており、その把駐力はJIS型を相当上回ると言える。また、上陸用舟艇などのものとしてDanforth型ストックアンカーを使用し、投錨時のかき込みの良いこと、把駐力の大きいこと、左右の姿勢安定性の良いことなどの長所を持っている。なお、1947年から1955年にわたる実験研究から、ブイなどの長期係留用としてBudocks Statomアリングアンカー

の開発もある。

3.3.2 アンカーの把駐性能

性能の良い船用アンカーの一般的条件は、軽量で取り扱いやすく堅牢であること、前進投錨や後進投錨などのいろいろな投錨法に対して常にかき込みが早く確実であること、把駐力の大きいこと、走錨した場合でも姿勢安定性良く把駐力を減少しないこと、などである。

(1) アンカーのかき込み

底質砂の水槽実験では、JIS型ストックレスアンカーは投下後の水平引張においてフリュークはかき込まず、正常な把駐姿勢をとらない。また、函館港で青函連絡船が実施した重量約3トンのものの実船実験では、底質泥の地点で前進または後進投錨による投錨法で、フリュークが上方を向いて一度もかき込まず、神戸港外での重量約460Kg及び約2.4トンのものによる実船投錨実験でもフリュークのかき込みはなかった。一方、重量320Kgのものの底質砂及び泥の実船実験や、淡路島西岸沖においての重量約2.3トンのものの底質砂の実船実験では、かき込みのあったことも報告されている。

従来は、投下したアンカーは、ウインドラスのブレーキ操作などによりアンカーチェーンをひきしめることによって、フリュークが海底にかき込み外力に対抗する把駐力を保って船体を係止すると考えられ、からみ錨などの場合を除いては、そのかき込みに疑問をもたれなかったようであるが、水槽実験におけるBaldt型やDanforth型のかき込みの良さとの比較ともあわせて上述の実験結果を総合すると、JIS型ストックレスアンカーのかき込みは信頼性が低く、特に底質泥の場合に警戒を要すると言えよう。

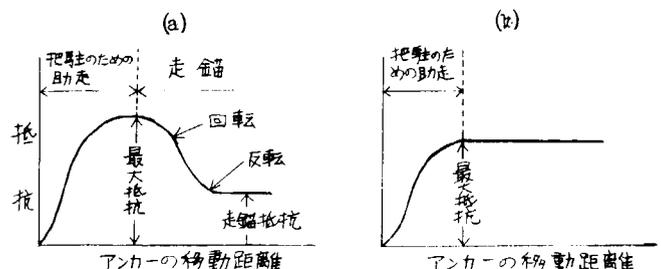
(2) 把駐特性

錨泊中の外力に対抗する船に係止力は、アンカーチェーンの緩衝作用などを含めたアンカーとアンカーチェーンの総合抵抗力と言える。そして、アンカーについては投下後の引張りに対する抵抗力を把駐力と呼び、フリュークが海底に十分かき込んだ姿勢での最大抵抗力を把駐力の代表値としてきた。なお、アンカーチェーンの把駐力とは、海底に横たわった部分の引張りに対する抵抗力をさしている。

ここで、アンカーのかき込み後の最大抵抗力だけを見ても、そのアンカーの把駐性能……たとえば、かき込みの早さ、抵抗力の持続性、引張速度の影響など……の全体を正しく認識したとは言えない。これは、アンカーの性能を評価する場合に大切な問題であって、多くの実験研究から動的な性能を含む把駐特性の表示の必要性が提唱されている。

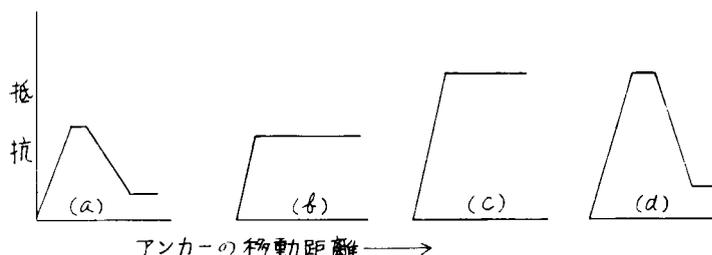
投下後のアンカーを水平方向に引張ってフリュークがかき込んだ場合、アンカーの移動につれてかき込みは深くなり抵抗力が増大する。さらにアンカーの移動を続けると、左右の安定性の悪いものは回転しはじめ最後にはフリュークを上向きに反転し抵抗力が減少する。しかし、安定性の良いアンカーは反転せずにかき込み姿勢を維持しほぼ一定の抵抗値を保ちながら移動を続け、引張りを中止するとかき込んだ姿勢のまま静止する。第3.3.1図は底質砂の水槽実験結果からアンカーの抵抗力の変化傾向を示したものであり、(a)はJIS型ストックレスアンカー、(b)はJIS型ストックアンカーの場合である。すなわち、前者は左右の安定性悪く反転しその後のかき込みを期待できないことを示し、後者は最大抵抗値は必ずしも大きくないが安定性の良さを示している。

このように、アンカーの移動距離と抵抗力との関係を示す曲線を把駐力特性曲線と言ひ、移動距離についてはそのアンカーの代表長さの倍数、抵抗力についてはそのアンカーの重さ(空气中重量)の倍数(把駐係数)で示するのが普通である。把駐力特性曲線と横軸とによって囲ま



第3.3.1図 把駐特性

れた面積は、力×距離の仕事量であって動的排駐力と言える。すなわち、アンカーはその最大抵抗力だけで船体係止効果を論ずるのではなく、動的把駐力を含めて検討しなければならない。



第 3.3.2 図 把駐力特性曲線の形式

第 3.3.2 図は、把駐力特性曲線の形式を示したもので、(a)は最大抵抗小さく反

転する (JIS 型 ストックレスアンカー)。 (b)は最大抵抗小さく反転しない (JIS 型ストックアンカー)。 (c)は最大抵抗大きく反転しない (たとえば Danforth 型ストックアンカー)。 (d)は最大抵抗大きく反転する (たとえば, Balldt 型ストックレスアンカー)。 すなわち、把駐力特性曲線から見れば(c)は理想的と言えよう。

ここで、考えなければならないこととして、アンカーの移動速度の問題がある。すなわち、アンカーの移動に対する抵抗はその移動速度によって変動し、最大抵抗の値が異なるので、いろいろな速度における把駐力特性曲線が書けることになる。したがって、速度影響を十分検討しなければそのアンカーの船体係止力を正しく判断できない。

(3) 把駐力と把駐係数

JIS 型ストックレスアンカーの引張り移動速度を増加するとその抵抗も増大する傾向があるから、船体係止効果から見ると、早い速度で移動中の最大抵抗値が大きいかとしてもそれを最大把駐力とみなすことは用錨上適当ではなく、危険と言える。また、他のアンカーでは逆に抵抗を減少する傾向をもつものもある。いずれにしても、アンカーの把駐力はフリュークが十分かき込んだ姿勢で静止しているときの最大抵抗の大きさ、すなわち、アンカーの移動速度を限りなく小さくしたときの最大抵抗力で評価する必要がある。これらのことから把駐力を次のように分類する。

アンカーの把駐力は、フリュークが海底にかき込んだ状態において現われる引張りに対する抵抗力のことで、代表値はその最大値である。そして、アンカーが移動速度を保持している場合の最大抵抗値を走錨把駐力または走錨把駐抵抗と言ひ、移動速度を限りなく小さくしたときの最大抵抗値を静止把駐力と言ひ。静止把駐力はそのアンカーの保証把駐力とも言える。なお、静止把駐力を厳密に測得することは困難……特に実船実験ではアンカーチェーンの影響や船体の振れ回りなどの影響があるためきわめて困難……であるから、水槽実験などによりアンカーの移動速度と走錨把駐力との関係を図形化し、その図形から速度ゼロにおける把駐力を読みとる方法がとられている。

アンカーの把駐力の大きさは、形状的にはフリューク面積の $3/2$ 乗に比例するという考え方があがるが、一般には、把駐力を H 、アンカーの空中重量を W として、 $H = kW$ とおき、比例常数 K をそのアンカーの把駐係数と言ひ。

JIS 型 ストックレスアンカーの把駐係数としては、海軍大学校教官南部大佐の調査研究による「単錨泊に於ける錨及錨鎖の爬駐力に就て」(海軍省教育局：昭和 2 年 3 月)に述べられた把駐係数の推定値すなわち、軟泥または粘土…… 10、硬泥…… 9、砂泥…… 8、砂および貝砂…… 7、砂礫…… 6、平岩…… 5 を近年まで通念としてきた。一方、JIS 型の母体と言ひえる ASS アンカーの重量 1 トン以上のものについて示された K の実験値は、第 3.3.1 表のとおりで平均 3.6 程度である。また、第 3.3.2 表に示す K の値も発表されている。すなわち、Hall 型を含む ASS アンカーの K は小さい。

ASS アンカーの K の値は旧日本海軍の推定値の過大さを示唆するものであるが、わが国で近年実施された JIS 型ストックレスアンカーの実験結果からその K の値をまとめると第 3.3.3 表のようになる。ここで水槽実験の場合の K は静止把駐力に対応するものである。

なお、泥状粘土の底質における水槽実験も実施されているが、測定値のバラツキが大きく、 K の値を明示するまでに至っていない。

第 3.3.3 表から見ると、底質砂、泥及び砂泥についての K は、ASS アンカー同様旧日本海軍の推定値より小さく、特に、泥より砂の方が小さいと言ひえない点に注目する必要がある。

第 3.3.1 表 A S S アンカーの把駐係数(1)

重 量 (c. w. t)	底 質 等	K	備 考
42	Sand & shingle	5.70	Pwllheli trial
42	Deep mud	4.95	"
42	Sand & shingle	5.8	"
42	Deep mud	5.0	"
27	no cable, sand	2.9	Weymouth trials
31	"	2.9	"
36	"	2.2	"
36	"	2.3	"
36	"	3.1	"
54	"	2.8	"
36	no cable	2.2	Horsea trials Cond: Stiff chalky mud under a top 6" layer of harbour mud.
36	30 fms, 1 3/4 in.	1.8	
26	no cable	2.2	
42	no cable	2.4	
42	30 fms, 1 3/4 in.	2.6	
11000 lbs.	Sand & mud	4.8	by American cruiser trials
14000 lbs.	"	4.9	"
11000 lbs. (new)	"	6.1	"

第 3.3.2 表 A S S アンカーの把駐係数(2)

底 質	Shingle/Sand	Rock with Layer of Mud and sand	Blue clay
K	3.5	1.8	3~4

第 3.3.3 表 J I S 型ストックレスアンカーの把駐係数

錨の重量	K	底 質 (場所)	実 験 方 法	回 数	時 期
1.01 トン	5.3	細砂まじりの泥 (浦賀造船所川間工場沖)	海上実験 (固定したクレーン船による)	4	昭. 29
2.9 トン	4.2	泥 (函館港)	実船実験	8	昭. 33
320Kg	3.1	砂 (伊豆, 妻良子浦)	実船実験	23	昭. 36
320Kg	1.25	泥 (館山)	実船実験	18	昭. 36
約 10, 20, 30Kg	約 3	細砂 (淡路富島海岸のもの)	室内水槽 (長さ 17m)	120 以上	昭. 37
約 11Kg	2.8	細砂 (川砂)	室内水槽 (長さ 4m)	100	昭. 38
約 20Kg	約 3.6	細砂 (淡路富島海岸のもの)	室内水槽 (長さ 17m)	30	昭. 45
同 上	約 3.7	同 上	同 上	100	昭. 45
約 1 トン	約 6~7	砂泥	台車による引張	3	昭. 47

これらを総括すれば、安全側から見た J I S 型ストックレスアンカーの把駐係数は、底質泥で 2 程度、砂で 3 ~ 4 程度と考えるのが妥当であろう。

アンカーを斜め上方に向けて引いたとき、その走錨抵抗は減少する。その減少割合を知ることはアンカーチェーンを適当に伸出してそのかき込みをコントロールする操船……たとえば用錨回頭など……の場合に必要である。底質砂の水槽実験によると、J I S 型ストックレスアンカーでは、伸出錨鎖の長さが海底からベルマウスまでの高さの 1.5 倍、2.0 倍であれば、K も 1.5、2.0 程度となり、約 3 倍の長さからフリュークの十分なかき込みがあらわれる公算が大きくなる。また、かき込まずに水平引張で移動しているときの K (厳密には走錨抵抗係数と言うべきである) は 1.4 程度である。

J N R 型は底質砂で $K \doteq 7$ 、B a l d t 型は底質砂で $K \doteq 9$ 、A C 1 4 型は底質泥で $K \doteq 7$ 、粘土まじりの砂礫で $K \doteq 10$ 、S t o k e s 型は底質砂泥で $K \doteq 15$ と報告されている。

なお、アンカーチェーンの把駐力 (海底に横たわった部分の抵抗力) を H_c 、単位長さの空气中重量を ω 、海底に横たわった長さを l とすると、 $H_c = K_c \omega l$ であらわされ、比例常数 K_c をアンカーチェーンの把駐係数と言う。 K_c の値は前述の「単錨泊に於ける錨及錨鎖の把駐力に就て」に次のような推定値が示されている。すなわち、軟泥または粘土…… 3、硬泥、砂泥、砂及び貝砂…… 2、砂礫及び平岩…… 1.5 である。しかし、内外の実測値から見るとこれらの値は過大であって、底質砂で 0.75、泥で 0.6 程度とするのが妥当である。また、アンカーチェーンをその長さ方向と直角に引くとき底質砂の場合で上記の 2 倍程度となる。

3.3.3 アンカーの把駐力に影響する問題

(1) アンカーの形状と大小

アンカーの形状と把駐力との関連については、多くの実験的検討がある。たとえば、あるアンカーの把駐力を最大にするシャンクとフリュークとの開き角度が存在しそれはフリュークの長さによって変化すること、トリッピングバームおよびショルダーを拡大するとかき込みを良くし左右の姿勢安定性を向上させること、把駐力が大きくなると概して左右の姿勢安定性を悪くする傾向があること、などである。

また、同形のアンカーでもその重量が増大すると把駐係数を減少する結果を示した実験もあって、模型アンカーの実験結果に対する相似側に問題を提起している。現在まで重量 3 トンを超える J I S 型ストックレスアンカーの把駐力実測値は明示されていないことから見ても、今後の研究課題の一つと言える。

(2) 底 質

底質砂の場合、底質の剪断滑り面は平面でフリュークが砂を押すとき滑り面は土圧が最小になる位置に生ずるとするクーロンの土圧理論の適用から、砂の内部摩擦角及び砂とフリュークとの摩擦角が大きい程把駐力が増大すると考える理論解析や、ランキンの土圧理論によると粘性土影響をその粘着力も考慮して検討する試みがあって、従来単に砂とか泥と言って来た底質影響の解明もある程度進んではいるが、複雑な形状をもちしかも埋設深度の一定でない等の要素を持つアンカーとの関係を十分説明するまでには至っていない。まして、ヘドロ (浮泥) 層を有する実際の泊地におけるアンカーの効果もあわせて考えると、今後の研究にまつところが多い。

なお、アンカーのかき込みだけを考えると、海底土質が泥の場合はかき込みが悪く、砂の場合は比較的良いと言えるようである。

3.3.4 用錨上の問題点

(1) 投 錨 法

水中におけるアンカーの落下速度は、アンカーの大小や形状に関係なくほぼ一定 (自由落下速度の 60%) と言われているが、船舶の巨大化にともなう喫水増加は錨泊地の水深増となり、操船者はアンカーチェーンを相当捲き出した後投錨する方式を採用している。この場合、アンカーに損傷を与えない投錨高さを知ることが大切である。しかし、アンカー製作過程における強度テストと実際の投錨着地のショックとの相関は必ずしも明確にされていない。したが

って、錨泊の安全確保の見地から操船者の不安を除くためにも、早急に検討する必要がある。

(2) アンカーの埋没深さ

投錨により海底に到達したときのアンカーの埋没深さは、その落下速度、底質、アンカーの形状及び重量、等により一定ではない。そして、埋没深さや埋没孔の大きさはその後のフリュークのかき込みに影響する要素の一つとなる。また、海底パイプラインの安全性の面からもその度合を知る必要がある。

実物実験による J I S 型ストックレスアンカーの投下埋没深さは、第 3.3.4 表に示すとおりで、投下高さすなわち水深の影響を無視できない。

第 3.3.4 表 投下アンカーの埋没深さ

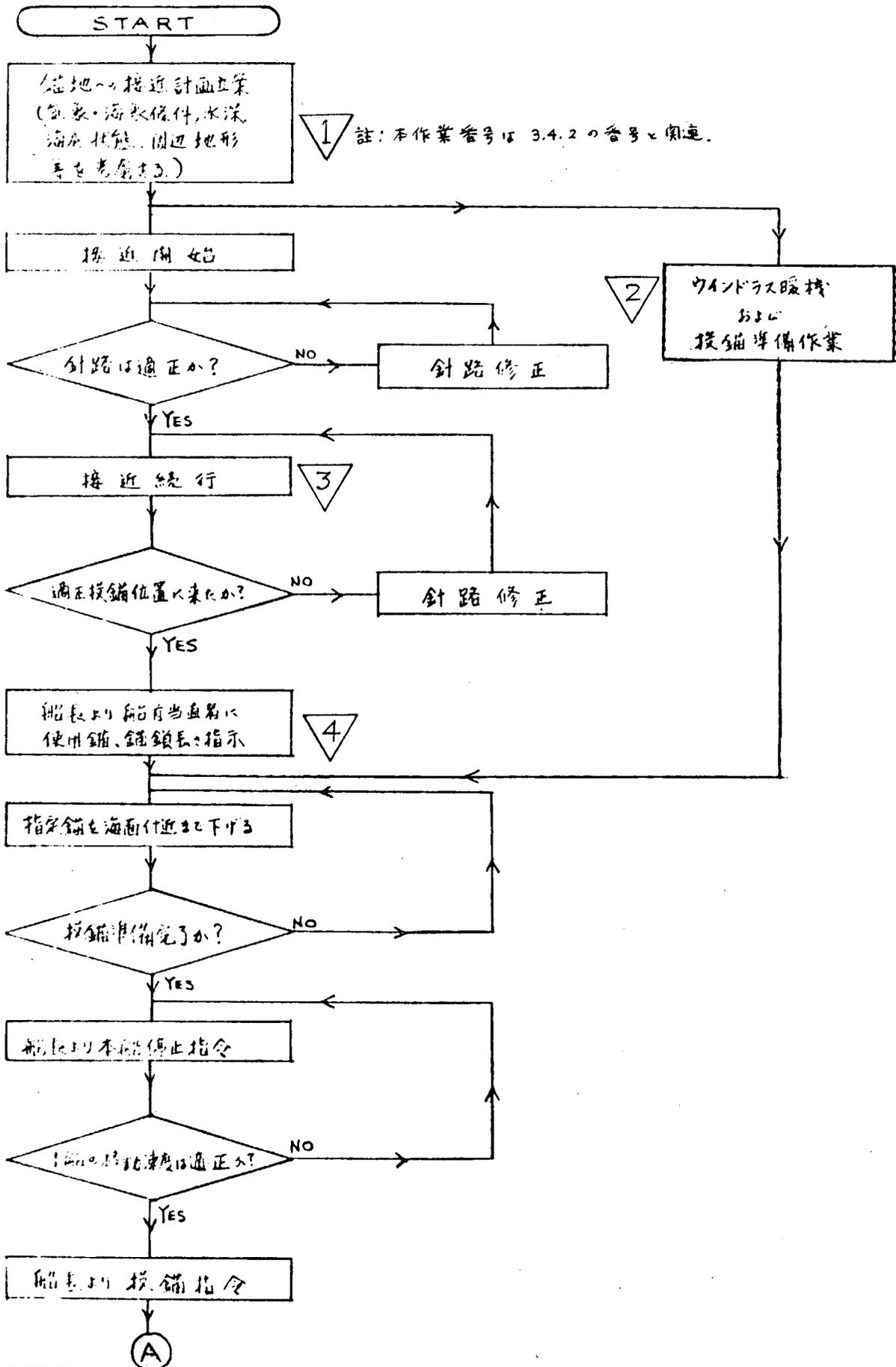
アンカー重量 (概値)(トン)	水 値 (概値)(m)	底 質	場 所	埋 没 深 さ (m)
3	13~15	表層(10~20cm)ヘドロ 中層(80~100cm)軟泥 下層 硬泥	函 館 湾	約 1
0.46	18	貝がらまじりの泥	神 戸 沖	0.5~0.8
2.3	14~18.5	砂 礫	淡路島 西岸沖	0.2~0.3
2.4	10	表層(1m)ヘドロ 下層 ややかたい泥	東 京 港 外	2.5~2.6
9.7	21.5	2.5mまでシルト(推定)	播 磨 灘	約 3.1
	18	表層(2m)シルト, 以下細砂		約 3
8	12.6	上層(2.2m)シルト 下層 砂	千 葉 五 井 沖	約 2.2
3	15~20	シ ル ト	各 所	約(1~1.2)
3	20~25	シ ル ト		約(2~2.7)
6	15~20	シ ル ト		約(1.7~2.2)
10	15~20	シ ル ト		約(1.2~3.2)
10	20~25	シ ル ト		約(3~4.5)

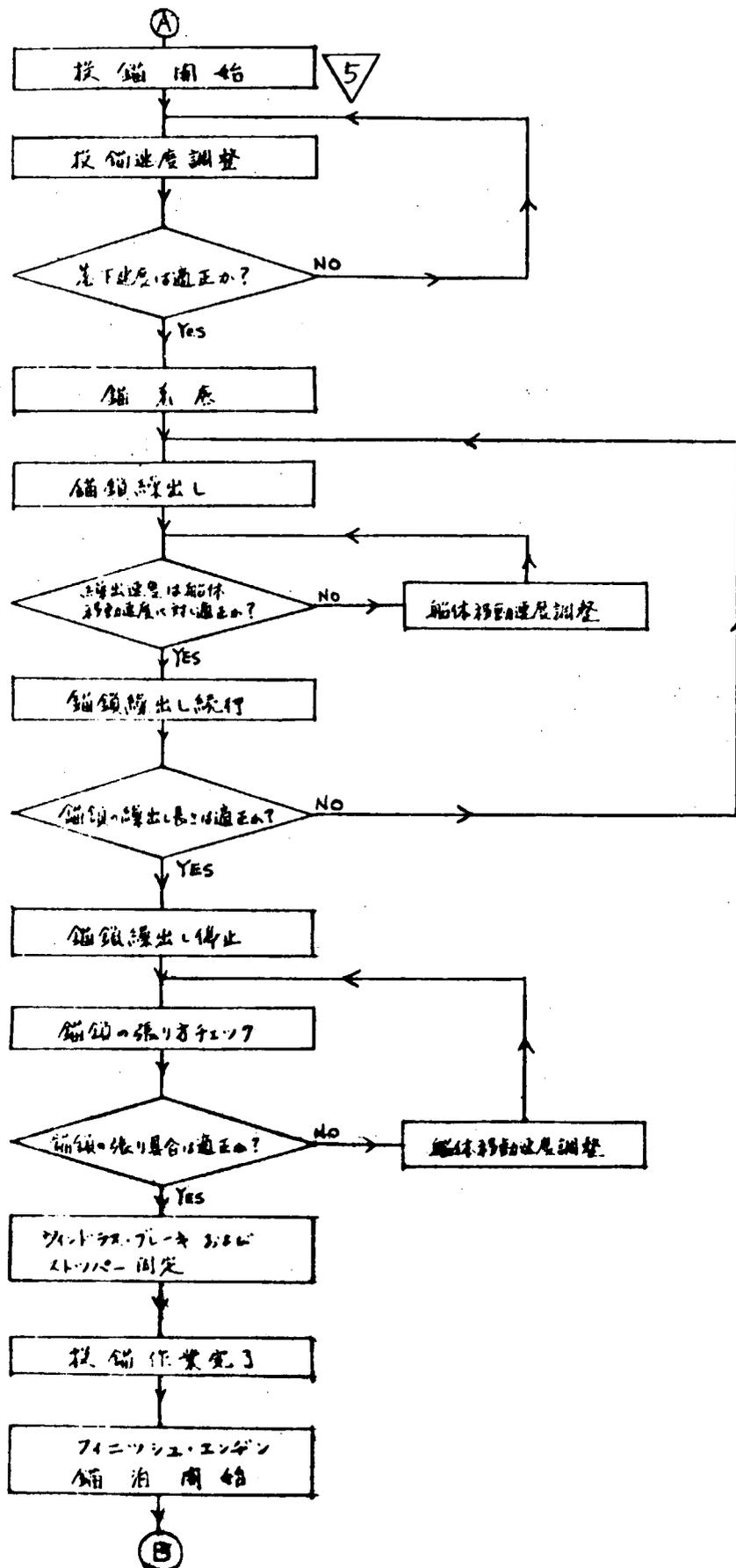
3.4 錨泊作業の現状と問題点

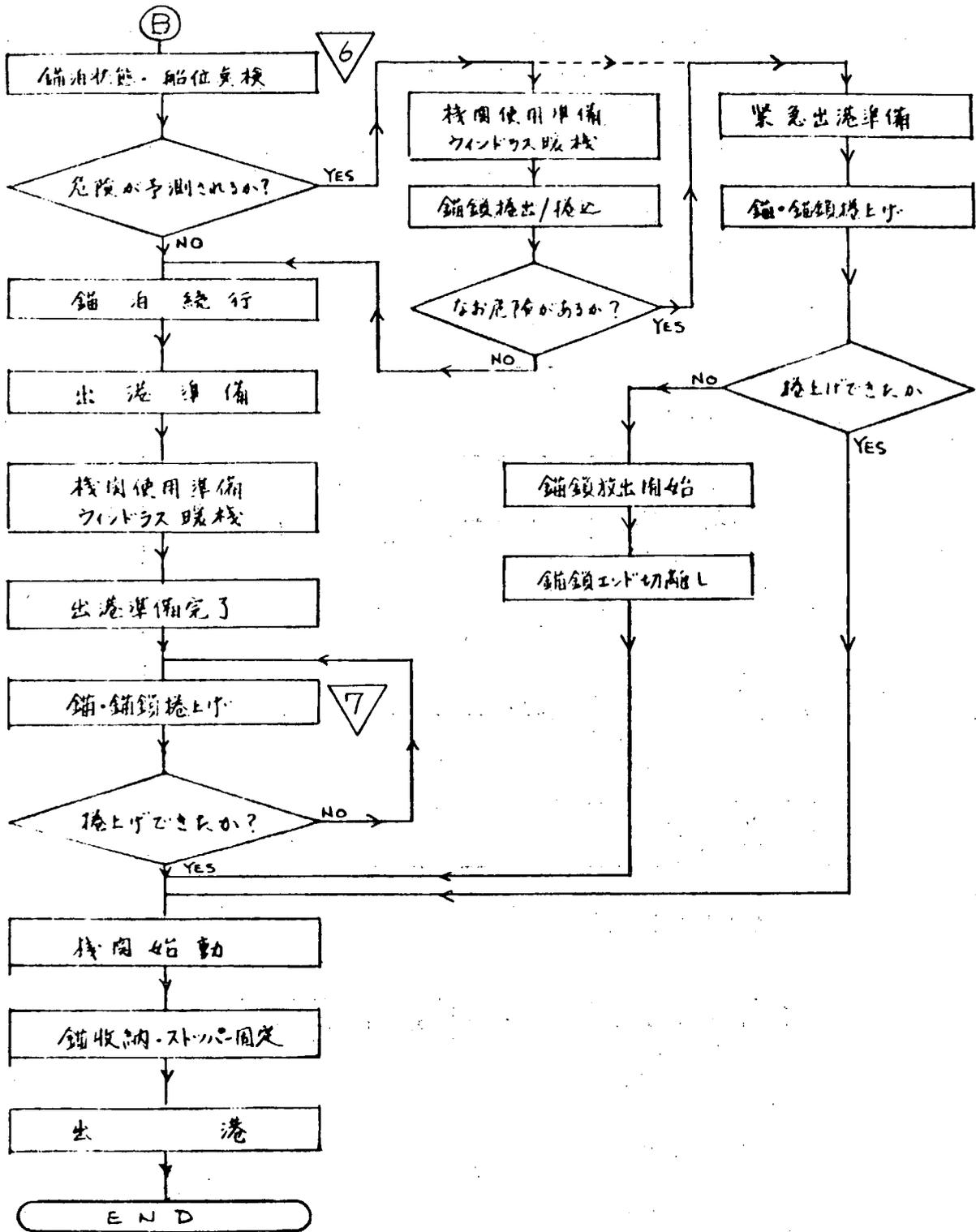
錨による船舶の係留は、古来から用いられた船舶の係止法であるが、最近の商船においては、係留の目的が、入港待ち、荒天時の避泊など、一時的なものに変わりつつあるように思われる。然しながら巨大船の錨泊条件を予想決定することも困難であるため、巨大船における錨泊上の問題点を抽出するための資料として、現在就航している VLCC の錨泊作業について、オペレーション・フローチャートを作成し、各作業に関連する問題点の抽出を行なった。特に、錨泊の場合は他の係船方式と異なり、外部からの援助を受けることなく、本船の推進機関および操舵装置の操作と併行して作業が行なわれるので、本作業と切離すことの出来ない操船上の問題点も、併行して採り上げることとした。

ただし、このフローチャートは前述のように問題点抽出の目的で作業したものであり、詳細にわたる個々の作業までを採り上げたものではないことを附言しておく、尚、フローチャート内の作業に附してある番号は 3.4.2 に記した作業内容及び問題点に対応させてある。

3.4.1 錨泊作業のフローチャート







3.4.2 作業内容と問題点

番号	作業内容	問題点
▽1	<p>錨地への接近計画立案</p> <p>(1) 本船惰力 (2) 操縦性能 (3) 推進機関の性能 } 本船諸性能</p> <p>(4) 水路の水深, 幅 (5) 錨地の水深, 広さ (6) 錨地および水路内の他船, 他物の存在および幅そり度 (7) 風, 潮流などの気象, 海象</p> <p>などを考慮し, 接近時刻, 針路, 速力, 投錨地点などを計画する。</p>	<p>港湾によっては, 深吃水船入出航水路および投錨地点を指定または推薦している場合があるが, この場合でも他船の投錨位置のずれ込みや, 本船操縦性能の鈍重さゆえ, 計画どおり投錨出来ないことがある。</p>
▽2	<p>ウインドラスの暖機および投錨準備作業</p> <p>蒸気元弁およびウインドラス蒸気バイパス弁を開いて蒸気管系のドレン排出, ウインドラス蒸気シリンダ内のドレン排出および暖機を行なう。所要時間は20~30分前後であるが, 実際には作業開始前1時間前後に暖機を開始している。</p>	
▽3	<p>錨地接近</p> <p>(1) 針路保持</p> <p>VLCCの場合にも旋回径は, 船の長さの3倍前後であり, 巨大化による性能の低下はみられないが, 旋回径の絶対値は大となり, かつ回頭角速度も小さくなっている。従って予定投錨地点への接近航路は, 他錨泊船との離間距離と風潮流による圧流を見込んで直線に進入するように決定されることが多い。</p> <p>水面に余裕のない限り, 在来船のように“風, 潮に船首を立てて”投錨することは考えられない。</p> <p>(2) 速力保持</p> <p>錨地近くまで常用速力を維持し, あと主機のプログラムコントロールと船速減率に応じた最適停止惰力によって最終的に4節程度以下の残速で全速後進を發動して行脚を止めれば最短時間で投錨出来るが, 主機停止の期間が長くなるため, 視界良好時に他船などの障害物が少ない広大な錨地に進入する場合以外には危険がある。</p>	<p>回頭惰力が大きいため, 一旦針路を外れると相当, 当て舵をとっても, 針路を戻すことは容易でない。</p> <p>この方法では, 主機停止期間が長いと舵効低下が早く現われて, 外力の影響を受け易く, また残存惰力があるため機関故障, 障害物出現など不測の事態に対処するのが困難である。</p>

番号	作業内容	問題点
▽	<p>従って一般には早目に主機回転数を落して前進惰力を減殺し、舵が効く程度の極微速回転を維持しながら錨地に接近することが多い。</p> <p>投錨準備</p> <p>一等航海士を作業指揮者とする投錨要員が船首に配置され、使用錨および繰出し錨鎖長さが船長より指示される。</p> <p>使用錨は外界の状況、他船の錨泊状況および進入針路と本船後進中の回頭傾向などを考慮し、投錨后船体がふれ廻った時の錨鎖と船体の摩擦、錨鎖の受ける屈曲応力の少ない較の錨をえらぶ。錨鎖の長さは、予想される気象海象条件と水深、底質、海底傾斜角、錨泊期間などの諸要素を検討して決められるが一般には、旧海軍算式に基き、</p> <p>(1) 異常な風、潮のない時 $3 \times (\text{水深}) + 90\text{m}$ または 10% 増し</p> <p>(2) 荒天時 $4 \times (\text{水深}) + 145\text{m}$ または 10~20% 増し</p> <p>として、決定されて居るようである。</p> <p>船首部においては、チェーンパイプカバーの取外し、ウインドラスの暖機運転、チェーンコンプレッサ、ストップの開放が行なわれ、使用錨を水際または船底付近までウインドラスによって巻降し、投錨可能なように鎖車クラッチを“脱”とし、錨はウインドラスのブレーキによって保持しておく。</p>	<p>この方法でも、低速力と浅水影響に基づき舵効低下は避け難く、正確に予定錨地に投錨するのは、むずかしい。</p> <p>備品の大型化に伴い、チェーンコンプレッサ・ストップなどが人力による作業では困難になりつつある。</p>
▽	<p>投錨</p> <p>(1) 投錨時の行脚制御</p> <p>従来は後進投錨が多く用いられたが、最近是对地速度 0.2 節程度の極微速後進の投錨が最適といわれ、極微速後進または、停止投錨が行なわれている。従って行脚検知のためのプロペラ逆転放出流の進出度による対水速度の判別や、物標のトランソットを利用した目視観測では不十分でありドップラソナーのような精密検知方式に変わりつつある。</p> <p>(2) 錨投下速度、錨鎖繰出し速度の調整および錨鎖張り具合調整</p> <p>投錨は、重力によって行脚点は従来どおりであるが</p>	<p>VLCCの運航当初、行脚過大のため、錨鎖切断事故や、全量走出事故が相次いで発生したため、極微速投錨が行なわれるようになったが、反面錨のかき込状態の確認が出来ず、また着底したチェーンが団子状や蛇行状になり易いため、風力が増した際の他船との離間距離にも不安が生ずる。</p> <p>現状では、船橋、船首部でそれぞれ必要な情報を通信設備によって交換しているが、充分とはいえない。</p> <p>このような方法では、一旦ブレーキ操作時期の判定を誤</p>

番号	作業内容	問題点
6	<p>その際の落下速度制御の基準を示す資料はない。ただし通常は錨鎖の初期跳躍が静まりジブシーホイルの回転速度が減少して来た時点で、一旦ブレーキを締めているようである。</p> <p>アンカー着底以后は後進発動および風、潮流による船体の対地移動速度を考慮し、走錨せずまた錨鎖が団子状にならぬように（錨鎖をそっと横たえてゆく程度）繰出し速度をブレーキによって制御し、所定の長さまで錨鎖をのばす。</p> <p>ふれ廻り対策</p> <p>投錨前に気象、海象の悪化が予想された場合には、走錨、錨鎖切断などの事故を防止するため、ふれ廻り防止策を考慮する必要がある。</p> <p>単錨泊中に風速が10m/sを超えるとふれまわり運動が顕著になる。VLCCのように質量が大きく、艀船橋の場合にはふれまわりは比較的小さくゆるやかであり、特に満載状態ではこの傾向が強い。従って軽吃水の場合には、バラストを増し漲りして吃水を深め、出来れば船首トリムとすれば効果は増加する。</p> <p>荒天錨泊中の船首のふれまわりを抑制する一手段として“ふれ止め錨”が有効である。これは、ライディングケーブルの反対舷の錨を投下して錨鎖を1.5×水深程度までのばし、この錨が海底を引ずる時の抵抗でふれまわりを抑制する方法である。</p> <p>高波浪に対しては、錨鎖を十分に伸ばし錨にかかる衝撃力を減少させて走錨を防止する。またうねりの侵入する港湾では船体の運動エネルギーを錨鎖が吸収し切れず走錨する場合があるので外洋に脱出するのが良い場合もある。</p>	<p>と、人力操作ブレーキでは、操作に時間がかかるため、ジブシーホイルの回転数がブレーキによる制御可能範囲を超え、走出を止めることがむずかしくなる。</p> <p>残存惰力に、風、潮流による圧流が合成され、移動速度が早すぎるような場合、主機を発動しても船体応答がおそいため錨鎖に予想以上の張力をあたえる恐れがある。対地速度が小さい場合には、アンカーが安定静止しているか否かの判定がむずかしい。</p> <p>走錨、ふれまわりによる他船、他物との接触は錨泊中の船長が最も危惧する点であり、特に走錨現象は、間断なく船位チェックを行なっても現状では把握できない場合がある。</p> <p>在来貨物船で用いられる双錨泊法は、運動性能の鈍重なVLCCに対して投錨作業中に錨鎖に過度の張力を与えるため不適當である。</p> <p>また、荒天錨泊中に、主機および当て舵を利用してふれまわりを防止し、前進力により錨鎖張力を緩和する方法も、VLCCに対しては不適當で危険である。</p> <p>錨鎖の繰出量をませば、ふれまわり占有面積が大となり、抜錨時の作業時間も長くなる。</p>
7	<p>抜錨</p> <p>通常の気象、海象の条件下では、揚錨作業中は、主機を発動する必要はなく、また、使用しない方が作業しやすい。</p> <p>船首が風、潮流に立っている場合には、船長は一等航海士からの厳密な報告を受けながら極微速前進を短時間発動することにより揚錨作業を容易にする場合がある。</p>	<p>強風下での揚錨作業中は船首のふれまわりと錨鎖把駐力の減少によって、走錨を開始する恐れがあるので、本船の発進方向や、他船他物の存在および圧流方向、距離などを考慮に入れて作業する必要がある。</p>

3.5 岸壁係船作業の現状と問題点

3.5.1 GLOBTIK TOKYO, GLOBTIK LONDONの日石喜入基地に於ける作業の実態

現在就航中の世界最大のタンカーはGlobtik Tankers Ltd (英国) 所有のD/W 483664ktのGlobtik Tokyo, Globtik Londonの2隻である。両船とも日本石油KKとの用船契約により、我国最大のCTS基地である日石喜入基地とベルシャ湾をピストン航海している。

本委員会で巨大タンカーの係船作業の現状調査にあたり、東京タンカーKK殿の御好意により、見学の機会を得たので、以下Globtik Tokyoの離岸作業、Globtik Londonの接岸作業についての調査結果をとりまとめ報告する。

(1) 日石喜入基地の概要

日石喜入基地は、鹿児島県喜入町に新設された我国最大のCTSであり、設備の概要は次の通りである。

タンクヤード：2,000,000m² (500Acres) 1,250m×1,600m

バース：	水深	最大船型	ローディングアーム	荷揚積能力
№1	-18m	150,000DWT	12"×5	10,000Kℓ/Hr
№2	-18"	150,000"	12"×5	10,000"
№3	-28"	350,000"	16"×6	20,000"
№4	-33"	700,000"	{ 24"×3 16"×2	38,000"

タンク：

100,000Kℓ×30
150,000Kℓ×24
合計 6,600,000Kℓ

バース関係設備

- i) 浮沈式オイルフェンス 巾1.1m FPR補強の伸縮ゴム製
- ii) 油回収船 ドラム式, 真空ポンプ式 各1隻
- iii) 曳船(消防艇兼務)
 - 3,000PSシュナイダープロペラ装備, 推力30Ton 2隻
 - 4,000PSコルトラダー装備, 推力45Ton 1隻
 - 3,200PSZプロペラ装備, 推力45Ton 1隻
 - (3隻は低速ログ装備)
- iv) 網取船 長さ15m, 速度11Kt 2隻
- v) 接岸速度計 超音波式
メインドルフィン水面下5m, 前後2ヶ所に発振器取付・距離(99mまで), 速度(cm/s)を岸壁に表示
- vi) 潮流計 方向(度表示), 流速(cm/s)を岸壁に表示
- vii) クイックリリースフック スプリングライン, プレストライン係留用
110T 2フックキャブスタン(2T×20m/min)

なお、№4バースの配置および係船索の取り方を第3.5.1図に示す。

(2) 日石喜入バースの運用

接離岸作業見学に先立ち、東タン・マリン・サービス(株)所長・斉藤氏、次長森山氏から喜入バースにおける操船方法、接離岸の外力限界及び荷役中のATTEND等喜入バース運用の全般について説明を受けた。

両氏は大型タンカーの船長経験者であり、喜入バースにおける大型船の操船指揮も当バース発足以来行なっている。

(i) 接岸

○4号バース(水深33m)の5マイル手前で乗船する。そのときの速度は5ktsとするよう船長に要請している。

- バース1.5マイル手前で船速2～3 ktsとする。曳船はバース2マイル手前で船首尾の両舷に4隻取り、のうち3隻の曳船に低速LOGを装備し、船速を計測している。
- バース500m手前で2 ktsに落としてそのまま惰力前進し、バース直前で後進をかけ曳船4隻の援助によって前進惰力を停止させることができる。
- バースへの進入角は30度以内としている。

(ロ) 気象, 海象条件

接離岸作業の外力限界は、曳船の能力が、船体受風圧力及び潮流力に対抗できるか否かによって決まる。当バースの現有曳船の能力を基準として外力限界を検討すればおよそ次の通りである。

- 接岸：バース側及び沖側からの平均風速12m/sを作業限界としている。
曳船4隻を使って、満載状態にて、瞬間最大風速16m/sで接岸させたことがある。
- 離岸：離岸時は軽喫水となりバース側からの強風を受けると係船索解纜中に、船の前後で係留力のUNBALANCEが生じて曳船で支えきれずに、船体とドルフィンが強く接触するおそれがあるので、バース側からの平均風速10m/s、沖側から10～13m/sを限界値とし、バース側からの値を小さく考えている。
- 係留荷役(半載貨状態)
バース側から10m/s、沖側から15m/sで荷役を中止し、チクサン・アームを取外す。
- 離岸退避：台風来襲が予想されるときは24時間前に離岸させる。台風以外の低気圧のときは離岸作業の危険をおかすよりも係留したまま頑張ったほうが安全であると考えており、従来より離岸させた例はない。風速20m/sを超えたら曳船を沖側舷側に配置して押させることにしている。GLOBTIK TOKYOの場合、瞬間最大風速28m/sで係留したまま頑張ったことがある。
4号バースの方位は325°、強風は北西から吹くことが多く、バース直横から強風を受けることはあまりない。曳船の作業は波高1.5m程度が限度であろう。
- 潮流：漲潮流は鹿児島湾内を反時計まわりに流れ喜入では南流(南に向かう流れ)となり最強0.6ktである。北西風が連吹すると1ktとなることがある。
落潮流は北流で、南流よりも弱い。接離岸とも南流のときに行なっている。

(ハ) 曳船

喜入に配備されている曳船は4隻(第3.5.2図参照)があるが、その使用隻数は

- 10万D/W TONまで：2隻
- 10～20万D/W TON：3隻
- 20万D/W TON以上：4隻である。

48万D/W TONのGLOBTIK TOKYOの場合、曳船の馬力はD/Wに対して3.5%となる。曳船を指揮できる隻数は5隻が限度であろう。曳船の配置はバース直前まで船首尾両舷に、タグラインを取り、船体がバースと平行になってから4隻を沖側に並べて押させる。

(ニ) 操船援助装置

船体が巨大化すると従来の経験とカンだけではCONTROLできず、計器の助けが必要である。

バース側には、

- 接岸速度計、潮流計、更に曳船のうち3隻には低速ログを備え操船には万全を期している。これらの計器は指示器に人を配し、トランシーバーで船橋上のムアリングマスターと連絡している。

(ホ) 係船索取り順序

係船索で船体をドルフィンに引き寄せるといふ考え方はせず、舷側がドルフィンに接するまで曳船で船体を移動

させる。

係船索は船体中央部のスプリングラインから順序プレストライン、ヘッドライン(スターンライン)と取ってゆき、解纜は逆にする。

索取り、解纜作業が完了するまで、曳船は沖側舷側を押して船体をドルフィンに接舷させておく。

索取り作業に従事する綱取り船は2隻でメインドルフィン、サブドルフィンに索引揚げ用キャブスタンを設置され省力化がはかられている。

ドルフィン上の作業員は下記の員数が標準である。

50万トン級：船首6人，船尾6人

5万トン級： " 3人 " 3人

(b) 係留荷役中の係留力に対する援助

4号バース，メインドルフィン上に係船索(32m/m WIRE，破断力40 TON)を前後各1本を備え(張力計付き)風圧力の増大に対処する。

係留荷役中，風圧力が増大した場合バース側の判断により，曳船2隻を配置して船体の安全をはかることも行なっている。

曳船の配置延べ時間は年間約380時間にも達する。

(3) 調査結果

日石喜入基地における調査は昭和50年1月14日午後GLOBT IK TOKYO の離岸作業時及び，翌1月15日午後GLOBT IK LONDONの接岸作業時に行なった。

(i) 調査方法および調査項目

調査員は船橋，船首および船尾の3グループに分かれて行なった。船橋グループは主に操船関係を担当し，風向，風速，本船位置，速度，接岸速度，主機，舵の操作，および曳船の操作について調査した。本船と曳船，陸上とは絶えずトランシーバーで連絡し合っているのでトランシーバーを借り，これら情報を記録した。

船首，および船尾グループは係船作業関係を担当，作業員の配置，係船機操作，索ハンドリング作業，岸壁作業者の配置などの調査を行なった。

接岸の場合には全員が乗船し作業者のすぐそばで調査出来たので比較的詳細なデータを得る事が出来たが，離岸の場合には，岸壁の都合上乘船せずに陸上タワーおよび岸壁よりの調査となったので，特に船上の作業者の動き，主機，舵，曳船の作動状況など正確に或は全く記録出来なかった。

(ii) 調査結果

調査結果は第3.5.2図，第3.5.3図に詳細に示す。以下操船，係船作業の概略を述べる。

(a) 接岸作業

第3.5.2図に示す如く，岸壁沖合約3 Kmに停泊自力で前進開始曳船を前後，左右舷各1隻つけ以後時計回転方向に大きく，180°回転し，バースより150m(舷側よりの距離)の位置でバースに平行に持って行き，曳船で横押ししながら最終的には3cm/secの速度で接岸した。この間約2時間であった。(バース直前の水深と吃水との比(h/d)は約1.17である。)

主機は前半1時間は使用したが，後半の1時間は殆んど使用していない。曳船は最初の50分間は，前後，左右舷，各1隻がついたが，そのあとは4隻とも右舷に廻った。そのうちの3隻は横押し，1隻(符号④)のみは，本船の行脚制御用に主に使用していた。

係船作業は本船停泊中に係船機の暖機・ドレン抜き作業を完了しており乗船した時は既に，プレストライン，スプリングラインの舷側までの繰出しも終っており，ヘッドライン(スターンライン)のホーサーも比較的初期に繰出し作業を終了した。従って，その後の接岸まで約1時間40分間は特にする事なかったが，作業員は甲板

上に待機していた。

実際の係船作業は、船が岸壁より10m位の位置に来た時よりスプリングライン用のヒービングラインを投げる事より開始、各索1本づつスプリング、プレスト、ヘッドライン(スターンライン)の順に行なわれた。

船上の作業者は2グループに分れ、その構成および作業分担は次の通りである。

OFFICER 1	全般指揮
P/OFFICER 1	舷側に立って合図、指揮
ABLE SEAMAN 3	ウインチ操作 1~2 ヒービングライン投げ、メッセンジャーロープ扱い 1 索運搬 1
BOY 3	索運搬

索1本の作業には平均して指揮1人、ウインチ操作1人、索運搬3人メッセンジャーロープ扱い1人、合計6人程度であるが、作業は索1本のみの際は全員がかかるが、次の索の作業が1部重なりと1人または2人移動し、前の索が終れば、また全員がかかるといったように極めてスムーズに進行していた。

陸上の方も船に合わせ船、艇グループに分かれ各グループ指揮者1名と作業員5名合計6名よりなり船の作業に合わせドルフィンを順次移動していった。

スプリングライン、プレストラインは、ヒービングラインを船上より投げメッセンジャーにラインを引きあげ、係船索と結合した後、ドルフィン上のキャプスタンで巻込み、それと同時に係船機を回転繰出した。索が水面に達するまでは作業員2~3人かかり手で応援をしていた。

ヘッドラインとスターンラインは、あらかじめ100m位甲板上に繰出して並べておき人力により水面までおろし綱取り船に渡していた。綱取り船が走り出すとあらかじめ繰出されている索がスムーズにフェアリーダを通るように作業員がつく程度であった。

このようにファイヤーラインも含めて26本(今回は23本)が45分不足らずで作業がスムーズに進行した理由としては、

- i) 船がバース直前(約10m)に来てから作業を開始する方法の採用。
- ii) 陸側にメッセンジャーライン巻込用のキャプスタンを持っている。
- iii) 喜入では左舷接岸が原則なので係船機は左舷側に配置している。
- iv) 係船順序がはっきりしており、船員も陸上作業員もよく理解し馴れていること。
- v) 気温は低かったが風もなく作業条件は悪くなかったこと。

などがあげられる。

(b) 離岸作業

接岸の場合と逆にヘッドライン(スターンライン)、プレストライン、スプリングラインの順に索を解放していった。繊維索は普通のビットにしていたので索をゆるめてから解放していたが、鋼索はクイックリリースフックにかけていたので殆んど索をゆるめずに解放した(但し前部プレストラインはゆるめてから解放した)

作業員配置は、接岸の場合とほぼ同人数であった。

離岸作業中は曳船4隻が岸壁と反対舷に廻り本船を岸壁側に押えつけておきスプリングラインだけ残った時以内2隻が岸壁側に廻りスプリングラインを解放、ただちに離岸を開始した。

この時反対舷の曳船は外板水面上のビットにタグラインをかけて曳航した。約100m横方向に離れたあと離れながら回頭し、岸壁と直角方向になり自力航行に移った。この間作業開始より約35分間であった。

(c) 荷役中作業

荷役中の係船作業は直船見学出来なかったが、GLOBTIK LONDONの乗組員の話では、甲板部は2グルー

ブに分れ8時間交替で勤務についており、1グループは5人又は6人で、そのうち1人はマニホールドの見張り2人は係船索の張力見廻り調整、他は待機している。索の調整は1廻り約30分～1時間程度かかると言っていた。

3.5.2 岸壁係船の標準オペレーションフロー

現在就航しているVLCC(20～25万D/W, 30人前後の乗組, 係船機械は蒸気駆動)の岸壁係船に当っての標準的かつ一般的な作業につき、そのOPERATION FLOW CHARTを作成し、個々の作業に関しては、作業内容を出来るだけ具体的に記述し、同時に現在存在している問題の摘出を行なった。

現在のVLCC程度でも、操船面では、未知の部分が多く、特に制限水域(浅水域, 狭水道 etc)での操船性能, 低速時の操船性能及びこれら二つの条件が混合された状態での操船性能の把握が必要であり、バース前面迄のアプローチ・前面から岸壁迄の接岸・接岸後の船位決定・離岸・離岸から港域外迄の出港等既就航船では、これをこなしているが、錨泊, プイ係船で同様な問題が採りあげられているので、ここでは極力操船面を省いて考えてみた。

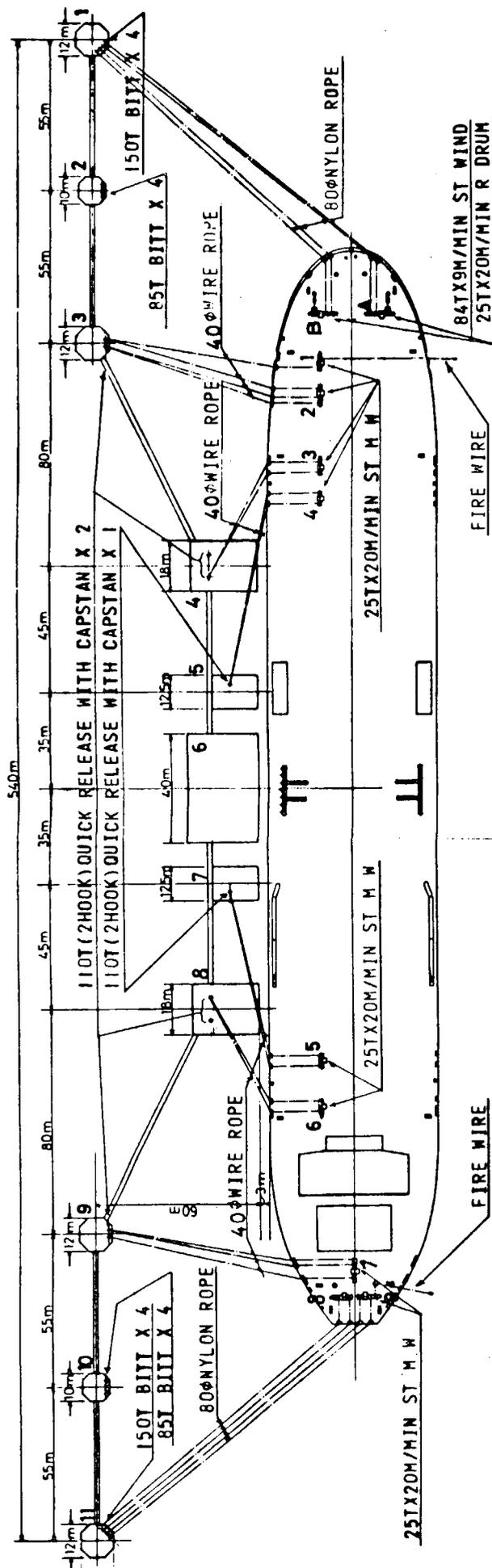
標準オペレーションフローチャートは、

準備作業	第3.5.4図
接岸作業	第3.5.5図
係留・荷役中作業	第3.5.6図
離岸作業	第3.5.7図

に示してあり、FLOW CHARTと並行して、主要係船装置である。主機, 舵, 曳船, 綱取りポート, 綱取り員, ウィンチ・ウインドラスの使用状況を示す。タイムチャートを示している。

又、各FLOW CHART内の作業に付している番号は、2.5.3で記した作業内容及び問題点に対応させてある。

KIJIRE TERMINAL NO.4 BERTH
 "GLOBTUK LONDON" MOORING ARRANGEMENT



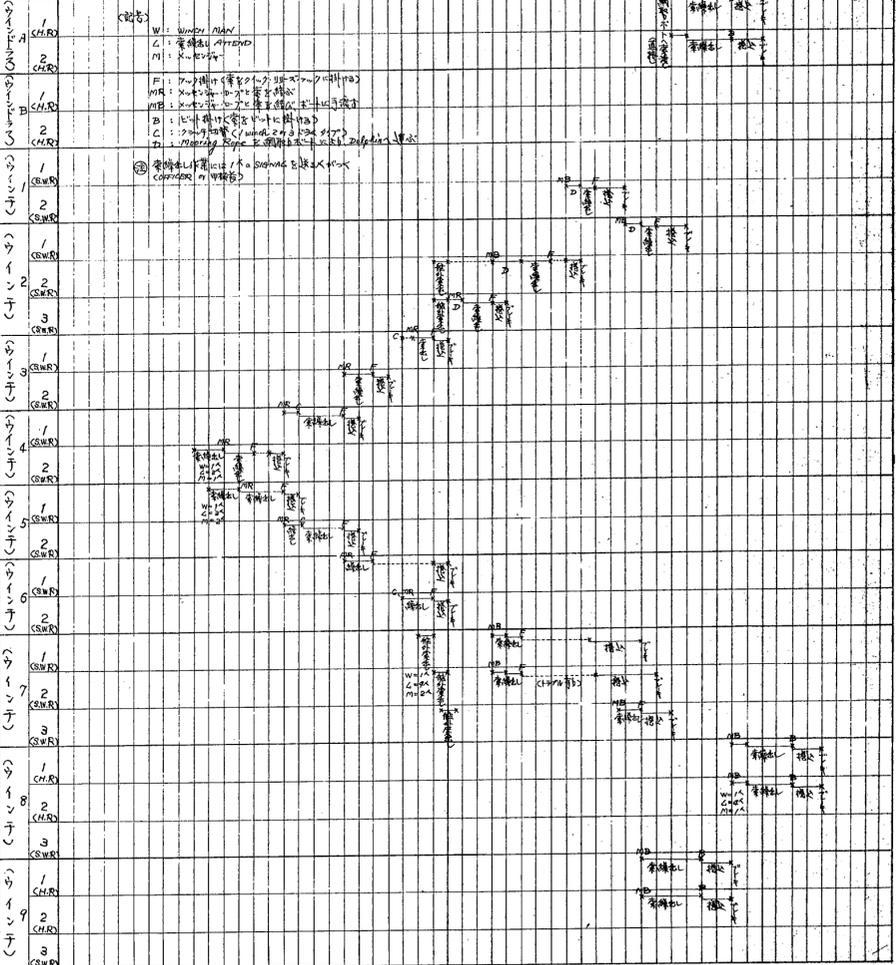
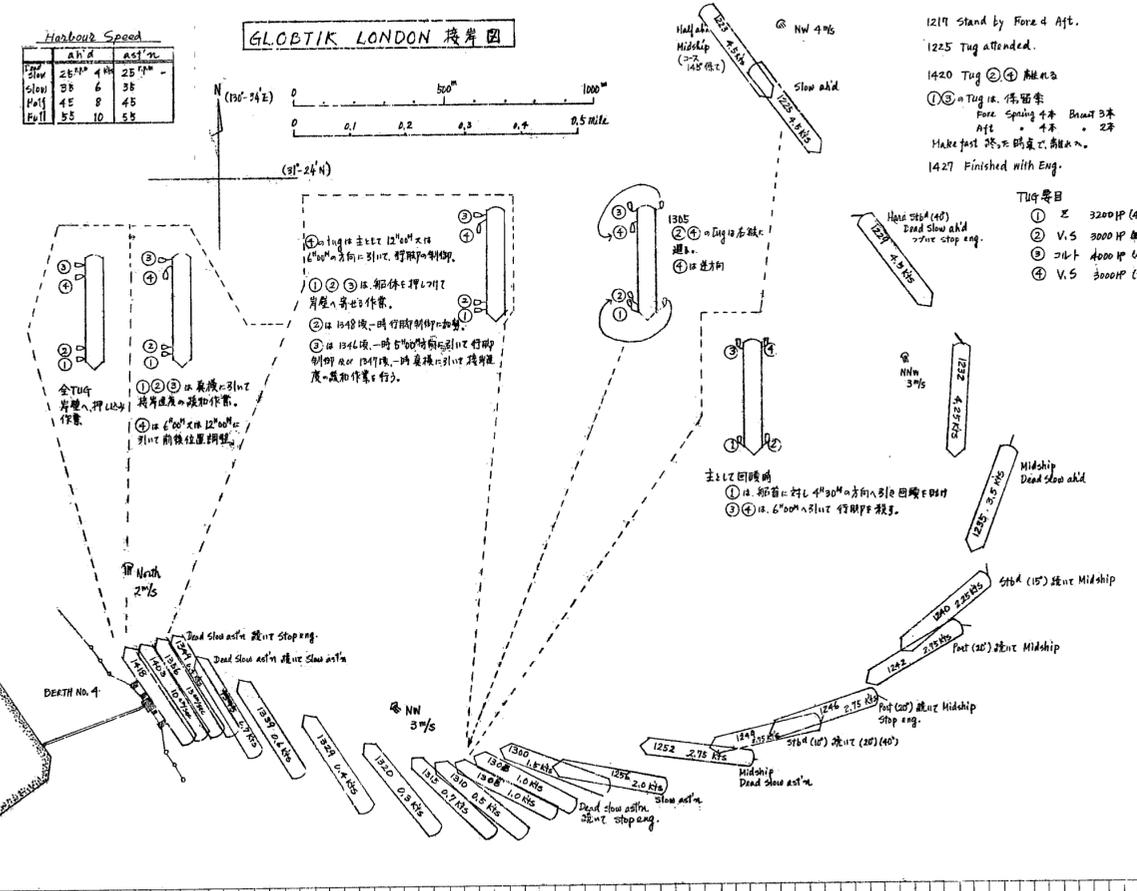
PRINCIPAL PARTICULARS
 L X B X D ~ d = 360M X 62M X 36M ~ 28M
 D/W = 483,664KT

第 3. 5. 1 図

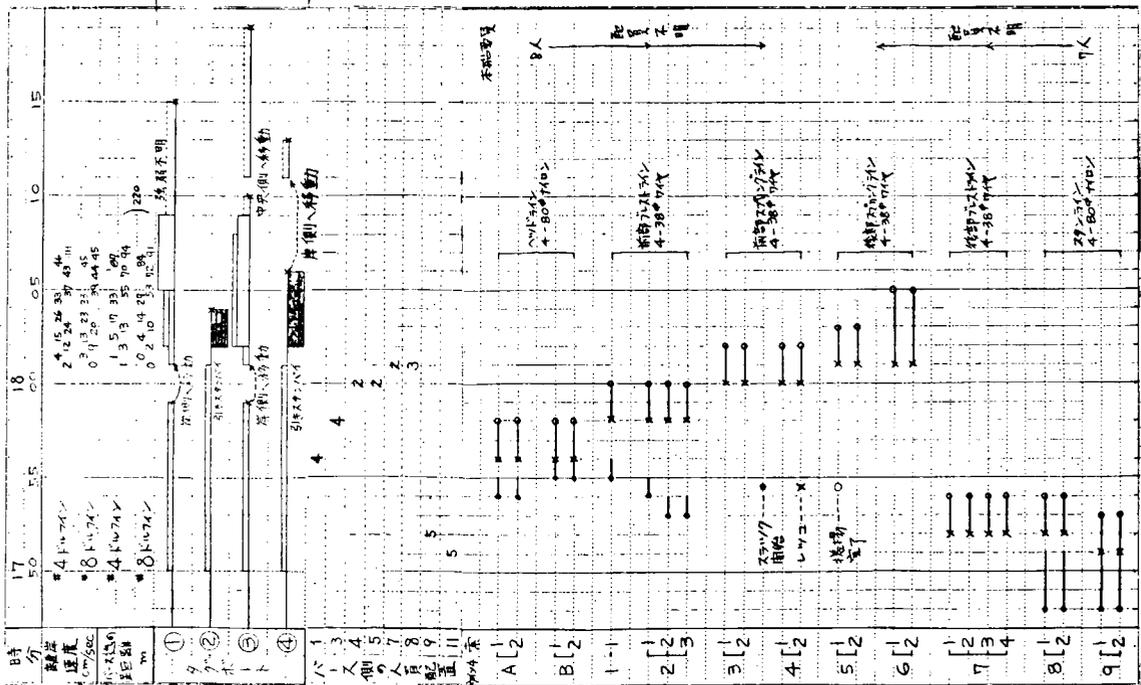
GLOBTIK LONDON の係船(接岸作業)実態調査一覽表

昭和50年1月15日(木) 於 日石善入基地4号バース

時間	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560	565	570	575	580	585	590	595	600	605	610	615	620	625	630	635	640	645	650	655	660	665	670	675	680	685	690	695	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770	775	780	785	790	795	800
概要	[Summary text]																																																																																																																																																															
方船	[Ship names]																																																																																																																																																															
方位	[Positions]																																																																																																																																																															
風向	[Wind directions]																																																																																																																																																															
風速	[Wind speeds]																																																																																																																																																															
接岸速度	[Berthing speeds]																																																																																																																																																															
船速	[Ship speeds]																																																																																																																																																															
主機	[Engine details]																																																																																																																																																															
タック	[Tack details]																																																																																																																																																															
ボート	[Boat details]																																																																																																																																																															
パイロット	[Pilot details]																																																																																																																																																															
係船	[Mooring details]																																																																																																																																																															

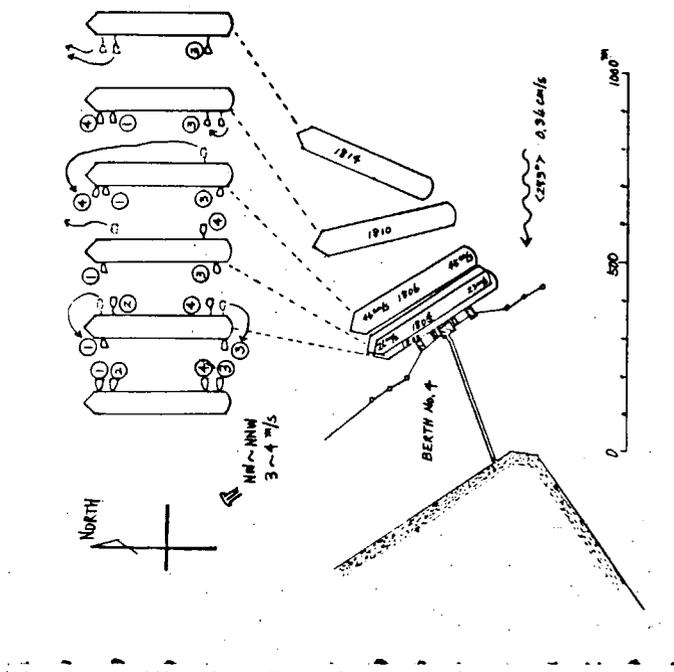


第 3.5.2 図 GLOBTIK LONDON の係船(接岸作業)実態調査一覽表



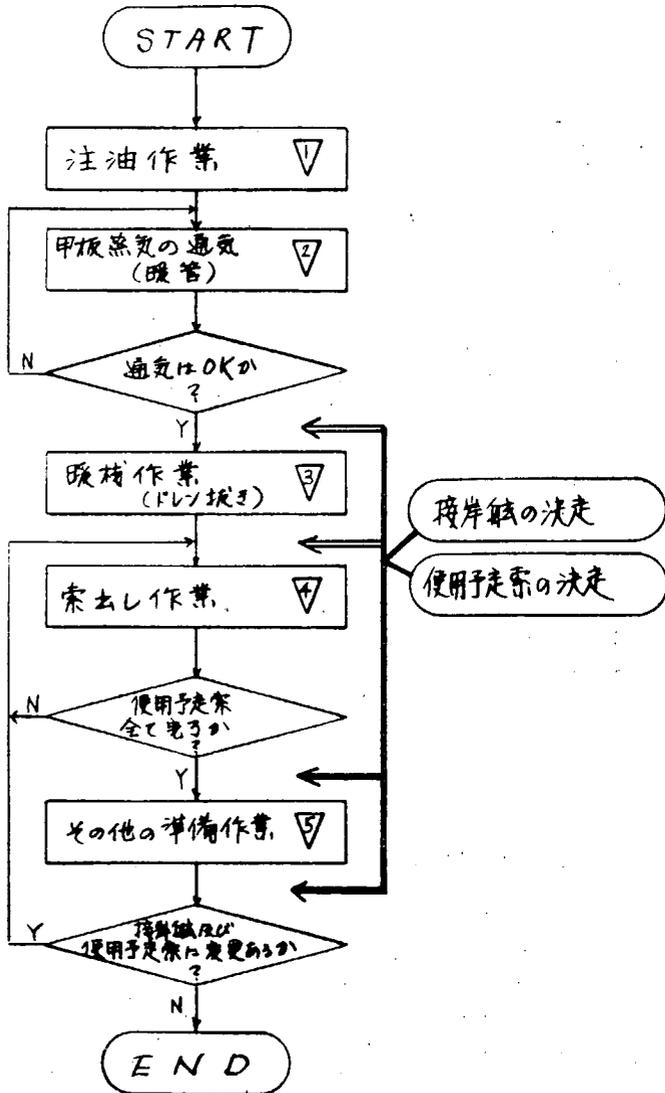
draft (深) 11m 68 Tug ① コルト 4000 HP (45T)
 ② V.S 3000 HP (30T)
 ③ ㄩ 3200 HP (45T)
 ④ V.S 3000 HP (30T)

GLOBTİK TOKYO 離岸岸図



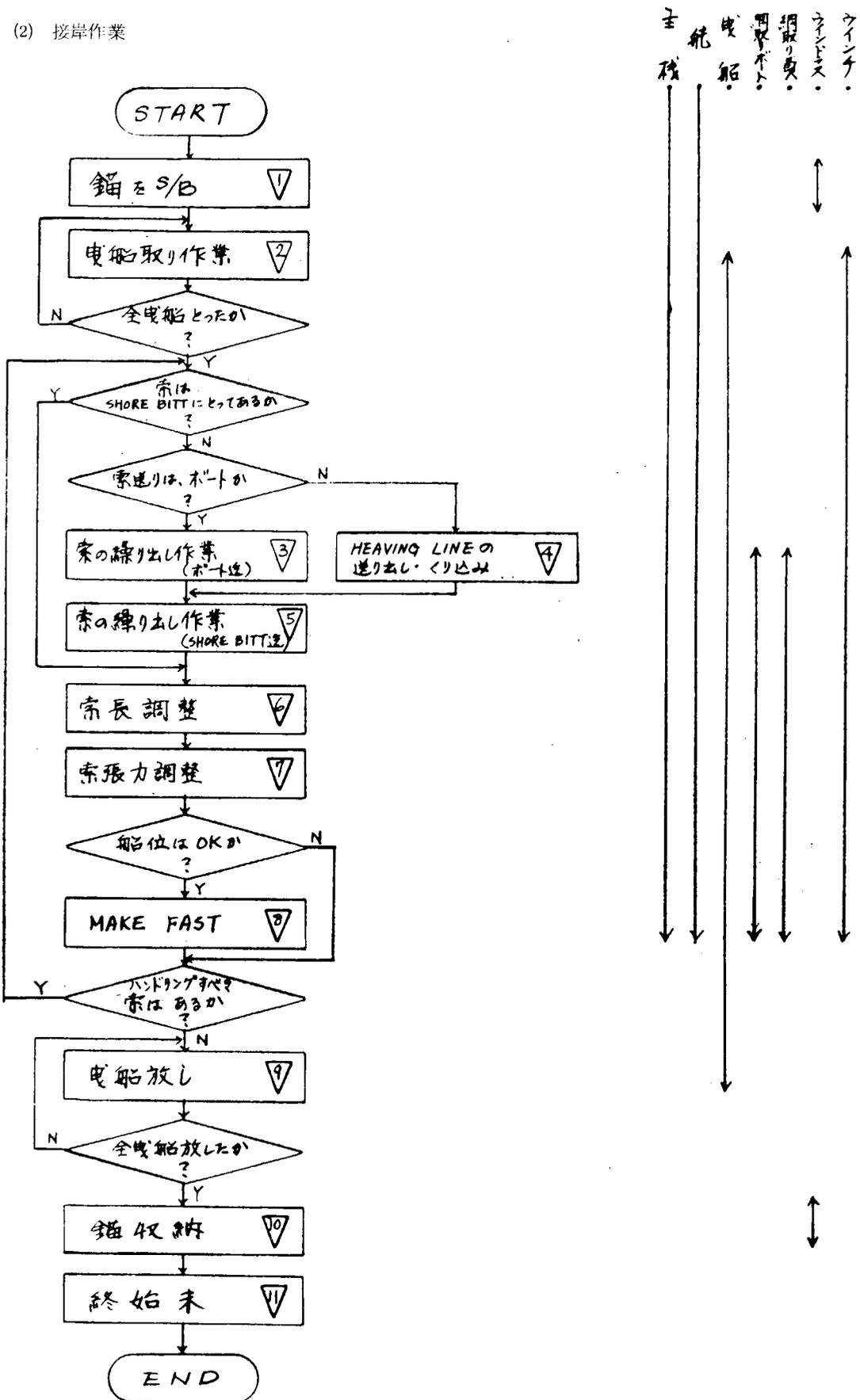
第 3.5.3 図 GLOBTİK TOKYO の係船 (離岸作業) 実態調査一覧表

(1) 準備作業



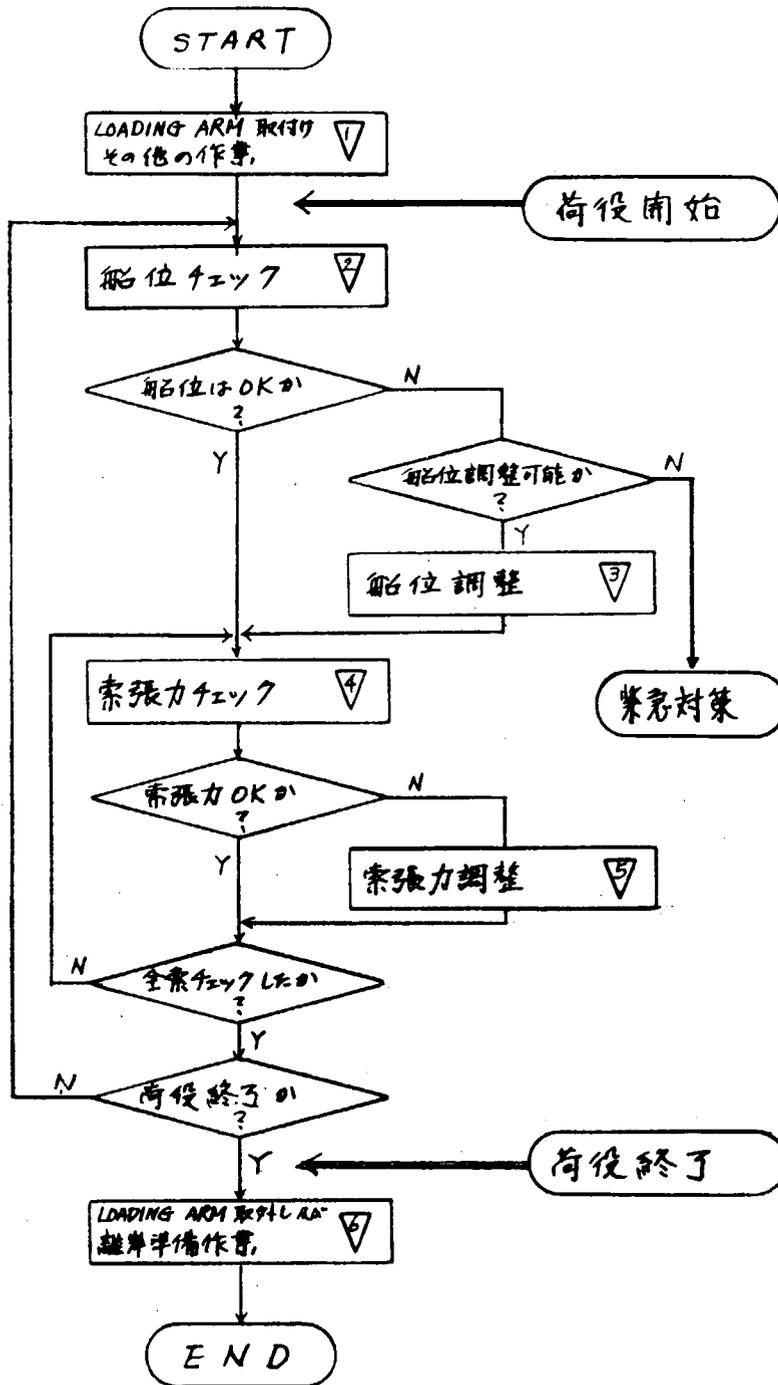
第 3.5.4 図

(2) 接岸作業



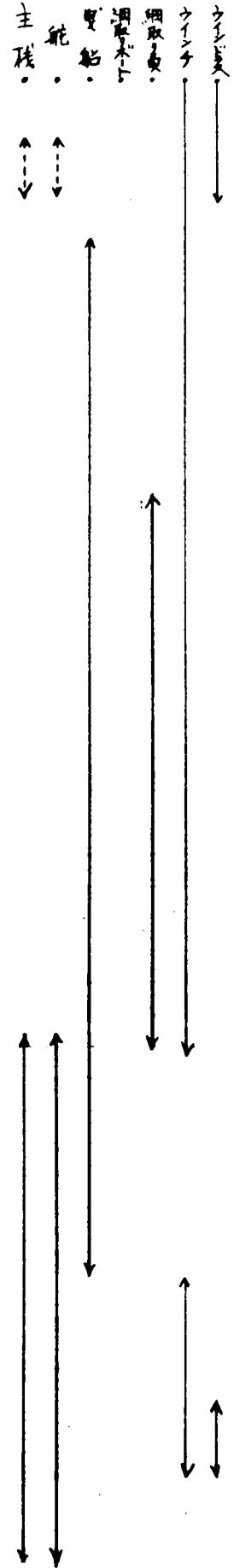
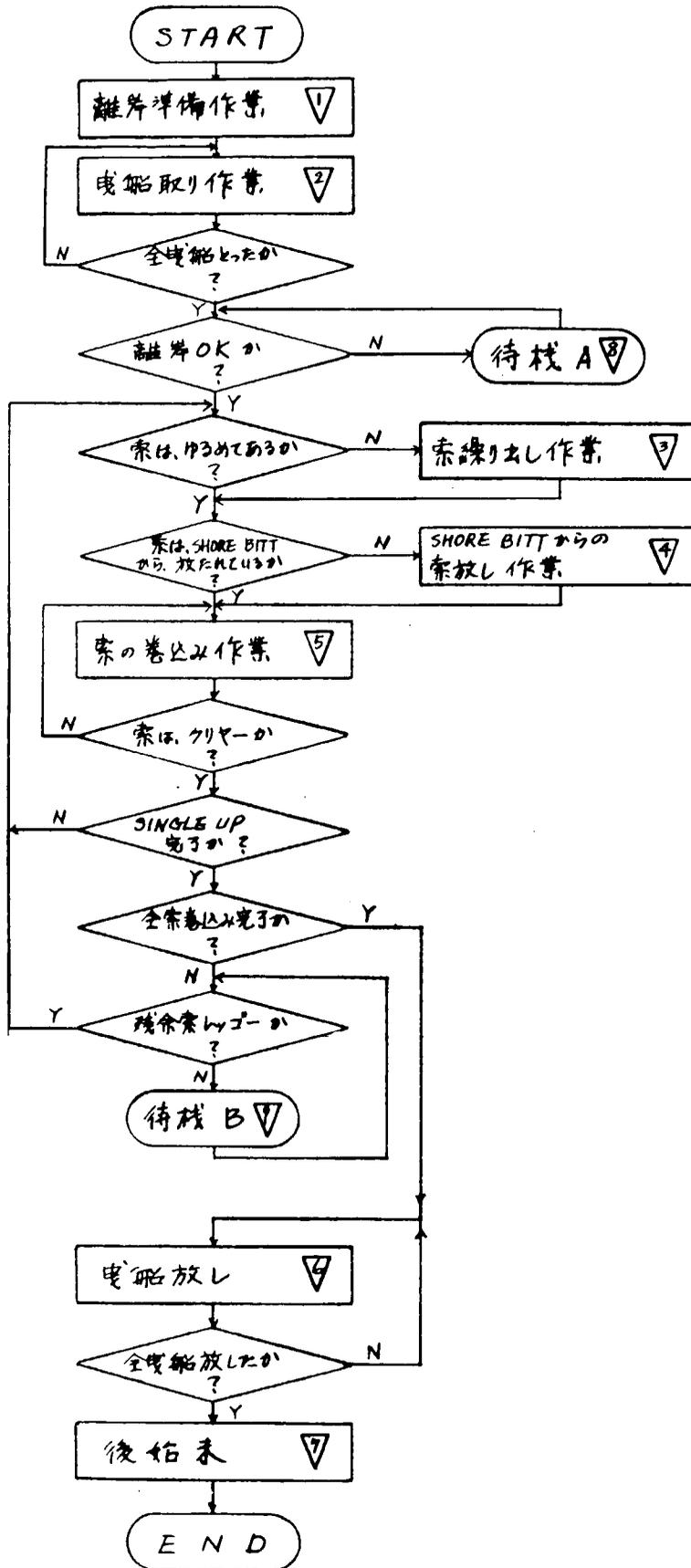
第 3. 5. 5 図

(3) 係留・荷役中作業



第 3.5.6 図

(4) 離岸作業



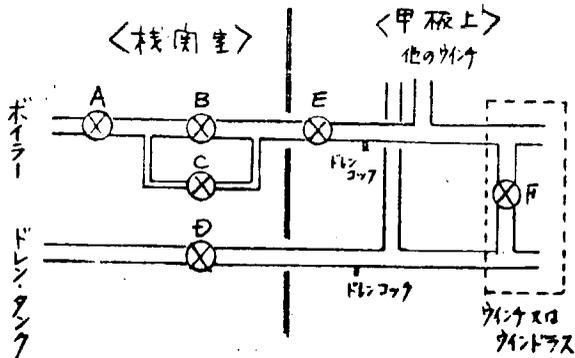
第3.5.7図

3.5.3 作業内容と問題点

(1) 準備作業

作業の欄の数字は第3.5.4図の数字に対応する。

作業	作業内容	問題点
▽ 注油作業	<ul style="list-style-type: none"> 入港前、前広に(前日以前のことが多い)、ウインチ・ウインドラス等甲板機械の内部及び作動部の点検・調整・注油作業を行う。(主として機関部員の手で) 	<ul style="list-style-type: none"> 点検・調整・注油作業に人手が必要。 <1台当り2人×0.5H>
▽ 甲板蒸気の通気(暖管)	<ul style="list-style-type: none"> 甲板蒸気管への通気を行い、暖管・ドレン抜きを行う。 <ul style="list-style-type: none"> a) 機関室内作業 <ul style="list-style-type: none"> A弁(圧力調整弁)をかすかに開け、C弁(暖管弁)及びD弁(排気弁)を開けて、甲板上への通気を行う。排気及びドレンは、ドレン・タンクへ戻る。(約1H) 暖管終了後は、C弁を閉め、B弁(機関内元弁)を開けて、作業に備える。A弁は開とする。 b) 甲板上作業 <ul style="list-style-type: none"> 各ウインチ、ウインドラスのバイパス弁(F弁)を開け、更に主蒸気管のところどころに付いているドレンコックを開け、その後、E弁(甲板上元弁)を除々に開として、甲板上蒸気管の暖管・通気を行う。(約1H) ドレンコックからのドレンがなくなった時を見計って、ドレンコックは閉とする。 上記、a) b)作業は平行して行うことが多い。 	<ul style="list-style-type: none"> a) 弁操作に人手が必要。 <1人×0.3H> b) 弁操作等に人手が必要。 a) b) 作業初期の弁開操作には、微妙な“なれ”が必要
▽ 暖機作業(ドレン抜き)	<ul style="list-style-type: none"> 各ウインチ各部に給油を行う。 ドレンコックを開、排気弁、給気弁を開、バイパス弁を閉とし、操作ハンドルで慣らし運転を行いながら、ウインチのドレン切りを行う。 この時又はその前後に、ウインチドラムの係留索のカバーを取り除く。 	<ul style="list-style-type: none"> 人手と時間が必要 <1台当り1人×0.2H> ドラムの径が大きいので作業も困難な点が多い。



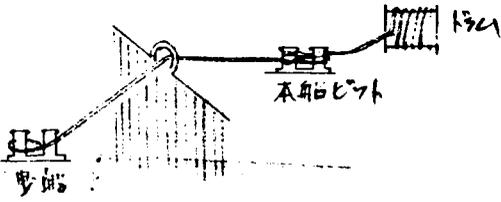
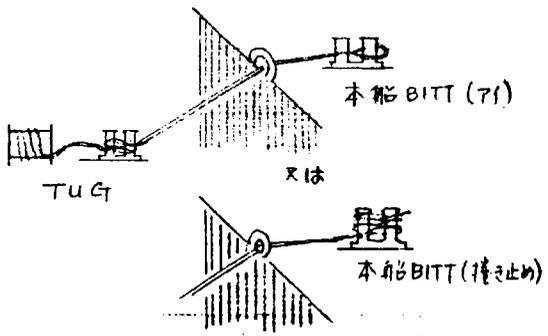
※接岸舷及び使用予定索は、現実には、パイロット又はバースマスターが乗船して初めて判ることが多い。定常的に寄港するところでは、前の経験から判断することもある。

作業	作業内容	問題点
▽ 索出し作業	<ul style="list-style-type: none"> 係留索をドラムから接岸舷側迄引き出す。 舷側の高さ、陸上ピットの位置等から適当長を SNAKE DOWN又は、COIL DOWNすることが多い。 ▽の暖機運転と同時に行うこともある。 接岸舷未定又は未知の場合は、通常使い方へ出しておくこともある。 引き出しの際、ドラムの回転はウインチ操作で行い、船側迄は、人力又はキャプスタン又は補助ロープを使って他のウインチのワーピングを利用して行い。 	<ul style="list-style-type: none"> ウインチ操作及び引き出しに人力が必要 <1本当り2~3人×0.2H> 接岸舷不明の場合、二度手間となったり、又判っても接岸迄に時間的余裕が少ない場合は、非常に厳しい作業となる。
▽ 準備 他の作業	<ul style="list-style-type: none"> ヒーピング・ラインやメッセンジャーロープ等の準備を行う。 船内通信設備の配備及びテスト 	

(2) 接岸作業

作業の欄の数字は第3.5.5図の数字に対応する。

作業	作業内容	問題点
▽ 錨を S/B	<ul style="list-style-type: none"> 接岸に使用と否に関らず、錨を危急時すぐに使用出来る状態にしておく。(通常接岸反対舷) 錨は、収納されたまま End linkがホースパイプ 水面上 水面下 }と色々な状態が考えられる。 ウインチ・ウインドラス兼用型の場合は、ホーサーリールのブレーキをかけ、ウインドラスの方へクラッチを切替え、WORK BACK※により錨を所定の位置にセットする。(錨はブレーキによりHOLDされている) この操作のため、ウインドラス兼用ウインチが錨使用の状態になっているので、元の様にウインチ操作出来る状態に戻す。 クラッチをウインチの方に切替え、ホーサーリールのブレーキを外し、接岸の際のライン搬出にそなえる。 1ウインチで複数ドラムのものは、他のドラムはブレーキでHOLDし、クラッチは外しておく。 	<ul style="list-style-type: none"> ウインドラス兼用ウインチのクラッチ、デクラッチに人力がかかる。 ウインチ→ウインドラス→ウインチ ホーサーリール(ドラム)のブレーキ及びウインドラスのホイールのブレーキ操作に人力が必要。 錨の状態確認に人手が必要。 コンプレッサー操作に人力が必要 <3人×0.2H> <p>※WORK BACK ウインドラスのクラッチを入れ、巻き出すこと。</p>

作業	作業内容	問題点
曳船取り作業	<p>a) 本船ライン使用の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 曳船専用のラインは持っていないので、係船索を流用する。 ○ ラインを船側に沿って水面まで下ろし、曳船がそれに近づいて、ラインをたぐり曳船のビットに係止する。(人力とWORK BACKによる) ○ 本船は、所定の長さ迄WORK BACKし、その後最寄りの本船ビットに係止する。(ドラムそのものを使用し、ブレーキで持たせることもある。) 	<p>a) ○ 船外へのラインぐりに人力が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 本船BITTへの係止(巻き止め)に人力を要する。 ○ ドラム直接使用の場合は、ブレーキ操作に人力が必要。 <p><曳船1隻当り3人×0.2H></p>
	 <p>b) 曳船のライン使用の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 近づいてきた曳船に本船より、メッセンジャーロープを投げるか、又は曳船よりヒービングラインを投げて、その後、ウインチのワーピングを利用して、タグラインを巻き上げて、本船ビットに係止する。(巻き上げウインチやキャブスタンを持っている船もある) 	<p>b) ○ 本船ビットへの係止に人力が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ライン末端がアイの場合よりも、巻き止めしなければならない時の方が、その傾向が強い。 ○ ワーピングエンド使用のため、ドラムのブレーキ及びデクラッチ操作に人力が必要。 <p><曳船1隻当り4人×0.2H></p> <p>a) b)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 作業監視、指揮、曳船との連絡に人手が必要。 ○ ウインチ操作に人手が必要 <p>※曳船の作業中は、ラインが張り危険である。又直接ドラムを使用している場合は、ラインの喰い込みも生じる。</p> <p>※乾舷が高くなると、タグラインの角度が悪くなり、曳船による操船効率が悪くなる。</p>
	<p>c) タグライン取り作業の後に次の作業を行う。</p> <p>本船ラインを使用した場合は、</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 1mウインチ複数ドラムの場合、タグラインに使用したドラムをデクラッチし、他のドラムにクラッチを入れる。ブレーキ開放し、接岸に備える。 ○ タグラインに使用したため、初期の計画索数に不足した場合は、再び準備作業を行う。 ○ 曳船のラインを使用した場合は、ドラムにクラッチを入れ、ブレーキを開放し、接岸に備える。 	<p>c) ○ クラッチ、デクラッチ、ブレーキ操作に人力が必要</p> <p><ウインチ1台当り 2人×0.1H></p>

作業	作業内容	問題点
③ 索の繰り出し作業 (ボート迄)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 網取りボートが本船サイドに来たら、索を水面近く迄下ろす。ボートはその索を係止し、或程度の長さをボートの甲板上に COIL 又は SNAKE DOWN する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 索を水面近く迄と、後の COIL 分の長さを繰り出すために人力が必要 ・ ウインチ操作の人手が必要 ・ 監視、指揮、連絡の人手が必要 <p>※ 一度の搬出で二索以上の場合は、二索が、からまって余計時間が掛かることが多い。</p> <p><一索当り 2~3 人 × 0.2 H></p>
④ ヒーピングラインの送り出し・くり込み	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本船よりヒーピングラインを投げ、陸上側作業員が受けとめる。遠い場合や、索が重い場合は、更にメッセンジャーローブを接続する。接岸している場合は、陸上より投げ返されたヒーピングライン又はメッセンジャーローブに本船上で索を接続する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 飛距離を出すため、細いラインを使用するが、索が太くなっているため直接接続すると、ライン切断の虞れもあり、中間にメッセンジャーローブを接続しなければならなくなっている。 ・ ヒーピングラインを投げるのに人力が必要 <p>係船索、メッセンジャーローブ、索相互間の接続、解き放ちに人力が必要</p> <p><一索当り 2 人 × 0.1~0.2 H></p>
⑤ 索の繰り出し作業 (岸壁ピットまで)	<p>a) 網取りボートの場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ボート航走により、索を搬出。 ○ ボート上に COIL した分はのび、その後はボート自体の力で引き出していくことになる。 ○ 岸壁到着後、先取りローブにより索を引き揚げる。 ○ 本船は、WORK BACK 又はドラムをフリーにして、索の搬出に努力。 <p>b) ヒーピングラインの場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 陸上側作業員の人力又はキャブスターン、自動車により索を引き揚げる。 <p>a) b) 共通</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 索は引揚げた後は、ピットにアイをかける。 	<p>a) ○ 索重量のため、BOAT が仲々進まない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 索全長使用しても届かないことあり。(たるみのため) ○ 一度で二索以上の搬出は、からまることもある。 <p><一索当り 2 人 × 0.2H~0.3H></p> <p>b) ○ 岸壁上へ引き上げるのに、人力ではほとんど無理となってきたり。</p> <p><一索当り 2 人 × 0.1H~0.2H></p> <p>a) b)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 陸上側の巻き揚げ容量の不足により、仲々岸壁上へ上げれない。 ○ 索の搬出速度に合わせてのウインチ及びドラム操作を行う人手が必要 ○ 監視、指揮、連絡の人手が必要



作業	作業内容	問題点
		<ul style="list-style-type: none"> ◦陸上ビット掛けの際人手が必要。 ◦岸壁サイドの突起物に引き上げ中の索が引っ掛かることあり。
<p>▽6</p> <p>索長調整</p> <p>▽7</p> <p>索張力調整</p>	<p>a) 船体移動中(船位未決定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦船/岸壁間の距離・移動方向・速度を勘案して、適当な索長、索張力になるようにウインチ操作を行う。 ◦同時操作は通常、船纜1本ずつであるが、2本ずつ迄は行い得る。(3本以上は一寸無理) ◦索の操作で、船の移動・停止を行うというよりは、船位のチェック(微調整)という意味で使用している。 ◦接岸するのが第一、次いで主機、舵、曳船、そして索によって、船位を決定する。(横方向を決めてから前後) <p>b) 船体停止中(船位決定後)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦索張力が適当なるようにウインチ操作 <p>a) b)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦他に同時にHandlingすべき索がある場合は、その索のHandling必要人員(指揮者+ウインチ操作員)を残して、他の索のHandlingにかかる。 <p>※船位決定、索の送り出し順序等は、バースマスター又はパイロットの勘又は経験及びその習慣等によっている。(外力に対して、そのバース固有のパターンが出来ているところも多い)</p>	<p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦適当な索長・索張力の判断は経験によっているが(予測制御をしている)、それを行う指揮者が必要 ◦ウインチ操作を行う人手が必要 ◦チェック時、ラインが張り危険であると共に、ラインがドラムに喰い込むこともある。 ◦最初の索長が長い場合は、ドラムに片巻きの生じることが多い。片巻きが生じない様に人力が必要であるが、これにも限度がある。 ◦最終船位決定時、出来るだけ多くの索を操作出来る事が理想であるが、これにも限度がある。 <p><一索当り2人×0.2H~0.3H></p> <p>b) ◦適当な索張力の判断をする指揮者が必要。</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ウインチ操作のため人力が必要 ◦<一索当り2人×0.1H~0.2H> <p>a) b)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦他の索のHandling時、ドラムのブレーキ、クラッチ操作の人力が必要。 <p>※接岸速度、方向、岸壁との相当位置の検出が困難</p> <p>※同時に、その制御が困難</p>
<p>▽8</p> <p>MAKEFAST</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 船位決定後、索を丁度良い張り具合にし、ドラムのブレーキを十分にか け、その後、クラッチを外しておく。 • 1ウインチ複数ドラムの場合は、他のドラムの方へクラッチを入れ、次の索のHandlingにかかる。 • 張り具合は、全索同じ状態にする。 	<ul style="list-style-type: none"> • 適当な張り具合をチェックする指揮者が必要 • ウインチ操作、ブレーキ操作、クラッチ操作のための人手が必要

作業	作業内容	問題点
▽ 曳船 放し	<ul style="list-style-type: none"> 係留作業終了後、曳索を放すが、全係留索を取る前に、主要係留索を取り終った時点で、人手に余裕があれば、曳索を放すこともある。 曳船のラインの場合は、曳船にゆるめてもらい後は、人力にてLet go. 本船ラインの場合は、曳船がLet goした後、本船ウインチで捲き取り。(DRUMで) 	<ul style="list-style-type: none"> 曳船のラインの時、本船ビットより外す時、人力が必要であるとともに危険である。 (ライン末端で巻き止めの方がその率が大きい) 本船ライン使用の時は、ライン操作ウインチ操作、ブレーキ操作、クラッチ操作に人力、人手が必要。 <曳船1隻当り3人×0.1H>
▽ 錨 収納	<ul style="list-style-type: none"> S/Bされた錨を、すっきり捲き上げ収納する。 ウインチ→ウインドラスにクラッチを切替え、チェーンのブレーキをゆるめて、まき上げる。 まき上げ後、ブレーキ及びコンプレッサー両方にて、チェーンを保持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ウインドラス兼用ウインチのクラッチ、ブレーキ及びウインドラス操作に人手、人力が必要 錨の状態確認に人手が必要 コンプレッサー操作に人手が必要 <3人×0.1H>
▽ 終 始 末	<ul style="list-style-type: none"> 使用々具(ヒービングライン、メッセンジャーロープetc)の格納 Rat guardの取付け 1ウインチ複数ドラムの場合は、1ドラムのみクラッチが入っている状態にしておく。 Fire Wireの取付け 	<ul style="list-style-type: none"> 各々の作業に人力、人手が必要であるが、特にFire Wireに関しては、機械化されている率が少く、労力が大きい。

(3) 係留・荷役中作業

作業の欄の数字は、第3.5.6図の数字に対応する。

作業	作業内容	問題点
▽ ロー ディ ング ア ーム 取 付 け 及 び そ の 他 の 作 業	<p>a) ローディングアーム取付け</p> <ul style="list-style-type: none"> 接岸舷のマニフォールド盲蓋を取り外し(前広に行ってしまうことが多い)陸上作業員によるLOADING ARMの取付けをアテンドする。 現在は、ほとんどがテクサンアームで、更にクイック・カップリング装置が普及してきたので、時間・労力ともに非常に楽になった。 <p>b) その他の作業</p> <ul style="list-style-type: none"> 本船の舷梯を使用しなければならないバースでは舷梯を用意する。 バースの乗船装置を使用するところでも、本船甲板上へ無事に乗船出来る様、ワーフラダーの用意等種々の作業を行う。 接岸反対舷の舷梯はパイロット乗船時使用出来る様にと、(Fire Wireと同様主旨で)準備しておくのを要請されるバースが多い。 <p>c) 荷役開始</p> <ul style="list-style-type: none"> ローディングアーム取付け後、洩れの有無を確認し、その他の荷役準備作業が全てOK後、荷役が開始される。 	<p>a) あまり問題なし</p> <p>但し、本船マニフォールドと陸上のホースとの径が違い場合、レヂューサー又はその逆のアダプターを取付けなければならないが、その人力が大変。(事前に行うことが多い)</p> <p>b) 舷梯準備に人力が必要</p> <p><3人×0.3H></p> <p>c) 荷役準備作業には、係留と同程度の人力が必要となる。</p>

作業	作業内容	問題点
▽ 船位チェック	<ul style="list-style-type: none"> • 甲板上の荷役当直者は、通常マニフォールド部にて、油移送部の監視を兼ねながら船位をチェックしている。 (陸上従業員も同時に監視していることが多い) • 船体の前後方向のづれは、ローディングアームの船側線に対する角度や乗船装置(舷梯又はワーフラダー等)のづれを目測することにより、又横方向のづれは岸壁と船体間の隙を目測することにより判断する。 	<ul style="list-style-type: none"> • 目測によるので、ローディングアームの許容範囲又は船体移動の許容範囲に対して、過大又は過小な判断を下しやすい。 • 荷役監視、安全監視、後述の索張力調整等、1人何役も兼ねなければならない。
▽ 船位調整	<ul style="list-style-type: none"> • 船位チェックの結果、船位調整を行う場合、外力が弱くて係留索のたるみで船体が移動した時には、当直者のみで、たるみを取っただけで元に戻ることが多い。 外力が強くて船体が移動した場合は、就業可能な人員を出来るだけ多く集め、船橋又はマニフォールド部等適当な見透しの良いところに位置した指揮者のもとに、係留索を操作して元へ戻す。 この時、通常の操作で復帰不能の場合は、陸上作業員を要請し(時には綱取りポート)、増取りを行う。 同時に曳船のアテンドを要請する。⊗注 • 前記前者の場合は、そのまま荷役をつづけているが、後者の場合は、少くとも送油ストップ、時にはローディングアーム接続部を外して作業を行う。 • 調整の目安としては、各バース毎に、ローディングアームの作動許容範囲を基にして、船体移動の限界が示されているところが多く、それを基準とするが、通常船体は常に岸壁と平行に接触している様にし、それが外れた場合は調整に掛かるのが普通。 • 前後方向へ移動させて船位調整する場合は、伸ばすべき索を予定移動量位伸ばし、その後巻くべき索を除々に巻いていく。これは人手が足りないために便宜上行うわけで、伸ばすべき索にも人員が配置され、両者でチェックしながら行うことが望ましい。 • 横方向へ移動させる必要(岸壁側へ)がある時は、ブレスト、スプリングを集中的に巻きしめて行う。 ⊗注 増取り、曳船のアテンドを得ても係留困難と判断される時は、緊急対策ということになる。 	<ul style="list-style-type: none"> • 係留索のみでの船位調整は、多数の人手が必要で、かつ、各係船索操作グループの密接な連絡が必要。 (慎重な指揮が必要) • 巻き込み係船索はドラムに喰い込むことも有り、又高張力がかかって危険。 • 係船索ドラム数以上の増取りは現実的に非常に難しい。 • 外力が強くなってからの船位調整は索のみの操作では非常に難しい。 • 適正船位の決定には、接岸時と同様の配慮が必要。 • ウインチ操作時には、ドレン切り必要のこと有り。 <6~8人×0.5H>
▽ 索張力チェック	<ul style="list-style-type: none"> • 船位に異常ない事が確認されたのち、荷役作業にも急務がない事を確認してから、甲板上を一巡して各係留索をチェックする。 • 索張力の判断は目視(たるみ具合、のび具合、ローブの径の変化)や、手で触ったり、足でのってみたりして“カン”で判断している。 • 積荷・揚荷の別、潮流・潮高により、索張力の変化方向だけは、ある程度予測出来る。 • この作業は、甲板上を一巡し、索張力のチェック及び調整、その他安全チェック等の異常をチェックする作業も兼ねている。 	<ul style="list-style-type: none"> • 広い甲板上の全係留索を1本づつチェックする為の人手が必要。 この人手は、他の種々の作業を兼務している。 • 適当な索張力を判定する科学的手段がない。

作業	作業内容	問題点
▽ 索 張 力 調 整	<p>・張力がかかり過ぎの場合は、ドラムのブレーキをすべらせて伸ばすか、又はクラッチを入れてWORK BACKする。逆の場合は、クラッチを入れウインチにて巻きしめる。</p> <p>・外力があまり強くない場合は、索張力の変化方向の予測に従って、予測制御のようなこともしている。</p> <p>※船位・索張力のチェック・調整の作業は実際はどれが先ということはなく、甲板当直者が常に注意を払い、行っている作業である。</p> <p>又、当直者の作業は係船索関係以外に、</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 荷役作業 2) 安全チェック 3) 陸上又は他との連絡(周囲の状況監視) 4) 気象・海象監視・観測 5) Fire Wire, 舷梯調整 <p>等がある。</p>	<p>・クラッチの入出が面倒なので、伸ばす時はブレーキ操作のみで行うこともあるが、熟練が必要で、かつ危険な作業となる。</p> <p>クラッチ、ウインチ操作に人手が必要</p> <p>・適当な索張力を判定する手段がない</p> <p>・索張力調整結果、外力の如何によっては船位に狂いが出ることも有るので、船位再調整が必要となることもある。</p> <p>・ウインチ操作時には、ドレン切り必要のことあり。</p> <p><1索当り1~2人×0.1H></p>
▽ ロ ー デ ィ ン グ ア ー ム 取 外 し 及 び オ ィ ル フ ェ ン ス 取 外 し 片 づ け	<p>・送油ストップ後、油移送部の油落とし、エア押し等を行って、アーム内の残油を極力なくしてから、ローディングアームを切離す。ほとんど陸上作業員が行うが、甲板上への洩油処理、マニフォールド部の盲蓋取付等これに関する作業も相当量ある。</p>	<p>・時間的余裕があれば、特に問題なし。</p>

(4) 離岸作業

作業欄の数字は、第3.5.7図の数字に対応する。

作業	作業内容	問題点
▽ 離 岸 準 備 作 業	<p>・各ウインチのドレン抜き、作動部注油及びテスト・ラン。</p> <p>各ウインチのドラムからクラッチを外し、フリーにしてテスト・ランを行いながら、ドレン抜きを行う。その後、ドラムの一つにクラッチを入れておく。</p> <p>・舷梯、ワーフラダー、ファイヤーライン片付け</p> <p>・ローディングアーム取外し及びオイルフェンス取外し片づけ(陸上側作業)確認後、Try Eng. 及び舵テスト実施。</p> <p>・錨は、S/B状態とする。(ブレーキで保持)</p> <p>ウインドラス兼用ウインチの場合、ウインチの方へクラッチを切替えておく。</p>	<p>・テストランに人手が必要。</p> <p>時間的余裕が無いことが多い。</p> <p>・舷梯等片付けに人力が必要。</p> <p>本格的収納は出帆後となってしまう。</p> <p>・大型化に伴い、Try Eng の制約が大きくなってきている。舵機室、船尾スクリューの監視の他、船首尾で係留索を監視する必要あり。</p> <p>・錨に関しては接岸時と同じ。</p>

作業	作業内容	問題点
	<p>錨は接岸時と同様処置。但し、接岸時ほど、S/Bの必要度はなく、むしろ、全係留索が捲き上ってから船が出港進路へ進み始める時に必要度が高くなるので、その時点でS/Bすることもある。</p>	<p>< all hands × 0.5 H ></p>
<p>▽ 曳船取り作業</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 接岸時と同様作業 • 本船ライン使用の場合、係留索の内から、SHORE BITTより早目に外して、タグラインとして使用することあり。 • 曳船の隻数としては、接岸時より多いことは、ほとんど無い。 	<ul style="list-style-type: none"> • 接岸時と同様
<p>▽ 索繰り出し作業</p> <p>SHORE BITTからの</p> <p>▽ 索巻き込み作業</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操船者（パイロット又は船主は残余索と予定したもの以外の索の let's go を指示する。 各バースにより、let's go 順及び残す索は大体決っている。 2. この指示に従い、船・艇作業員は各々の指揮者の指示の基に、索をゆるめてゆく。 let's go 索のドラムのクラッチを入れ、WORK BACK 又は1ウインチ複数ドラムのもので、そのドラム全部 let's go 予定の場合は、クラッチの入っていないドラムはブレーキをフリーにしてゆるめる。 3. 現場指揮者は、陸上作業員及び甲板上作業員の配置と let's go 予定索とを見くらべながら順次指示を出してゆく。 4. ゆるめただけで陸上ビットより外すことが不可能の場合（特にワイヤー）は、人力にて船側外へ繰り出す。 5. 陸上作業員は、ゆるめられた索を順次ビットより外して行く（人力のことが多い） 6. 現場指揮者は、ビットより外れたことを確認したら、その巻き込みを指示する。 巻き込み中は、索がクリヤーになる迄注意監視を行いながら、巻き込みのウインチ操作員に操作を指示する。 7. ウインチ操作員は、巻き込み索のドラムにクラッチを入れ、指揮者の指示に従って操作する。 人員・時間に余裕ある場合は、同時に索のドラムへの片巻きを防止するため、もう1人の人間がロープさばきを行う。 その索の巻き込みが完了（又はクリヤー）したら、ブレーキをかけて他のドラムへクラッチを入れ替え他索の巻き取りの準備を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> • ウインチのクラッチ、デクラッチ、ブレーキ及びハンドル操作に人手が必要 • 陸上ビット、ウインチ、陸上及び甲板上作業員等索の全長を監視しながら巻き取り指示を行う指揮者が必要 • 索（特にワイヤー）の繰り出しに人力が必要 又、SHORE BITT からの索の取外しに人力が必要 （クイック・リリースフックの場合問題なし） • ドラムの片巻き防止のために人力が必要、又この作業は危険も多く実効ない場合も多い。 この場合は出港後巻き戻しを行う。 • 主機、舵を出来るだけ早く使用可能の状態とするために、巻き込みは出来るだけ早くする必要あり。 <p>< all hands × 0.5 H ></p> <p>< 一索当り 1~2人 × 0.1~0.2 H ></p>

作業	作業内容	問題点
	<ul style="list-style-type: none"> • 以上の作業を繰り返した後、主要索数本が残る状態となるが、この状態を SINGLE UP という。 • 残余索としては、通常プレスト、スプリング船艀1本づつ又はヘッド、スターン各1とスプリング各1、計4本となることが多い。 8. SINGLE UP後、出港に差し支えなければ操船者は残余索を let's go の指示を出す。 バースによっては、索を操船に使用することも有る。 9. 残余索の let's go 作業内容も他と同様 • 索は、1本づつ、ゆるめ→ビット外し→巻き取りと行うこともあり、又、数本ゆるめ→ビット外し、そして1本づつ巻き取りということもある。 • 最新バースでは、クイック・リリース・フックを装備しているバースが大半で、これは、索に張力がかかっているも外すことが可能であるが、let's go 索の順序通り let's go 及び let's go を未だ予定していない索の let's go の予防及びはね返りによる危険防止の意から、let's go 予定索は若干ゆるめるか、張力を少なくするのが普通である。 • 現場指揮者は、巻き取り中の索全長にわたり監視しトラブルのない様に注意する。 • 索は、外舷にたれ下り水面上に END が来た状態（ラインがクリヤーであると判断出来る最低線）で止めて次の索の操作にかかることもある。時間と人手がある場合は、甲板上迄上げるか又はすっかりドラムへ巻き取る。 いずれにしても索をクリヤーとすることが必要で、特に艀部は、推進機の使用可能な状態に早くすることが先決。 	
▽ 曳船放し	<ul style="list-style-type: none"> • 接岸作業と同じ • 操船の都合上、前記索放し作業中に曳船の係船位置を変更することも有る。 	
▽ 終始末	<ul style="list-style-type: none"> • 索のドラムへの収納 索の END が水面近くのもの、甲板上のもの等を1本づつ、片巻きにならないよう収納しカバーをかける。 又、巻き取り作業中片巻きとなったものは、巻き戻しで行う。 • ファイヤーライン、舷梯、ワーフラダー等の本格的収納 • 錨は S/B が解けたら、収納し、ストッパーにてラッシング。 • この他、荷役中使用した用具の片付け等荷役作業の後始末がある。 • パイロット下船に関しては、パイロットラダーの準備及び使用後の収納 	<ul style="list-style-type: none"> • 全ての作業に関して人手、人力が必要。 特に、索のドラムへの巻き取り及びカバー掛けは、ドラムの径が大きくかつ索の径・重量が大きいため負担が大きい。 • 舷梯、パイロットラダーの扱いも人力に頼る部分が多い。
▽ 待機	<ul style="list-style-type: none"> • 索を外しはじめる段階及び残余索を外しはじめる段階で、操船者は四囲の状況を観察し、このまま作業を行ってよいかどうか判定する。 例へば、他船が近づきつつあるとかいうような状況の時は、OK となる迄、待機することになる。 	

オペレーションフローチャートの表の右欄に記された問題点を整理してみると次のようになる。

- (1) 係船機器（ウィンチ・ウインドラス）操作の困難
調整・注油等の保守も含めて
- (2) 索（係船索・タグライン等）そのものの操作の困難
陸上との連結部（ヒービングライン、綱取りポート、岸壁上の捲き上げ作業）や収納・整備も含めて
- (3) 作業の状況確認・指揮の困難
係船作業時、係留中の船位・索張力調整時、離岸時等全ての期間を通じて
適当なる索数の決定、索長、索張力の検出とその設定の困難船位の検出とその設定の困難等のため
- (4) 作業時間の延長
索数増加によるものの他、船位決定時間の延長によるものも含む
- (5) 危険性の増大

以上の問題点の原因を考えてみると、人力・人員に限度があるのに対し、従来の係船作業は、人力・手動に頼るところが大であったため、索及び係船機器の大型化・多量化に追いつけずに生じてきたものが大半である。

人力・人員と索・係船機器の関係によるものの他に、船体の質量そのものの大型化が、索数の増加をもたらしたとかいう間接的なものとは別に、直接に作用している。船位調整・決定の困難さと作業面積の増大ということがあげられると思う。惰力の増大、乾舷が高くなることによる曳船の効率低下、同時に操作出来る索数の制限とが相合ってこの問題は、今後増々重要な問題となってくるであろう。

又、従来人間の“勘”と“慣れ”に大部分頼っていた適正な係船索数及びその配置更には索張力の検出とその適正なる設定が大型船では問題となっている。

3.6 一点ブイ係船作業の現状と問題点

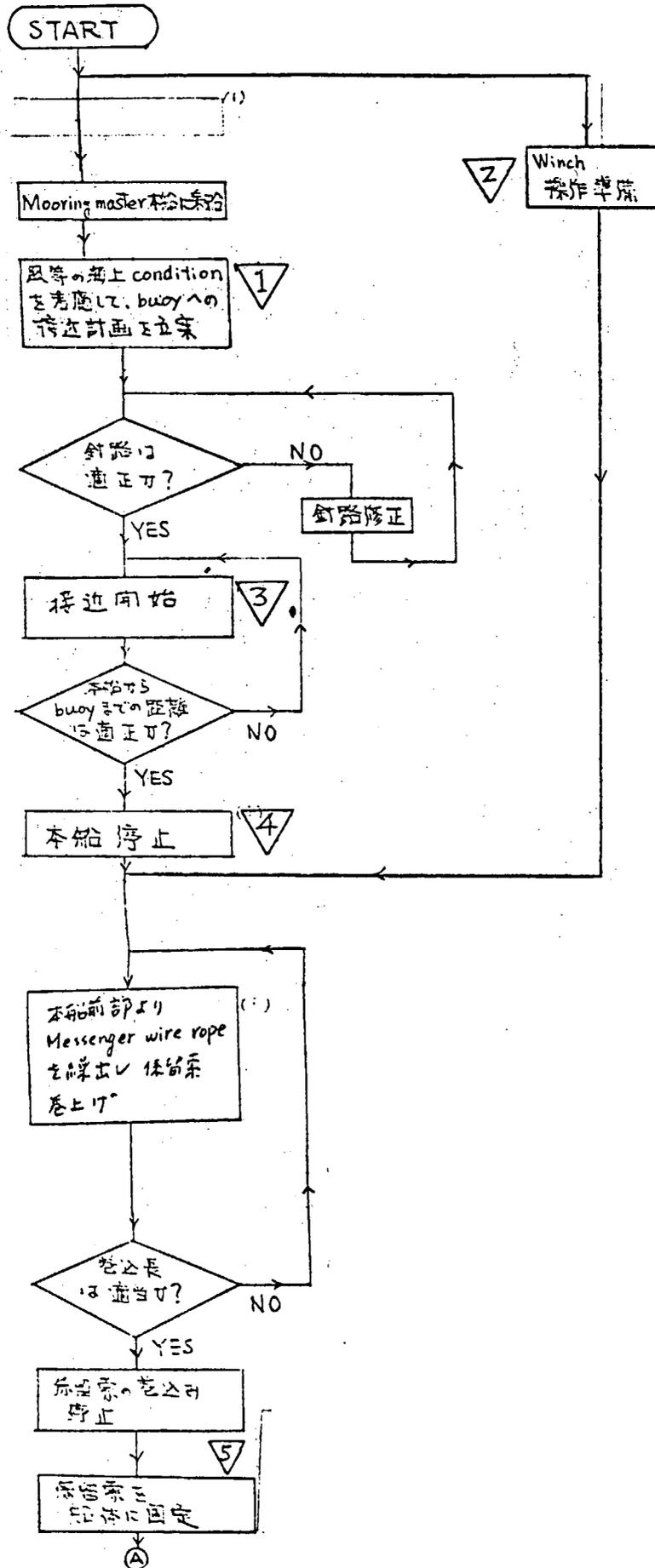
一点ブイ係船方式（SPM）は、油送船の荷役用係船施設として、近年発展して来た方法であって、ブイの形式および係船方法も様々であるが、大別して係留時に、ブイ側に常備された係留索を使用する方式と本船側係留索を使用する方式に分けられる。今回の調査によれば我国では前者の方式が多く採用されているようなので、本研究では、ブイに係留索が常備されており、接標時には係留索を海面から船上に引上げて本船上に係止する方式を想定した。

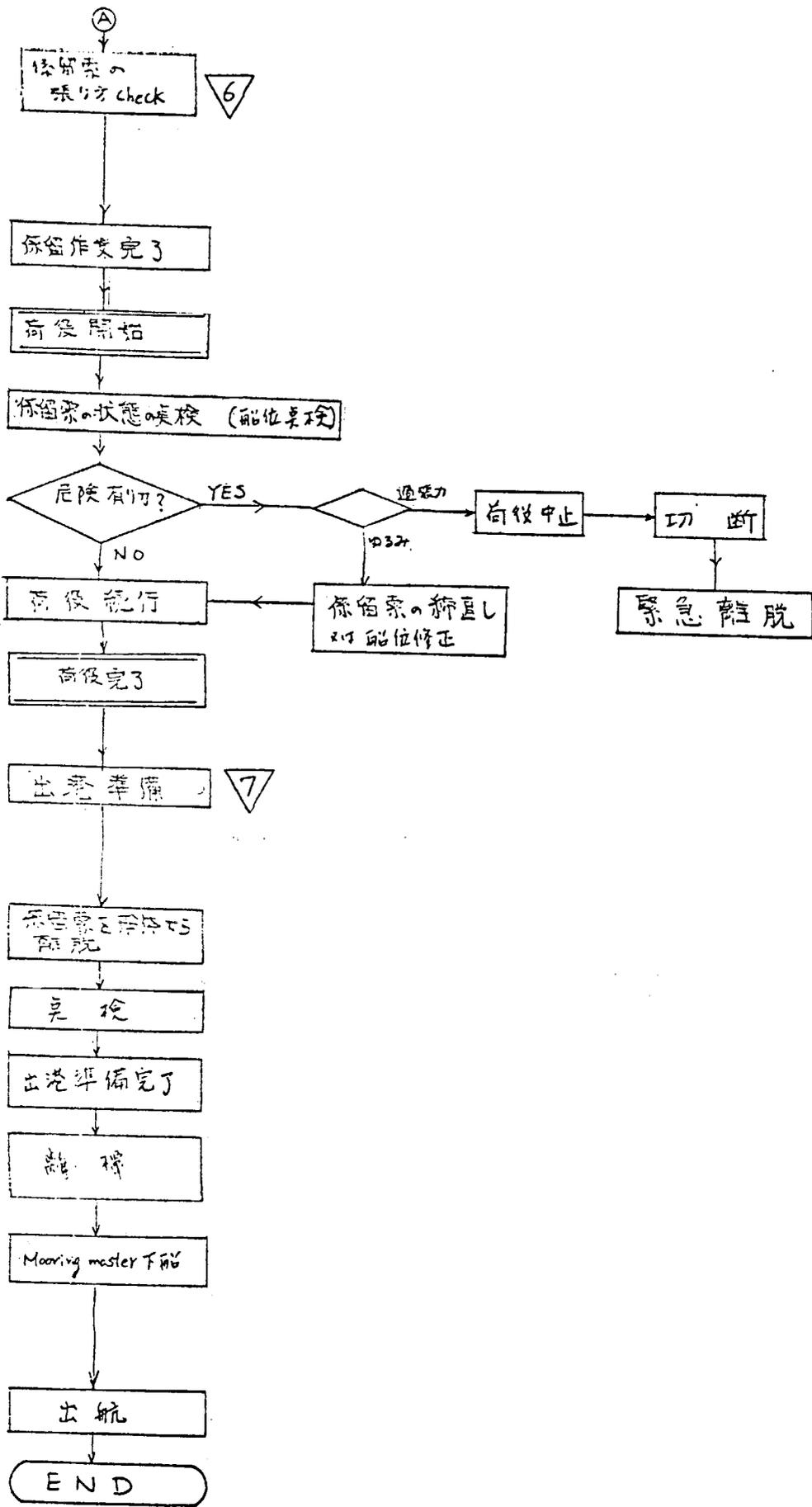
また我国では海域が狭い関係もあって、SPMへの離接標用に1～2隻の曳船が準備され、主として接標時の船首方向の修正に使用されているが、諸外国では曳船の用意のないSPMが普通であり離接標とも曳船を使用することは殆んどない。この点はSPM方式の特徴でもあるので作業フローチャートは曳船を使用しないものとして作製した。

なお、SPM係船作業には、錨泊作業と共通点が多いので、共通点については本節では採り上げなかった。

また、3.6.2の番号▽、▽、……は3.6.1のフローチャートの番号に対応するものである。

3.6.1 一点ブイ係船作業のフローチャート





3.6.2 作業内容と問題点

番号	作業内容	問題点
①	<p>錨地への接近計画立案 (錨泊作業参照)</p>	
②	<p>ウインドラス/ムアリングウインチの暖機および係留準備作業(錨泊作業参照)</p> <p>送油用浮ホースが本船の進入の障害になる恐れがある場合には、作業船などを用いてホースを障害とならぬ方向に曳かせておく必要がある。</p>	
③	<p>浮標接近</p> <p>(1) 針路保持</p> <p>風向、風速と潮流の流向、流速および本船の吃水条件などによって変化するが、ブイに接近する場合外力の合成方向に逆りように船首をたてて接近するのが原則である。</p> <p>(2) 接近速力</p> <p>ブイからの距離に従って、適当な対地速力を保持しなければならないが、ブイの200メートル手前で、一旦停止出来るような行脚とすることが必要である。従って気象、海象、吃水、主機などの条件のほか、曳船能力や配置などを考慮して速力を設定する必要がある。</p>	<p>操船海域が狭い場合には、原則どりに接近針路を選定出来ないため、横方向に偏位を生じ船首方向を修正する必要がある。</p>
④	<p>本船停止、メッセンジャーロープ結合</p> <p>ブイから約200m前後離れた位置で、一旦停止または極少量の行脚とし、係留索の先取りロープを本船から作業船に渡し索と結ぶ、メッセンジャーロープを本船ウインチで巻込みながら、本船を引寄せ係留索を本船に係止出来る位置まで接近する。</p>	
⑤	<p>係留索の係止</p> <p>係留索は化繊ロープで、普通2本を並列に係止する形をとっているが、2本に均等に負荷をかけることが肝要である。</p> <p>従来は、係留索は補助ロープ(鋼索)を用いてボラードに係止していたが、最近では2本の索の係止端を1ヶの金具にまとめ、さらに1本のチェンで船内に導き、チェンストップなどで船上に固定する方法が推奨されている。</p>	<p>2本並列係留の場合には、1本ずつ切断する例が多いので、今後は大径のもの1本で係留する方向が検討されるべきであろう。</p>
⑥	<p>船位点検</p> <p>ブイ係留中は、ブイと船首の間に適当な間隔を保つこ</p>	<p>このような処置がとられない場合、船首がブイに接触し</p>

作業	作業内容	問題点
▽	<p>とが必要であり、荷役中に風向、流向が逆転するような場合などには特別な警戒が必要である。</p> <p>また、外力の影響が小さく、係留索の張力が小さい場合には、作業船を利用して船尾方向に曳き、あるいは可能な場合本船主機を利用するなどして船体をブイから離す方法がとられる。</p> <p>気象、海象が変化し、それぞれのバースに定められた制限値に近づいた場合には、荷役中止、ホースの切離し、あるいは機関用意をするなど離標の準備が必要である。</p> <p>特に船体が外力の方向に対して大きく振れ廻る場合や、うねりによりピッチング運動を伴っている時などは、係留索に予想外の外力が働き、索を切断する場合がありますので注意を要する。</p> <p>離標出港</p> <p>本船の出港態勢が整った時期に、係留索を解放し、後進してブイから離れ適当な位置から回頭して出港する。この場合、ブイ周辺に充分な操船水域があれば曳船の援助を必要とせず、自力で出港可能である。</p>	<p>てブイを破損する事故、また本船外舷部がブイに圧着され浮ホースを切断する事故、または逆に本船が損傷を受けることもある。</p> <p>係留索の張力増加に対し、現在では張力検出の方法がなく、切断などの事故を予測するのに経験にのみ頼っている。</p>

3.7 事故損傷例

時代の要求とともにタンカーを中心として船舶は大型化し、それに伴って係船作業中の事故も多くなっているが、その大部分は乗組員及関係者の努力によって大事故にまで至らずに終わっている。このため、事故損傷の具体例として公表されているものは少ないが、大別して次の原因に分けられる。

- (1) 係船作業中の人的要因によるもの
- (2) 気象、海象等外力によるもの
- (3) 本船設備と陸上側設備とが適合していなかったもの
- (4) 係船索の材質によるもの

主な事故損傷例

場所	区分	内容
ドルフィン 棧橋 係留中	配置不良	ドルフィン棧橋係留中、ビットの配置が適合しなかったためスプリングの長さが短く、船体の動揺によって係留索が切断した。
	気象・海象	ドルフィン棧橋係留中、うねりによる船体動揺のため、ワイヤー及びホーサー（スプリング）が切断した。
	索の腐蝕	ドルフィン棧橋係留中、ワイヤーが切断した。同ワイヤーはメッキ后伸線した素線を使っており伸線の際メッキ部にヘヤークラックが発生していたため、この部分から腐蝕が早められていた。

場所	区 分	内 容
	人 的 要 因	接岸作業時、接岸角度及び接岸速度が予定通りにいかず、接触事故を起した。
多 点 ブ イ 係 船 中	配 置 不 良	多点ブイ係留中強風によりワイヤー2本が次々に切断した。 係留ワイヤーと船体の角度が鋭く、又係留金物の形状によりワイヤー(プレスト)が鋭角に折れていたことによる。
	気 象 ・ 海 象	係船作業中、風速20m/secの風を受け汐流の反転が加わって、ワイヤー及ホーサー4本が次々に切断した。(プレスト2本、罷ライン2本)
	人 的 要 因	係船作業中、本船の行脚をあやまり、ブイに衝突、ブイ係止用アンカーを移動させた。
一 点 ブ イ 係 船 中	気 象	一点ブイ係留中、突風のため船首がブイに接触し、一点ブイ上のフローティングホース用アームを損傷した。
	海 象	一点ブイ係留中、うねりのため船首がブイに接触ブイ底部損傷、その後係留索2本共次々に切断、更にホース切離し作業中、船体が圧流されホース接続ボルトを切断した。
	人 的 要 因	一点ブイ係船作業中、本船ビルヂキールによりブイ係止用チェーンを押しつけたため、ブイは一時水没した後浮上したが、海底ホースが切断、原油約6KLが流出した。 一点ブイ係船作業中、本船ビルヂキールでブイ係止用チェーンを押しつけたため、ブイ上のマンホールよりブイ内の居住区、機械室に浸水し水没しブイ内の諸機械が使用不能となった。

4. 巨大化の問題点

前章に於いて、現存V.L.C.C. 及U.L.C.C.の係船システムに就いて、設備、作業両面より調査を行い、現状の把握を行なったわけであるが、これを基礎として、係船システムは其の儘延長され乗員の数も殆んど変わらないと仮定して巨大化した場合の問題点の抽出を行なうと同時に、現在の係船機器、同関連機器、設備の最近の動向及び今後の開発、研究の方向について考察を行なったものである。

4.1 錨 泊

4.1.1 現行船級協会規則を適用した試算および考察

一例として、下記のような船型を選び、現行の船級協会規則に依って要求されるアンカーおよびアンカーチェーンを備えた場合の係留力について試算した。

船 型：平甲板型、艀船橋付油送船

主要寸法 $L \times B \times D \times d$: $456 \times 91.1 \times 45.5 \times 33.4$ m

Δ : 1,168,000 Tons

外力計算には、SR106 「係船装置の適応制御方式」(S45年度)研究において開発された電算機プログラムを用い外力条件として風速0~30 m/s, 風向:船首35°, 汐流1 kt, 3 kt 正船首方向とした。

また外界条件としては、水深50 mにおいて単錨泊した状態を考え、アンカーチェーンは片舷分全長を繰出した場合を想定した。なお、計算は風によって本船が振廻された状態、即ちアンカーの方向が風向と一致した状態(本船船首より35°方向)を考えた。参考として、本船に要求されるアンカー、アンカーチェーンの要目を示せば下記のとおりである。

機装数 EN = 18,219

アンカー高把駐力型のとき、単重 40,000 Kg

普通型 " , 単重 55,000 Kg

アンカーチェーン第3種 180 mm ϕ \times 770 m (総長)

切断荷重 1,920,000 Kg

耐力荷重 1,340,000 Kg

本船に作用する外力(全抵抗下)およびアンカーチェーンの把駐力に関する計算結果を第4.1.1図に示した。なお、図にはJISおよびIACS案に基くウインドラスの定格荷重およびブレーキ力を併記した。本計算は波の影響、ガストなどを無視した静的計算であるから、最終評価は、動的影響を考慮した計算に待つ必要があるが本計算の結果をとりまとめると、以下のような問題点を挙げる事が出来る。

(1) 現行規則に従って、本船を設備した場合の錨泊可能限界風速は、つぎのようになる。

本船の状態	JIS型アンカーによる係止限界	JIS型ウインドラスブレーキによる係止限界	高把駐力アンカーによる係止限界
バラスト時	約22 m/s	約23 m/s	約30 m/s
満載時	約34 m/s	(35 m/s以上)	(40 m/s以上)

ただし、上記限界風速は、片舷分のチェーンを総て繰出した状態(片舷385 m)で、アンカーおよびチェーンの把駐係数 $K=3$ (JIS型アンカー)、 $K=10$ (高把駐力アンカ)、 $k=0.6$ (チェーン)と仮定した場合である。

(2) 上表のように、JIS型アンカーを採用した場合には、許容限界風速は満載時で34 m/s程度となるが、前記のように、本計算は静的計算であり、波浪および風速変動を考えると、表の数値を許容限界と考えるのは危険であり、余裕を見込む必要があると考えられる。この余裕幅の絶対値を指定することは困難であるが、仮にアンカー把駐力の実験値の最小値 $K=1.25$ を採ると許容限界風速は満載時でも21 m/s程度となり、いわゆる荒天状態の錨泊は不可能と

いよう。しかし高把駐力アンカーを採用した場合には、同等の余裕を見込んでも、バラスト状態で限界風速20 m/s程度となり安全性は多分に増加する。従って巨大船においては、高把駐力アンカーの採用がのぞましい。

(3) 本試算によれば、荒天時には片舷アンカーチェーンの全長を繰出す必要があり、ふれ廻り半径は840 mとなる。従って他船との必要離隔距離は両船が各35°近寄る方向にふれ、且1Lの余裕を保つとすれば、最小1,800 mとなり、これは日海防「巨大タンカーの安全対策に関する調査研究」(S46年度)に報告されている希望意見、離隔距離=3.5Lとほぼ一致する。

(4) 本検討によれば、ウインドラスブレーキのJIS規格値は高把駐力アンカーおよびチェーンによる係止力の67%に相当することとなった。チェーンの固定設備としては、ブレーキ以外にチェンストッパがあるが、安全向上のためには、本ブレーキをアンカーによる係止程度まで増加させることが望ましい。ただし、JIS型アンカーを備えた場合には、本ブレーキ容量はほぼ妥当と考えられる。また、ウインドラスの定格荷重については現行JIS規格値では、捲上げ可能な外力に相当する風速は約17 m/sとなるので、これ以上の風速下では主機を運転し前進状態で捲上げを行なうことが必要となる。しかし、本船のような巨大船をチェーンの方向に沿って微速前進させるような操船

は極めて困難と言われて居るので、今後、定格荷重選定のための検討が必要であろう。

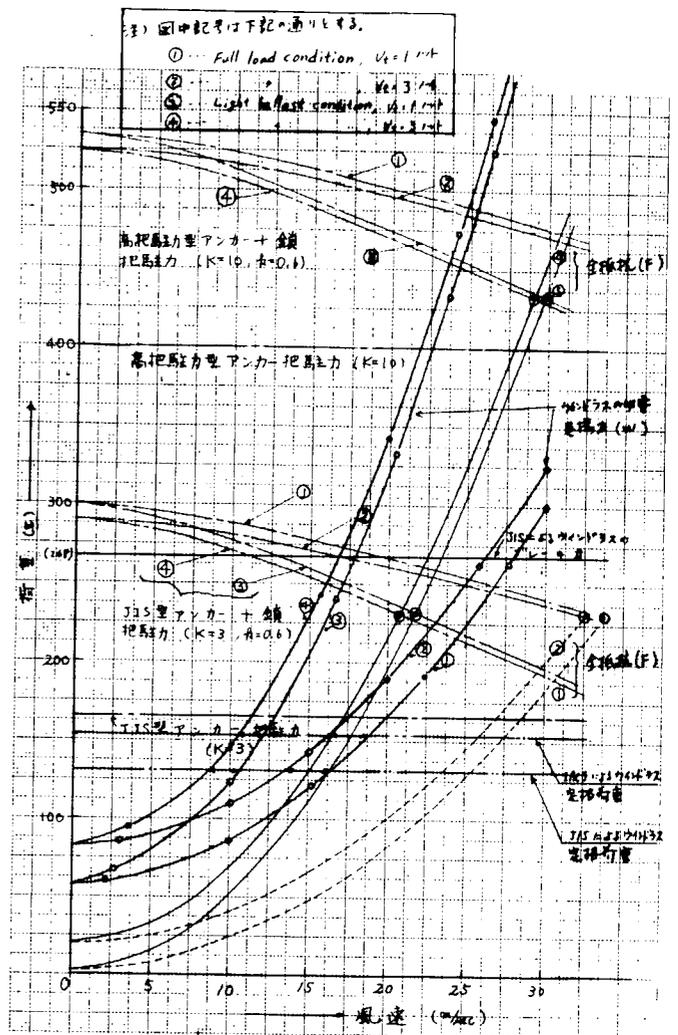
4.1.2 問題点と対策(操船作業)

(1) 低速時の船速、船位保持

単軸推進船にあっては、錨地に接近する際主機関を微速前進とし、推進器が定常的に正回転しているときは比較的良好な舵効が得られるが、風潮流等の外力や海底のバンク影響を受けた場合には、大きな回頭惰力に対抗するために相当大きな当て舵をとらなければ針路の修正が難しい。

また、主機関停止のまま惰力で低速前進するときは急激に舵効が低下して操縦性は悪化し、舵効を回復するために主機関を発動すれば前進惰力がつき過ぎるおそれがある。VLCCの場合、外力の影響がなければ3.5節程度の船速があれば舵効を保持できるが、外力の影響がある場合、例えば満船航行中のVLCCが正横から15/secの風を受けて主機を停止した場合存速約5節で操船困難となった例があり、強風時の港内操船の一つの限界を示すものと思われる。

このように船体が巨大化するに従って運動性能は鈍重になり、初速一定とすれば停止距離、停止に要する時間は船の長さ按比例して増大するので外力の影響を受ける時間も長くなる。従って100万トンのような巨大なマスを予定錨地に計画通り接近させるためには、今後さらに低速時における船位保持手段、情報検知、操船補助装置の研究開発が



第 4.1.1 図

のぞまれる。

(1) 情報の検知

水面上50メートル近い高さから、極微速力で移動する巨大な船体の運動を正確に把握し、判断し、制御することは、もはや人間の経験や勘の領域を超越するものと考えられるので、次のような測定器を活用し、あるいは巨大航空機にみられるような自動制御方式を採用することによって、人間の誤判断による事故を防止するよう配慮がのぞましい。

(a) 速力

対水および対地速力を精密に測定できる性能をもつもので、超音波の反射波のドプラー効果を利用したものが既に実用されており、これは巨大船の操船には不可欠のものであるが、その精度が100万トン級の制御要素として充分であるかどうかは検討を要する。

(b) 偏位

船体の対地進路と操舵針路のずれは低速ほど大きくなるが、これを偏角で示すことが望ましく、船首部分の運動と船尾部分の運動を別個に計測し、船首尾方向の運動と左右方向の運動の計測結果をとり入れるなどして偏位を確認したい。

(c) 惰力

本船の船首尾喫水・速力・潮流などを要素として、主機関停止より船体停止までの各減速力に対応した進出距離を表示できる装置の開発が望ましい。

(d) その他

従来通り、本船の主機回転数、舵角、水深、海水比重、風向、風速などの情報は低速時に欠かせないものであるが、海図上における本船位置の移動を連続検知することも重要な情報である。

(ロ) 操船補助装置

(a) 操舵補助装置

100万トン型船では、船体質量に対する主機関の出力比が小さくなり、単軸推進器をもつ船では、従来の舵効方式では十分な操縦性能は期待できないと思われる。従って舵面積の増大を図ることは当然であるが、曳船による操船補助の検討が必要であり、さらにサイド・スラスターやアクティブ・ラダーなどの如き操舵補助装置の開発がのぞまれる。

(b) 惰力制動装置

巨大な前進惰力をできる限り速かに、かつ自由に減殺できるような制動装置の開発が望まれる。これまでもパラシュート使用の緊急制動装置が試作されたことがあるが反復使用には不適當であり、常時使用可能なブレーキ装置ができれば入港所要時間の短縮が図られ、かつ緊急避航時にも有効であるので航行上の安全性が向上する。現方式の錨装置は制動の目的としては不適當であり使用上の効果がない。

(2) 操船情報の検知

(イ) 見張り装置

船尾船橋船では、船橋から船首までの距離が遠くなるため障害物の識別や運動状態の把握が困難であり、とくに狭視界時には避航時機を逸したりして安全性が低下するおそれがある。また、船橋から前方の視野の死角範囲が大きく、海面監視が不充分となることも予想される。そのため従来の目視見張りに代りうる、またはそれ以上に高性能な遠距離／海面監視装置の開発が望まれる。

(ロ) 衝突予防装置

レーダ情報から算出された障害物の位置、最接近距離、最接近時間、速力、針路及び避航針路等を表示するものが既に使用されているが、このようなシステムは巨大船にとって重要である。また船型が長大となるため、衝突予

防の目的を達するためには、船橋だけでなく船首からの情報も入手する必要がある。

(ハ) 座礁予防装置

ソナー情報から算出された浅所の位置、深さ、接近時間、避航針路等を表示する装置の開発が望まれる。

(ニ) 錨泊他船の位置表示装置

既に錨泊している複数の先船や陸岸等の障害物と十分な離隔距離を保つような自船の最適錨泊地点の選定の際には、レーダ・ターゲットとして測得した他船のそれぞれの位置を海図上にプロットしてみた上で決定する機会が多い。この方法では、本船が移動中であるため測得誤差が大きく、かつ手間と時間がかかるので、任意の指示地点と他船他物との離隔距離を迅速かつ明確に読み取れる表示装置の開発が望まれる。

(ホ) 船首位置検知装置

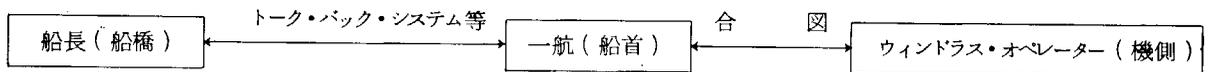
巨大船は投錨後の船体のふれ廻りによる占有面積が大きいので、他船・他物との安全な離隔距離を保つよう正確に予定錨泊地点に投錨する必要がある。これまでは船橋での測定船位から船首の方位と距離を基に錨泊地点を求めていたが、巨大船においては船首に検知装置（例えばレーダ・スキャナー）を設置し、船首部の現在位置と錨泊地点までの方位・距離を船橋内に表示する装置の開発が望まれる。

4.1.3 問題点と対策（投揚錨作業）

(1) 作業の監視と情報・指示の伝達

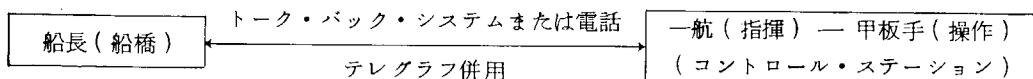
(イ) 船の巨大化により、船橋と船首部の距離が遠くなり、船首の作業指揮者である一等航海士とウィンドラス・オペレーターとの距離も遠くなる。また船首部の海面上の高さが高くなり、天候条件によっては強い風雨を受けることになるので、船首の作業指揮者が在来船のように船首端に立つことが出来なくなることもあると考えられる。一方ウィンドラスも巨大化し高出力化するので、投揚錨時の騒音も大きくなり、又ウィンドラス・オペレーターの視界がさえぎられて、その可視範囲が限定される。

したがって、巨大船においては、在来船が今までに採用しているような情報指示の伝達方法（下記参照）では、正確な指示連絡が期待できなくなる。



このような問題点を解決するためには、船首部の適当な位置にウィンドラス周辺、ベルマウス周辺ならびに投揚錨海面を監視できるような場所をえらびコントロール・ステーションを設け、作業指令伝達システム、ウィンドラス操作システム作業監視ならびに情報表示システムを集めることがのぞましい。

船橋とコントロール・ステーションの指令伝達システムとしてはトーク・バック・システムが電話が望ましい。またより確実にするためにはテレグラフ方式のものを併用する。コントロール・ステーションには作業指揮者（一航）とウィンドラス・オペレーター（甲板手）の両者が居るとすべての作業をおこなうようになるので、この両者間の連絡上の問題はなくなる。



ウィンドラスオペレーターが機側にて操作する場合には作業指揮者との間に距離があり、更にアンカーレッコの時などでは、すさまじい音が発生するのでこのような条件下では、指揮者とオペレーターとの間の指令伝達にはヘッドホンによる方式とか信号を利用することが良策と考えられる。

(ロ) 船の巨大化により投錨時の全体的な作業監視ができ難くなり、投錨時の錨、錨鎖の状態、錨鎖の方向等を目視できなくなる。

作業監視を前述のコントロール・ステーションでおこなうようにしても、その位置によっては全体を監視できな

くなることもある。コントロール・ステーションから監視するものは、(1)ウィンドラス周辺、(2)外板ベルマウス周辺、(3)投揚錨海面であるが1か所から両舷全体を見わたすことは無理であろう。

この場合にはコントロール・ステーションを各舷1か所宛、2か所に分けるかあるいは工業用テレビ等の利用が必要になるかも知れない。

(2) 錨の位置、錨鎖の方向・長さ及張力の検知

(イ) 揚錨作業を開始するときには、錨地周囲の状況や他船との相対位置との関連で、立錨になったときの船の船首方位、回頭状況を予測する必要がある。巨大船は立錨直後の本船発進時の運動性能上の応答が遅いので、特にこの予測が重要で、立錨時には船の船首方位ならびに回頭状況が、発進・出港に適正になるように錨鎖の巻込みのタイミングを考えなければならない。また錨泊中には錨、錨鎖の方向を船が把握していることが望ましいが、巨大船では乾舷が大きく、特に夜間等ではこの方向を正確に把握することができない。

これらの問題点を解決するためには、錨の位置、錨鎖の方向、長さを検知し、船橋とコントロール・ステーションに表示する装置の開発が望まれ、これらの情報を得ることで巨大船の出港時の安全性は数段高くなると考えられる。

従って、この目的のために浮漂式探知と音響式探知が考えられるが、後者により探知するのが実用であろう。但し錨、錨鎖は共にホースパイプを通過するので形状、構造強度の点より使用に適したものを開発する必要がある。この場合、本船側にトランスポンダーを又、錨側にレスポンスを夫々セットすればよいのであるが実用化するためにはいくつかの問題点がある。

(ロ) 投錨時の錨鎖の繰出し節数は、コントロール・ステーションからは確認することがむづかしい。またこのために機側に監視者をつけたとしても、ウィンドラス、コントローラー錨鎖が巨大化しているので、走出する錨鎖のマークを目で見て数えることはむづかしい。

したがって繰出し節数のカウンターが必要で、表示はコントロール・ステーションを、できれば船橋にも取付けた方がよい。

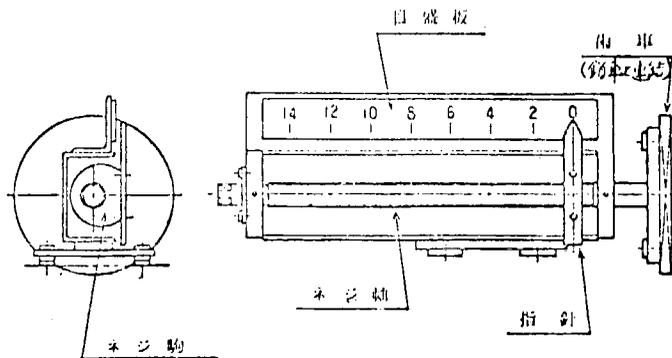
錨鎖繰出し節数を読みとる方法としては、鎖車の回転を検出する方法と、リンク数を読み取る方法とあるが実用上からは前者が確度は高い。

鎖車の回転から繰出し節数や繰出し速度を機械的に機側に表示し又、コントロールステーションや船橋には電気的に遠隔指示が出来る。

現在使用されている繰出し節数指示計および速度計について機側型を第4.1.2及4.1.3図に指す。

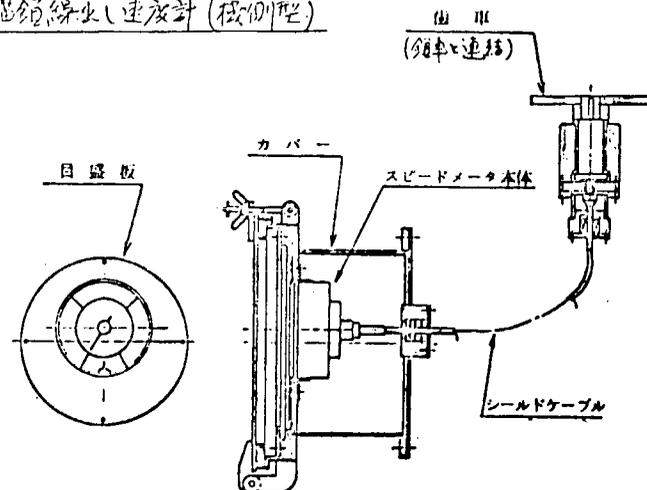
(ハ) 錨鎖張力の検知

錨鎖繰出し節数指示計(機側型)



第4.1.2図

錨鎖繰出し速度計(機側型)



第4.1.3図

現在のところでは、揚錨作業時ならびに錨泊時の錨鎖の張力は目視によって推定している。

巨大船は乾舷が大きいので、投錨後の錨鎖繰出しの段階で船体の移動状況を目視で判断することがむづかしく、船体の移動に合わせて錨鎖の張りを見ながら、繰出し速度を加減することは非常にむづかしくなる。したがって場合によっては錨鎖に予想外の張力がかかることが起り得る。また、夜間錨泊中に、天候の悪化によって錨鎖に過大な張力がかかることもあるが巨大船は反応が遅いので、乗組員がこのような状況変化に気付くのが遅れることもあると考えられる。

これらの問題点を解決するためには、張力を連続的に計測し、コントロールステーションに表示し、許容値をこえる直前に警報を発する装置を取付け、また錨泊時にそなえ、船橋にも警報器を取付け、当直者に異常を知らせるようにすることがのぞましい。

錨鎖の張力については揚錨時、繰出し時、錨泊時によってそれぞれ異なるので一つの計器にてすべてをカバーすることは難しい、ここでは主として錨泊時を対象に考えてみる。錨鎖についてはロープ又は錨鎖の一端をつかまえて固定する場合と異なり、任意の個所を制鎖器にて固定するので直接的に張力を検出することは非常に難しい。従って間接的検知の方法即ち制鎖器、架台のストレンを求め、これから張力を読む方法が安全性や確度の点で実現させ易い方法ではなからうか。

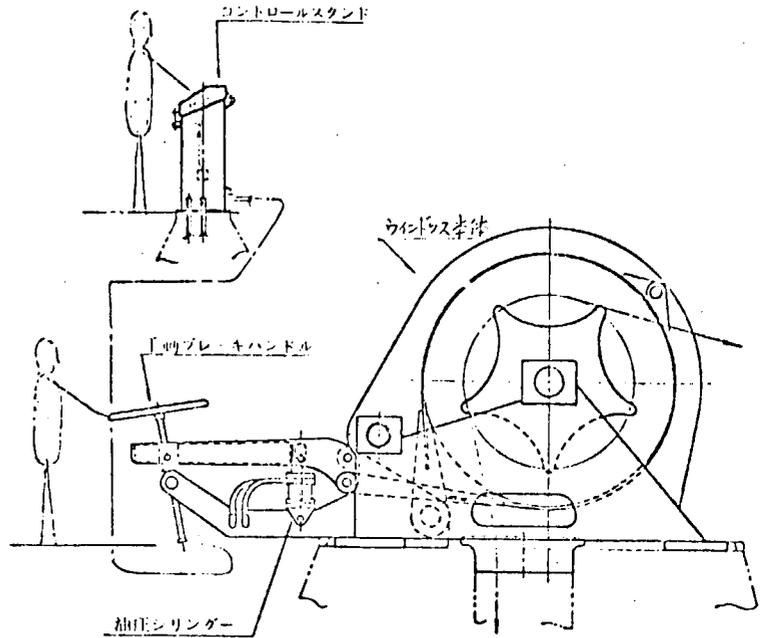
又潮流、風力を入力として本船の必要係止力、予想移動量から錨鎖又はムアリングロープに発生する荷重をアウトプットさせるが如き計算機を準備しておけば許容条件の把握が出来るので事故防止に大きな一助になるものと考えられる。

(3) 揚錨機および付属装置の機械化及制御

(イ) ウィンドラスの巨大化により、バルブ、ブレーキ、クラッチ等の操作はもはや人力では処理し切れなくなる。

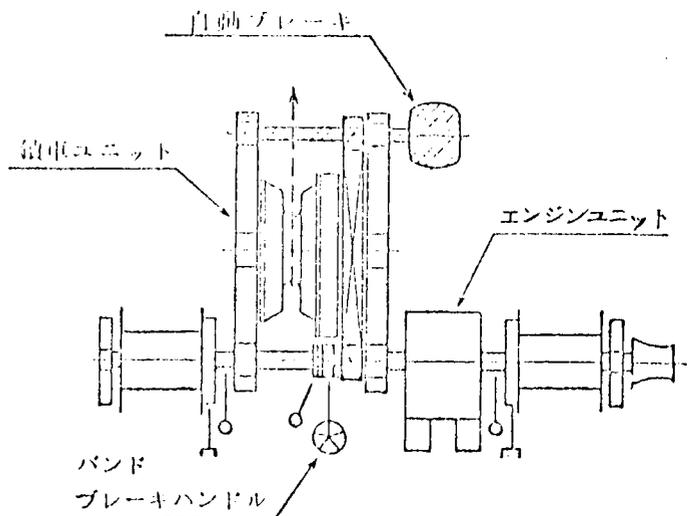
したがって、これらの操作はすべて何らかの動力操作にする必要があり、これらの装置は後述の遠隔操作方式が

ブレーキ油圧操作一例



第 4. 1. 4 図

ウィンドラスとの関連配置図例



第 4. 1. 5 図

望ましい。(第4.1.4図参照)

- (ロ) ウィンドラスの巨大化, 高出力化により, 原動機の選定が問題になる。

ウィンドラスの原動機は, そのサイズ・アップ, 騒音, 信頼性, メンテナンス軽減等の問題と, 前項の諸装置動力化の動力源を何にするかというような問題を含め決定しなければならない。

- (ク) チェン・ストッパー, ラッシング装置等についても入力操作の限界をこえると考えられるので何れも動力化する必要があるが, これらについては第4項“錨の収納方式の検討”の項に記載する。

(ニ) 投錨速度の制御

- (a) 巨大船の投錨水深ならびに錨, 錨鎖の重量から見て, 在来船のように人力によるブレーキの調整によって投錨速度や錨鎖の繰出し速度を制御することはむずかしくなる。このため, ウィンドラスのシャフトに直結するような形の自動速度調整が必要である。

またこの装置は, できれば緊急投錨時と通常作業時の2段階の速度に調節できることが望ましい。

自動速度制御の方法としてはメカニカルフリクション方式と液体フリクション方式の二通りが対象と考えられるが前者では構造上, 非常に大きいものとなり実用的でない。後者の方式により, 錨鎖走出加速度エネルギーを液体に吸収させ錨鎖最大走出速度を制御可能な速度以内にして, 人身事故や錨鎖全量を海中に走出させてしまうという事故を防止すべきであろう。

- (b) 投錨完了後は, 錨鎖はウィンドラスのブレーキに頼らず, ストッパーにより固定されるが, 操作中には一時的にブレーキで錨鎖の繰出しを止めることもあるのでウィンドラスの機能と容量について検討する必要がある。ウィンドラスのブレーキはたとえ動力を使用するにしても, 余り停止性能が良すぎると取扱い重量が大きいだけに衝撃荷重が問題になろう。投錨速度や錨鎖の繰出し速度は前述のカバナーで或る程度に押えられはするが, 両者関連で例えば, 前項(3)(1)にて述べた油圧ブレーキを採用するにしても第1段で速度が更に半減し, 第2段で停止するような2段ブレーキにする必要があるかも知れない。

揚錨時のウィンドラムの捲上能力, 速度についても問題がある。巨大船は在来型のV L C Cに比べ, 入出港時の作業の各ステップで時間を要するので, 今までのようなウィンドラスの力量, 捲上速度で十分であるとは云い切れない。特に緊急時の処置を考えた場合, 巨大船なるが故に事故のスケールも著しく大きくなるので, 安全面, 経済面, 両面から適正な数値を決定する必要がある。

(ホ) 機器の遠隔操縦化

第1項に記載のとおり, 船体・機器の巨大化により, 作業指示, 連絡が著しく不便になり, 作業者の行動範囲も広がるので作業能率が下がり, 動作が遅れるため, 安全面でも問題がある。この問題を解決するため, 使用機器を遠隔操縦とし, 前述のコントロール・ステーションに操作機能を集め, オペレーターは指揮者とともにステーションで操作をおこなうことが望ましい。また遠隔操縦装置には, 信頼度の高い簡単な機構のものを採用しなければならないが, 万一の故障を考え, 機側でも操作可能なものにしておく必要がある。

遠隔操作を要するものとしては

- i) ウィンドラスのバルブの開閉
- ii) クラッチの嵌脱
- iii) 投錨ならびに錨鎖繰出し速度の調整(緩急の切替え)
- iv) チェンストッパーの嵌脱

等が挙げられこれらはコントロール・ステーションの操作盤に集められる。

(4) 錨収納方式

- (イ) 約50トンにも及ぶ巨大船の錨を, 今まで在来船で実施して来たようにワイヤー, ターンバックル等で固縛しておくことはできない。航海中に船首波ならびに波浪により, 錨には莫大な衝撃力がかかるが, これに対抗し得る固縛

装置は、非常に大がかりなものとなろう。固縛装置をできるだけ簡単なものにするためには、先づ錨が大きい外力を受けぬようにしなければならない。特に高把駐力錨のうち、AC-14型のような錨では、クラウンの底部が矩形であり、JIS型のような“くびれ”がないため、通常型の外板ベルマウスにしっかりと着かず、波を受けたときに錨が外板に沿って振れる傾向があるので、このような錨の場合には、アンカー・リセスに類する特殊な収納を考える必要がある。

また固縛装置としてはストッパー兼用のものになるか、またはリセスの中の定位置まで引上げられた錨のシャンクを何か所かから抱くような形の油圧ジャッキのようなものも一方法であろう。

- (ロ) チェン・ストッパーは巨大化するので当然動力化しなければならないが、チェンとストッパーの相対位置を目視確認しにくくなるので、チェンをストッパー位置で止めるポジションナーが必要になるかもしれない。しかし、大型ウィンドラスでは、この位置を微調整することがむづかしいと考えられるので、むしろ若干の位置ずれに対しても有効に機能を果たすような形のストッパーを採用しなければならない。

このストッパーはコントロール・ステーションから操作できることが望ましいが、ラッシング装置との兼ね合いで機側で操作するようにしても良い。

- (ハ) 航海中に固縛装置がゆるんだ場合には、錨の重量が重いので収納場所周辺に損傷を与えることもあろう。特に荒天時には問題になる。したがって固縛装置のゆるみに対する警報システムを取付け、航海中の固縛装置の異常警報を船橋にて知ることができるようにする必要がある。

4.2 岸壁係船

4.2.1 巨大タンカーの問題点検討のための仮定

巨大タンカーの場合、離接岸作業を検討する前に、制限水域における操船も含め船を岸壁附近にいかにして導いてくるといふ問題があるが、この問題はこゝで取上げず船体が岸壁附近に導かれ曳船をとる状態となった時点以後について検討することとする。

問題点はできるだけ定量的に把握することが望ましいと考えられるので、現在就航している最新のVLCCと同じ条件で、D/Wを100万トン(第4.2.1図)に延長したものと仮定して条件の設定を行なった。

(1) 定員

船長、航海士3、甲板部員8、合計12名、但し、離接岸作業は部外から2名の応援が出るものとする。

(2) 作業配置

(イ) 離接岸作業

船橋：船長、航海士1、部員1、合計3名	} 14名
船首：航海士1、部員4、応援1、合計6名	
船尾：航海士1、部員3、応援1、合計5名	

(ロ) 係留荷役作業

航海士3、部員8が4時間交代で3直制とする。(各8時間労働)

1直の構成は

航海士1、部員3：4名(3直のうち1直だけ部員2となる。)

3の配置は

荷役制御室：航海士1、部員1、(部員はポンプ室見廻りを兼ねる)

甲板上：部員2

(3) 作業内容

(イ) 離接岸作業

(a) 船 橋

船長はパイロットの助言により操船指揮する。

航海士は船長の指示により、主機遠隔操縦、船首尾への指令伝達、記録作成を行ない、周囲の状況を報告し、船長を補佐する。

部員は船長の指令により操舵を行なう。

但し、パイロットが乗船した場合は、船長の責任において実際にはパイロットが操船指揮している。

(b) 船 首

航海士は船橋からの指令に従ってタグライン取り、係船索の繰出し、捲きこみなどの作業を指揮監督し、周囲の状況を船橋に報告する。

部員は航海士の指揮に従ってウインチ、ウインドラスを操作し、タグラインのMAKE FAST、係船索の繰出し、捲きこみを行なう。

(c) 船 尾

航海士、部員ともに船首と同様の作業を行なうが、航海士は作業中、特にタグライン係船索を常にプロペラからCLEARにするように留意しながら作業を進めなければならない。

(d) 係船荷役作業

(a) 航海士

荷役制御室において荷役作業全般を指揮する。弁、液面計などの作動状態、荷役の進捗状況を荷役制御コンソールによって監視する。陸上荷役関係者を応接し、打合せを行なう。

(b) 部 員

1名は荷役制御室において航海士を補佐し、ポンプの運転状態を見廻る。甲板上の2名は次の作業を行なう。

- 係船索の張力調整 ○チクサン・ジョイント、ゲート圧のチェック ○舷梯の高さ調整、訪船者のチェック
- ファイヤーラインの高さ調整 ○気象海象の変化、入出港船の有無など周囲の状況のCHECK

その他、荷役制御室から指示された荷役関係の作業を行なう。

(4) 設 備

(i) 係船設備

鋼 索：38 m/m，32本，

織 維 索：80 m/m，8本(ナイロン)計40本

ウインドラス：2台(40 TON×15 m/min)

ウ イ ン チ：18台(30 TON× ") 1ウインチ，2ドラムとする。

計20台

(ii) 操船用設備

主機遠隔操作装置、接岸速度を船橋で知り得るドップラーソナーを装備するものとする。

(iii) 荷役設備

(a) 貨物油ポンプ

100万トン/24時間で揚荷する計画とし、ポンプ能力は4万トン/時間とする。(ストリップングに要する時間を考慮すれば実質荷役時は36時間程度となるだろう。)

RAS TANURA, MINAAL AHAMADI, KAARG ID など積地のLOADING RATEは公称4万トン/時間と云われており、バース側は本船側に対し、D/Wの15分の1から10分の1のLOADING RATEを要求している。これをそのまま延長して考えれば100万トン、タンカーの場合7~10万トン/時間となるが、こゝでは一応4万トン/時と考えた。

(b) バラストポンプ

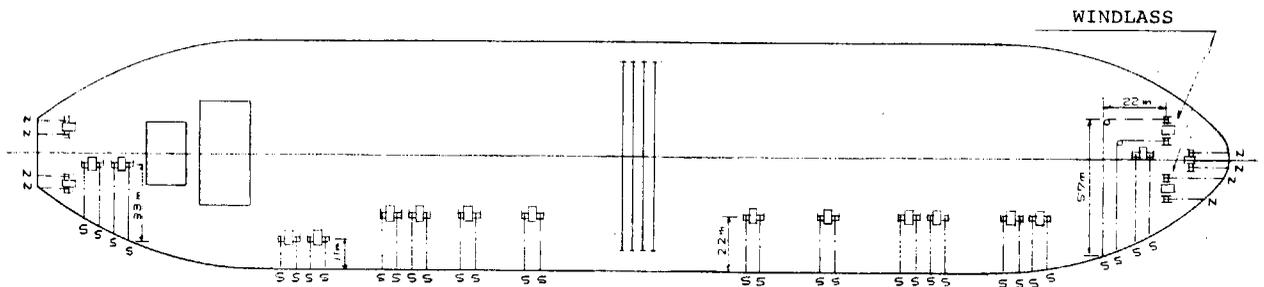
専用バラストタンクを25万トンとし、これを荷役時間内に漲排水できるだけのポンプ能力を持つこととし、能力は1万トン/時間とする。

(c) その他

IMCO, タンクサイズ制限によるタンク数の増加, 荷役能率の増大などの理由により, すべての荷役設備はO.O.C.にて集中監視, 制御を行なうものとする。

係船索配置想定図(100万D/Wタンカー)

(456 m x 91.1 m x 45.5 m x 33.4 m)



N: 80 m/m NYLON HAWSER
S: 40 m/m STEEL WIRE ROPE

索数	WINCH:	30 t x 15 m/mini.	甲板上索搬出距離
N: 8本	WINDLASS:	140 t x 9 m/mini.	HAWSER: 108 m
S: 32本			S. WIRE: 813 m
計 40本			計 921 m

第4.2.1図

4.2.2 作業上の問題点

前記の設定条件にもとづいて, そのOPERATION FLOWを考えてみると, 現存VLCCとFLOW自体には殆んど変化のないと思われる。VLCCについて問題となっていた点は, そのまま拡大されることが予想される。前節にて行なったと同様の方法で, 巨大タンカーについて問題点をとりあげ, これを項目別に分類してみる。

(1) 作業時間の延長

(i) 接岸時

(a) 準備作業

- 甲板蒸気管への通気, 暖管, 甲板機のドレン抜き, 暖機など, ウインチ数20台。
- 索出し作業, 8人を2組に分け, 各組は20本の索を舷側まで繰出す。
- メッセンジャー・ロープ, ヒーピング・ライン, 通信設備の準備
- 錨投下準備

(b) タグライン取り。

曳船は6隻取るものとし, 8人を2組に分け, 各組はそれぞれ3隻のタグラインをボラードに取る。船がバースに接近したら, バース側の曳船を沖側に取りなおす。

(c) 接岸作業

- 綱取り船への索の繰出し, ヘッドライン, スターンライン各4本(ホーサー)を順次綱取り船に繰出す。
- ヒーピングラインによる索の繰出し: プレストライン, スプリングライン(ワイヤー)は, 直接ヒーピングラ

イン及びメッセンジャーロープで索を取る。索数32本

○甲板作業員配置

ホーサー：ウインチ操作1人，甲板上で索を引摺る作業2～3人，索数 8本

ワイヤー： “ 3人，索数32本

○索の長さ及び索張力調整

索1本につき，2人で作業を行なう。クラッチ切換，ブレーキ操作，ウインチハンドル操作，張力調整のための合図など。索数40本。

○MAKE FAST

索1本につき2人で作業を行なう。索数40本。

○タグラインのLET GO

1隻につき3人でボラードにかけてあるタグライン6本を順次LET GOする。

(ロ) 係留荷役中

(a) 索張力調整作業

甲板上で就労する部員2人が索張力調整作業を行なう手順は次の通りとする。

- ウインチ，ウインドラスのドレン抜きを行なう。
- ブレーキをゆるめる。
- クラッチを入れる。
- 1人が舷外の索の張り具合を見ながら合図を送り，1人がハンドルを操作して張力を調整する。
- ブレーキを巻き締めクラッチを切り換える。

以上の作業を40本の索について順次行なう。

- (b) チクサン・アーム点検，ゲート圧のチェック，舷梯の高さ調整，訪船者のチェック，これらの作業は索張力調整作業の途中に行なう。

(ハ) 離岸時

(a) 準備作業

船首尾各4人が次の作業を行なう。

- ウインチ，ウインドラスのドレン抜き，各組10台。
- クラッチを外してTEST RUNを行なう。各組10台
- 舷梯，ワーフ，ラダー，ファイヤーラインの収納。
- ローディングアーム取外し，オイルフェンス片付け（陸上作業員が行なう。）の後，舵テスト，トライ・エンジンを行なう。
- 錨投下準備
- 曳船（6隻）を取る。

(b) 解纜作業

船長が指示した索（通常，ヘッドライン1，スプリングライン前・後各1，スターンライン1，計4本）を残して，他の索を順次解纜し，SINGLE UPとする。

SINGLE UPまでの索解纜手順は次の通りである。

- クラッチを外し，ブレーキをゆるめて索をたるませ岸壁上のビットから外せる状態とする。要すればクラッチを入れて索をWORK BACKし，1本の索に2～3人がついて甲板上を引き摺り，たるみを大きくする。
- 索がビットから外されたことを確認した後，索をドラムに巻き取る。ドラム巻き取りの際，1人が索の巻き取り具合を見ながら，これをさばいてダンゴ巻きにならないよう注意する。

以上の作業を、船首尾に分れて、各組18本の索を解纜収納し、SINGLE UPにする。

- SINGLE UPの後、出港準備OKなら残った索を全部取外す。
- 船体がバースを離れ、回頭を終了したら曳船をLET GOする。

(c) 後片付け作業

- 索をドラムに固縛し、キャンバス・カバーをかける。
- 錨を収納し、固縛する。チェン・パイプにカバーをかける。
- ヒービングライン、メッセンジャーロープ、通信設備を片付ける。

係船作業の内容は上記の通りである。各々の作業の所要時間を想定してみると、現存VLCCに比べて、100万トン・タンカーは索数は2倍（VLCCは20本）、甲板面積は2.3倍であり、曳船による回頭時間遅れ、船体移動速度の低下などを考慮すれば、上記の作業のいずれもが、現存VLCCの2倍程度となるだろう。（たとえば、VLCCの接岸作業を例にとれば、係船準備作業を含めると2～3時間が標準である。）

(二) 索張力の調整

現存VLCCではあまり問題にならなかったが、100万トンにSCALE UPされたために、あらゆる作業時間がVLCCの2倍程度を要することになる結果、係留荷役中の索張力調整作業が吃水変化に追従できるかということという問題が新たに生じてくるので検討してみる。

(a) 索張力調整所要時間

1組2名の甲板員が40本の索を順次調整してゆく場合、甲板上を歩く時間を含めて、索1本につき少なくとも3分を要するものと予測される。全索の調整には（ $3 \times 40 = 120$ 分）2時間を要する。

(b) 喫水変化量

100万トン・タンカー試設計及び本稿の条件設定に基づいて2時間のあいだに、どの程度の吃水変化が生ずるかを検討する。（詳細は後述の計算書参照）

TONS PER CM IMMERSION = 374 TON

DEAD WEIGHT 変化量 = 30,000 TON/H（積込レート40,000 T/H，バラストポンプ容量10,000 T/Hとする。）

トリム変化なしの場合、吃水変化量（1時間） = $\frac{30,000}{374} = 80$ cm

トリムをつけて揚荷を行なう場合、吃水変化量（1時間）は

船首喫水変化量 = -288 cm（浮上）

船尾喫水変化量 = 128 cm（沈下）

(c) 張力変化

トリム変化しない場合のプレストラインの張力変化量は1時間に5.1 TON スプリングラインは15.5 TON。

トリム変化する場合のプレストラインの張力変化量は1時間に17.8 TON スプリングラインは40.1 TON。

以上の如く、最も張力変化がはなはだしいのはスプリングラインで、索張力調整が2時間に1回とすれば、張力増加量は80.2 TONとなり、初期張力を10 TONとすれば、90 TONを超える張力が加わり、索の切断など危険な状態となる事が考えられる。吃水の増加の場合は逆に張力喪失し、舷側が離岸するおそれが生じる。このような問題に対処するための設備と運用両面での対策が必要であろう。

(2) 人力の限界

成人男子1人の持ち運べる限度は45 Kgであると云われている。

80%ナイロンホーサーを甲板上で引摺った場合、16mで抵抗が45Kgとなる。

40%ワイヤーは11mで45Kgである。

(イ) 係船準備

○ 索出し作業 (ワイヤー40%について。)

索出し距離が11m以内なら1人が索を引張り、1人がフェアリーダー付近で索を舷外に垂らし、1人がウインチを操作し、合計3人で1本の索出し作業を行なうことができる。索出し距離が11m増える毎に1人の作業員を追加しなければならない。

接舷の反対舷からプレストラインを引き出すには、部員全員を動員しなければならないと予想される。

(ロ) 曳船取り (ホーサー80%について。)

バラスト状態で100万トンタンカーの乾舷は約30mであり、長さ30mのホーサーの重さは約120Kgである。タグラインの場合は数mを甲板上に引きこまねばならず、アイ・スプライスの重さ、タグボートのホーサードラムの抵抗を加えれば150Kg程度となることが予測される。

人力で引揚げようとすると6~7人要するであろう。

(ハ) 係船索繰出し

80%、ホーサーの重量は3.9Kg/m、40%WIREは6.3Kg/mである。

ヘッドライン、スターンラインの場合、甲板上を引摺りながら150mぐらいの長さを綱取り船に引かせてドルフィン上のビットに取らねばならない。

スプリングラインは約100m、プレストラインは約60mが、ドラムからドルフィン上のビットまでの距離である。それぞれの重量は(全部ワイヤーとした場合)

ヘッドライン、スターンライン : $150 \times 6.3 = 945 \text{ Kg}$

スプリングライン : $100 \times 6.3 = 630 \text{ Kg}$

プレストライン : $60 \times 6.3 = 378 \text{ Kg}$

(これらの長さは、標準的なドルフィン配置のバースに各索を伸出し、タルミを取る以前の長さを推測したものである。)

甲板上及び綱取り船が取扱う重量は

ヘッドライン、スターンライン : $8 \times 945 = 7,560 \text{ Kg}$

スプリングライン : $4 \times 630 = 2,520 \text{ Kg}$

プレストライン : $28 \times 378 = 10,584 \text{ Kg}$

合計 20,664 Kg

1本当たりの重量、取扱い総重量共に人力の限界を超えているものと考えられる。本船側ではある程度索を繰出せば、索の自重で舷外に繰出されるであろうが、特に索をドルフィン上に引揚げる陸上作業員を助ける機械力は不可欠であろう。

(ニ) 係留荷役中

○ 索張力調整作業

クラッチ、ブレーキは従来より人力で操作するものとして、30Kgの力で定格のブレーキ力を保ちうることになっている。

ウインチ、ウインドラスの大型化に従って、クラッチを着脱する人力、ブレーキを締めつける人力は、より大きいことが要求されるようになることが予想され又、台数が増加するため疲労による体力の低下につながる可能性もある。

(ホ) 離岸時

(i) 準備作業

ウインチ、ウインドラスのTEST RUNのためクラッチ切換え作業を行なうが、20台のクラッチ操作は、荷役後の片付け作業とかさなるため、船首船尾各2人づつ程度の人員しか当てられず、相当な体力を要する作業となる。

錨準備のためコンプレッサ開放作業は、VLCCでさえ、2人がぶら下がり勢一ぱいの状態であり、機械化する必要がある。

タグライン引揚げ作業は前述と同様である。

ファイヤーライン(40%)は甲板上にCOIL DOWNされ、ストッパーを取って海面上に垂らしてある。これを離岸作業の邪魔にならぬよう収納しなければならない。垂下している高さは揚荷終了時に、30m、重量は約190Kgで、人力では引揚げ困難であり、専用のウインチ(高さ調整機構が必要)を設える必要がある。

(ii) 離岸作業

40本の索を全部収納してしまいうまで約2時間甲板上の索を引き摺り、ドラムへの巻きこみをさばき、クラッチを切換えといずれも相当な体力を要する作業を連続的に行なうことは、それぞれが人力の限界内であっても、体力消耗の点で問題がある。そのあと、6隻のタグラインを取外し、索をドラムに整然と巻きなおし、キャンパスカバーを掛け鎖を収納して、ブレーキを締め、コンプレッサを入れ、金属製チェーンパイプカバーをSETし、と云うような人力による作業が続く。

(v) その他

100万トンタンカーはVLCCに比べて、L.B.共に1.5倍、甲板面積は約2.3倍となる。従って作業員の歩行距離は増大し、索の引出し距離の総計は飛躍的に伸びる。100万トンタンカーではホーサーの延べ引出し距離は108m、ワイヤーは921m程度になるであろう。(第4.2.1図参照)

(3) 作業の安全性

係船作業中に発生した人身事故の例は、タグラインのアイ・スブライズが曳航中、スッパ抜け、曳索が甲板上を大きく振れながら走ったための事故、投錨時に錨鎖切断した事故など、主として索類の切断によるものが殆んどである。船体の巨大化によるINERTIAの増大、曳船の大型化による索引力の増大などにより索類にかゝる力は大きなものになるであろう。

従来より係船索の安全率はブレーキ力に対して約2程度を標準としている場合が多いが索張力が不均一あるいは外力に対して有効に張られていない時には、船の運動による力を平等に吸収出来ず、各個撃破で切断される。

このような事故はうねりの大きい港で発生しているが、巨大船になればなるほど索の強度に比してINERTIAが相対的に大きくなり、索張力の不均一の影響はより拡大されるので、従来よりの安全率のとり方で十分であるかどうかの検討、また索張力が絶えず均一化あるいは有効に働くような索張力の自動調整システムなどの対策が必要になるであろう。

作業員の安全をはかる第2の問題点は、作業員をして、索類が交錯する甲板上から退かせ、安全な場所で係船作業に従事させることである。

(4) 統括制御の限界

(1) 係船索数が多いこと。

船首、船尾で作業を指揮する航海士は、各自20本の索を順次ビットに取ってゆかねばならない。バースのどのビットへ、どの索から取ってゆくべきかを、あらかじめ決めておく必要がある。ドルフィンへの接触は曳船により行なうものとすれば、索の役目は曳船と主機操作によって決められた船位を固定してゆくことにあるが、風と潮の力によるわずかな船体移動を索張力によってチェックしなければならない。

いったんブレーキを締めた索であっても、張力が大きくなりすぎたらゆるめねばならず、その間にも索を順次ビットへ取ってゆかねばならない。

たとえ、索に番号をつけて、何番の索をゆるめよ、巻きしめよと指示しても、広い甲板上で指示伝達はスムーズにゆかずに混乱に陥るおそれが生じる。

航海士自身がリモートコントロールで索の操作を行なった場合、ドルフィン上の人動き、機側での人の動きと索の状況を常に注視して、しかも船橋からの指令に応答し、周囲の状況に注意しつつ作業を進めなければならない。このような状態は、人間に細心の注意力を要求するものであり、見落としが事故につながる可能性が大きい。従って、索の操作のための TENSION 機構、ワイヤレスマイクにより指令を作業員個々に正確に伝達する装置、索がドラムから外れないインフターの採用など係船作業援助のための HARD WARE を開発し、係船作業を円滑な流れとする研究がのぞまれる。

(4) 曳船の指揮可能隻数

人間が制御できる限界は 6 隻までと云われている。6 隻の曳船の名前と配置場所を記憶し、これを指揮して、接岸速度を 10 cm/sec 以下に保つことは熟練を要し、安全に指揮できる限度は船首、船尾各舷、1 隻ずつ計 4 点かのぞましいが多数の曳船を同時に指揮する時は例えば RIG で使用されている DYNAMIC POSITIONING SYSTEM の様な方法を研究するのも一方法であろう。

(5) 離着岸総合指揮 (操船)

(a)(b) と関連して、船そのものの質量が大きくなり、岸壁との相対関係に於いて、その位置・接近方向・接近速度の把握が困難になってくる。例え、それらが明確に判明したとしても、それを適切な値になるように制御するためには、従来の様に主機・舵・曳船・係船索だけで可能かどうかは、今後大いに検討を要する点であり、これが解決のためには、個々の設備が改良されることは勿論ではあるが、それらを全てを包含して、1 つの係船 (操船) システムとして見直すことが必要であろう。

(6) 曳船、綱取船など係船援助装置

以上は主として、船の立場から見て来たが、係船の際必要な外からの援助設備とも云える岸壁上の索巻き上げ装置、綱取りポート、曳船等もそれぞれ問題点が多々ある。

索数が増え (又は索重量が増え) るに従い、巻き揚げ装置は当然数容量とも増さねばならず、特に綱取りポートはその力量を増すことが要求される。

曳船についても、従来のように 6 隻で操船を行なうとすれば、当然力量は増さねばならずそれに伴いタグラインは太く重いものとならざるを得ない。

これらの問題も、船の係船システムの問題と共に研究されるべきであろう。

吃水及び索張力変化計算書

対象船：100 万 D/W タンカー

$$L_{pp} \times B_{MLD} \times D_{MLD} \times d = 456 \text{ M} \times 9.11 \times 4.55 \times 3.34$$

$$C\omega = 0.878$$

(1) TONS PER CM IMMERSION 推定

$$T = \frac{A\omega}{100} \cdot \rho = 0.01025 A\omega = 0.01025 \cdot C\omega \cdot L \cdot B = 374 \text{ TONS}$$

(2) MOMENT TO CHANGE TRIM ONE CM 推定

$$M_{cm} = \frac{J}{100} \cdot L^2 \cdot B = \frac{0.058}{100} \cdot (456)^2 \cdot 9.11 = 11,000 \text{ TON-M}$$

(3) 積荷変化による吃水変化計算式

$$\text{船尾吃水 } D'_a = D_a + \frac{\omega}{T} + \frac{(L/2 + x\overline{F}_1)}{L} \cdot \frac{\omega l}{M_{cm}}$$

$$\text{船首吃水 } D_f' = D_f + \frac{\omega}{T} - \frac{(L/2 - \bar{x}F_1)}{L} \cdot \frac{\omega \ell}{M \text{ cm}}$$

ω : 積荷重量 (揚荷時は $-\omega$)

ℓ : トリムを生じない積荷位置から、実際に積荷した位置までのタテ距離

$\bar{x}F_1$: 浮面心からMIDSHIPまでの距離

(二) 1時間当たりの喫水変化量

1時間当たりの載貨重量の変化を条件設定に基づいて、30,000 TONSとし、揚荷の場合のトリム変化のない平均浮上量及び船首タンクから揚荷を開始する通常の揚荷方法での喫水変化量は次の通りである。

a) 平均浮上量 Δd (トリム変化なし)

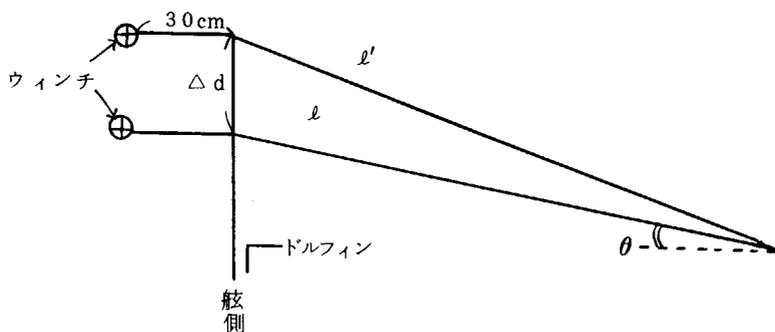
$$\Delta d = \frac{\omega}{T} = \frac{-30,000}{374} = -80 \text{ cm}$$

b) 船首尾吃水変化量 (トリム変化あり)。

$$\Delta d_a = \frac{-\omega}{T} + \frac{(L/2 + \bar{x}F_1)}{L} \cdot \frac{-\omega \ell}{M \text{ cm}} = -80 + 208 = 128 \text{ cm (沈下)}$$

$$\Delta d_f = \frac{-\omega}{T} - \frac{(L/2 - \bar{x}F_1)}{L} \cdot \frac{-\omega \ell}{M \text{ cm}} = -80 - 208 = -288 \text{ cm (浮上)}$$

(ホ) 吃水変化によるロープの伸び量(λ)



上図において吃水変化前のロープの長さを ℓ , 変化後のロープの長さを ℓ' とすると伸び量 λ は

$$\lambda = \ell' - \ell \text{ となる。}$$

$$\lambda = \ell' - \ell = \sqrt{(\ell \cos \theta)^2 + (\Delta d + \ell \sin \theta)^2} - \ell$$

プレストラインの長さを $\ell_B = 100 \text{ m}$, 伸び量 λ_B , 垂直角 $\theta_B = 7^\circ$

スプリングラインの長さを $\ell_S = 50 \text{ m}$, 伸び量 λ_S , 垂直角 $\theta_S = 14^\circ$

とすれば、船首部の索についての λ_B , λ_S はそれぞれ下記の通りである。

$$\lambda_B = \sqrt{(100 \times 0.9926)^2 + (0.80 + 100 \times 0.1219)^2} - 100 = 0.106 \text{ m}$$

$$\lambda_S = \sqrt{(50 \times 0.9703)^2 + (0.80 + 50 \times 0.2419)^2} - 50 = 0.20 \text{ m}$$

(ニ) ロープ伸びによる索張力変化 (初期張力を 0 とする。)

$$\Delta T = \frac{\lambda \cdot E \cdot A}{\ell} \quad E: \text{鋼索のヤング率 } 9.8 \text{ T/mm}^2$$

A : 鋼索の断面積 $40 \phi (6 \times 37)$, $A = 632 \text{ mm}^2$

ℓ : ロープの長さ

a) トリム変化なしの場合

$$\text{プレストラインの張力変化量} = 6.2 \times 10^3 \times \frac{0.106}{130} = 5.1 \text{ TON}$$

$$\text{スプリングラインの張力変化量} = 6.2 \times 10^3 \times \frac{0.2}{80} = 15.5 \text{ TON}$$

b) トリム変化ありの場合

$$\text{プレストラインの張力変化量} = 6.2 \times 10^3 \times \frac{0.374}{130} = 17.8 \text{ TON}$$

$$\text{スプリングラインの張力変化量} = 6.2 \times 10^3 \times \frac{0.518}{80} = 40.1 \text{ TON}$$

4.2.3 省力化・自動化の動向

(1) 一般

現在のVLCC, ULCCの省力化の一般的標準は、舷側又は中央に遠隔制御スタンドを設けて速度制御を行なう事とボラード係止作業を少なくするためにドラムで巻取るようにするという程度で他は従来通りのやり方をそのまま行なっているに近い状態である。しかし個々の船、個々の装置については実用化され使用されている例もある。例えば索の運搬のための繰出し装置、クラッチ・ブレーキの遠隔操作など採用している船舶もある。又陸上設備についても、大型船用岸壁では接岸速度計、クイックリリースフックなどの装備が一般化しつつあり、急激にはないが着実に省力化の方向に向っているとと言える。

4.2.2で超巨大タンカーの係船作業の問題点として指摘されているのは

- a 作業時間の延長
- b 人力の限界
- c 作業の安全性
- d 指揮監督能力の限界
- e 曳船、網取りポートなど援助装置の能力限界

などである。これら問題とその技術面における対応策については第4.4.1表にまとめているので、ここでは岸壁係船に主として使用される次の機器、

- a 接岸・操船援助装置 — 接岸速度計, 船位検出計
- b 係船機 — 遠隔制御, 索張力検出, 張力イコライジング, 給油方式, 集中, 自動制御
- c 係船索 — 鋼索, 繊維索
- d 索運搬機器, クイックリリースフック

について、その省力化・自動化の動向について記述する。

(2) 接岸、操船援助装置

大型タンカーの接岸に際して、接岸速度をきめ細かく制御することは非常に重要な事である。着岸時に許容される速度は、岸壁又はドルフィン等のフェンダーの設計強度により多少異なるが、一般には10 cm/sec以下としなければならない。大型船をこのような微速で操船することは、いかに熟練したパイロットといえども極めて困難な仕事であり、このため近年、超音波又は電波等を利用した接岸速度計が種々のメーカーにて、開発されすでに数年前より実用に供されている。

一方係留中の船位を自動的に正しく把握することは、将来係船の自動化を行なう上では不可欠な要素となると考えられるが、この方面は現在の所余り開発が進んでいないようである。

(1) 接岸速度計

現在使用されている接岸速度計は船内に取付けられたドップラーソナーによるものと、岸壁側に取り付けられたドップラーソナー又はドップラーレーダーを利用した装置とがある。

(a) 船内に取付けられる場合(ドップラーソナー)

これは船底に設けられた送波器（送受波器兼用）から一定周波数の超音波ビームを海底に向けて発射すると、海底より反射される超音波は、海底に対する船速に応じたドップラー偏位を受け、受波器によって受信される。この受信周波数と送信周波数のズレを比較検出、演算処理し船速に変換するものである。この型式のものはパイロット及び船長が常に船速（対地速度）を見ながら操船することができ、最小識別速度は0.02kt(1.0cm/sec)程度である。

(b) 岸壁側に取り付けられる場合

現在の所、岸壁側に取り付けられる場合には超音波を利用したものと電波を利用したものゝ二種類がある。

超音波を利用する場合には、水中に送受波器を設置し、そこから沖合に到着したタンカーに向って超音波パルスを発射し、船体に反射されてもどってきた超音波パルスを再び受信して接岸速度を演算し表示するものである。この方法によれば接岸速度だけでなく岸壁からの船体迄の距離も又計測可能である。

これに対し電波を利用する場合には、ドップラーレーダーの原理によるもので接近する船にマイクロウェーブのビームを当て、反射波の周波数変化を測る事により船速を計測するものである。

いずれの場合も、船速の表示は岸壁側で行なわれるため測定値は無線電話により船内のパイロット又は船長に連絡しなければならないというわずらわしさはあるが最小識別速度及び精度は高いようである。

(ロ) 係留中の船位検出装置

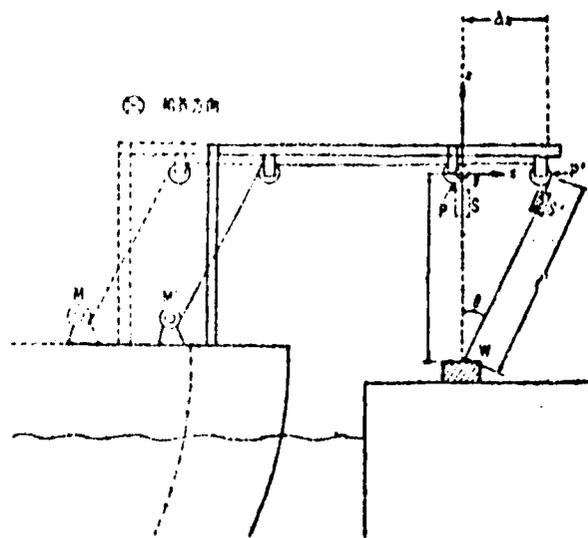
(a) トートワイヤーによる船位検出装置

この方法は第4.2.2図に示すように船と陸との間に一定張力を与えたワイヤーを張り、このワイヤーの長さや傾斜角度を測定し、その測定値により演算をし、ヒール、トリム、旋回によっておきる測定値への影響を補正し、船の変位を求める方法である。

(b) その他

海上の作業船、調査船の位置検出、海洋における定位置保持の目的で電波及び超音波を使用した装置はあるが、係留中の船舶の位置検出にそのまま適用できるものではない。この他光学的方法（例えばITVを利用した位置検出装置）が他の分野で使用されているが、係留中船舶の位置検出への応用は今後の課題である。

第4.2.1表は現在開発されている機器で本項の目的に利用可能と思われるもの（既に使用されているものを含む）について作動原理、仕様等をまとめたものである。



第4.2.2図 トートワイヤー方式による船位検出装置の概略図

- M: ワイヤに一定量力を与えるためのモータ
- S: 傾斜角度を測定する角度検出装置
- W: オモリあるいはフックによる固定点
- Δx : 船の変位
- M' S' P': M, S, P 点の船の変位 Δx がおきた後の各々の点

(3) 係船機

現在までも、係船機に対して種々の合理化、省力化が試みられてきているが、巨大船の場合には、機

器の数が増加すると同時に船員の移動スペースも増すために、より一層の合理化省力化が要求されることになる。

以下各項目別に述べる。

(1) 遠隔制御

(a) 速度および力量制御

現在巨大船（国内船）では、その近くの舷側又は船体中心線附近の一段高い位置など、係船機ドラムおよび舷外の索の両方が見える所に操作スタンドを設け、いわゆるローカルリモコンを採用しているのがほとんどである。

第 4. 2. 1 (1) 表

用途	接岸速度計	埠岸速度計	船位検出装置
装置名	ドップラーソナー	船舶接岸速度計	X-Y アナライザー
作動原理 機能	船底に設けられた送受信装置から一定周波数の超音波ビームを海底に向けて発射し、海底より反射された超音波を受信し、受信周波数と送信周波数の差を比較検出、演算処理し船速に変換するのである。	シーバーズの水中に設置した送受信装置から埠岸に到着したクニカーに向けて超音波パルスを送射すると、船体に向けて反射されてもどってきた超音波パルスの遅延時間から埠岸までの距離が表示される方式。	被計測物体の適当な場所の周囲のレーザ照明装置の I TV に反射光を撮像してこれを映像モニタ画面上に写し出すものである。この計測装置は画面の中心を基準として X-Y 両次元座標電圧出力に整理して被計測物体の位置を指示するのである。
仕様	<ul style="list-style-type: none"> 精度 0.01 kts ± 1% 最小検出能力 0.02 kts 使用深度 0.5 m ~ 150 m 	<ul style="list-style-type: none"> 精度 距離 1.0% 速度 1.0% 測定範囲 距離 0 ~ 99 m 速度 0 ~ 99 cm/sec (岸壁に平行な方向の場合) 15 ± 2°以内 	<ul style="list-style-type: none"> 測定範囲 X 方向: 全視野内任意位置 Y 方向: 全視野内任意位置
備考	仕様の平均的値を示している (クニカーに依存する)	速度と距離を同時に測定できるものである。	Z-ムネシズの使用により埠岸中の船位計測も可能である。本装置は係船用としてはまだ実用化されていない。

第 4. 2. 1 (2) 表

用途	船位検出装置	船位検出装置	船位検出装置	船位検出装置
装置名	電波式精密位置測定装置	測深機付付船位保持システム	超音波付付船位測定装置	ドップラー方式
作動原理 機能	船上に取り付けられた発射機と、岸壁に設置された受信機とによって構成され、船上の発射機は送信機と受信機とを自動的に測定し、その結果をディスプレイに表示する。また、測深機は、超音波を船底に向けて発射し、その反射波を受信し、その遅延時間から船底までの距離を測定する。この装置は、船の位置を正確に測定し、その結果をディスプレイに表示する。	水深・基準点・計測ポイントの相対位置を正確に測定し、その結果をディスプレイに表示する。また、測深機は、超音波を船底に向けて発射し、その反射波を受信し、その遅延時間から船底までの距離を測定する。この装置は、船の位置を正確に測定し、その結果をディスプレイに表示する。	ドップラー方式は、超音波を船底に向けて発射し、その反射波を受信し、その遅延時間から船底までの距離を測定する。この装置は、船の位置を正確に測定し、その結果をディスプレイに表示する。	一定精度と安定性を確保し、その測定値を高精度に測定し、その結果をディスプレイに表示する。また、測深機は、超音波を船底に向けて発射し、その反射波を受信し、その遅延時間から船底までの距離を測定する。この装置は、船の位置を正確に測定し、その結果をディスプレイに表示する。
仕様	<ul style="list-style-type: none"> 精度 (対象物) $\pm (0.5 + 10^{-3} D) m$ 以内 D: 距離 m 分解能 10 cm 	<ul style="list-style-type: none"> 精度 水深 10% 半径内 < 1% 使用水深 450 m 以内 使用範囲 半径が水深の 10% から 100% の範囲内 	<ul style="list-style-type: none"> 精度 測定距離 5 m 以内では ± 1 cm 10 m 以内では ± 2 cm 船底、傾斜角 距離範囲 0 ~ 10 m 以内の場合 ± 4° 以内 	<ul style="list-style-type: none"> 精度 測定距離 50 m 以内、計測方向 ± 2% 垂直方向 ± 2.2%
備考	最小測定可能距離は 1 m 以内	自動水深測定は 10 m 以内可能	操作に難点があり、精度も目視測程度である。小規模の観測には位置誤差が大きい。これは、精度が低い。	ドップラー方式は、係船用として実用化されている。

蒸気式の場合は、機側の手動逆転弁開度操作レバーを油圧サーボシリンダーを介して制御する方式が殆んどである。

電動油圧式の場合はその形式によって差があるが、速度制御はポンプ吐出量または流量弁制御により、力量は作動油圧の圧力調整弁の制御によって行なっている。電動油圧式の場合には、速度と力量の制御個所が別であること又、油が非圧縮性流体であることにより遠隔制御が容易であり普通のローカル制御の場合には殆んど問題はない。

しかしながら蒸気式の場合は、蒸気が圧縮性であること、温度変化に敏感であり、また機構的な欠点として回転トルクが速度の影響を受け、かつ回転中に変動することもある。また往復機関であるために、作動圧力が一定でなく、蒸気流量も脈動するため正確な制御は非常にむづかしい。

したがって機側制御の場合には操作レバーだけでなく蒸気弁の微調整を併用しているのが実情である。

このような安定な操作を遠隔制御することはむづかしく使用上には熟練を要するので、船によっては設置しても使用していないなど問題も多い。特にクラッチ、ブレーキ操作が機側制御の場合には、作業中機側操作者がいるため遠隔制御のメリットはあまりないという意見である。しかし、クラッチ、ブレーキ共遠隔制御している場合には非常に有効に使用しているケースもある。

(b) クラッチおよびブレーキの制御

クラッチおよびブレーキの制御は遠隔制御スタンドに設けられた圧力制御弁（ブレーキ用）および切換弁（クラッチ用）を介して油圧シリンダーにより制御するので一般的な方法である。

但し、実船への採用は一部船舶のみで必ずしも一般的になっていない。この原因としては、

- クラッチの嵌合時、ドラムを微少回転させなければならぬ。
- クラッチの嵌脱の確認表示の方法および信頼性
- ブレーキとクラッチのシリンダー速度の適正化とインターロックの必要

など一応技術的には解決しているものの遠隔でやる場合には操作が複雑になり、確実な操作とその確認に不安があり、機側でやるのと大差ないなどの理由のためである。

しかし、機器が大型化してクラッチ、ブレーキの操作が人力では負担が大きい場合に（特に揚錨機）は一種の遠隔制御とも言える油圧制御を採用している例が多い。

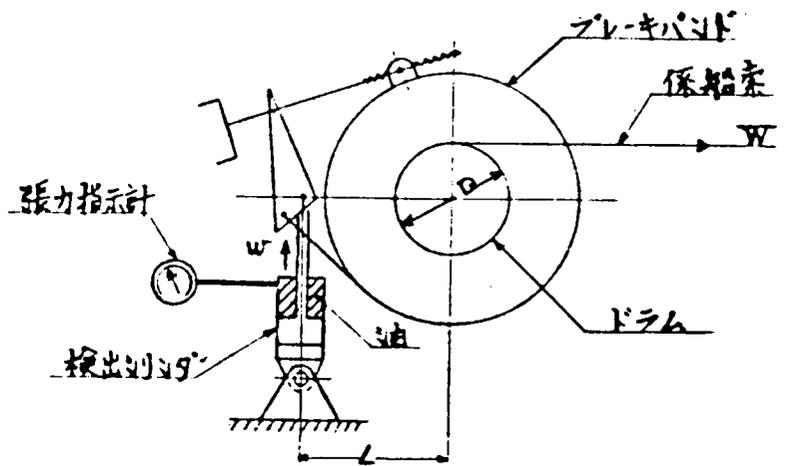
(a) 索張力検出

係船機と独立した索張力の検出方法については4.2.3(4)で述べているが、係船機内部に検出機構を組み込めれば理想的である。現在までに考えられている方法としては、

- (a) 索張力によるフレームの歪み量から張力を検出する方式（SR106にて検討された方式）
- (b) 係船機ドラムブレーキのテンションバーのかわりに油圧の検出シリンダーを取り付け油圧力より張力を検出する方式。

第4.2.3図に装置の原理図を示す。

- (c) ドラム駆動軸に固定のレバーと軸にフリーな減速ギアとの間に推力受圧シリンダをはさみ、ドラム軸にかかるトルクとバランスする油圧を発生



第4.2.3図 索張力検出装置の原理図

させて張力を検出する方式

(d) 電動油圧式の場合油圧力と回転方向より張力を検出する方式

などがあるが、いずれもまだ試験機の段階である。

(ハ) 索張力イコライジング

2ドラム以上の係船機あるいは同一方向への索の本数が多い場合には、各索に有効に張力を配分する事が必要となる。現在は船員が一定時間毎に見廻り索を一本ずつ調整して歩いているが、巨大船になるに従い索の本数の増加移動面積の増大のため調整時間が増加し、イコライジングの必要性は大きくなると思われる。

従来より自動張力係船機が広く使われ、一応ある範囲内では同一張力とする事が可能であるが、不感帯の範囲が大きくなり張力差の出ること、また、或張力以上になると繰出してしまうため船位の保持が不可能になるなどのため使用を禁止している港もある。そのために最近ではむしろ繊維索を有効に配置して自動張力機能を持たせることが多い。

索張力イコライジングの方法としては

(a) 電動油圧方式の場合は、各係船機へ供給する油圧力を同一にする。(SR106)・・・第4.2.4図

(b) 差動歯車機構を使用して、2つのドラムの張力を機械的にイコライズする方式・・・第4.2.5図
などがあるがまだ一般化していない。

(ニ) 給油方式の改善

甲板機械は毎入港前にスタンバイ作業としてグリースニップルへの手動給油、またオープンギヤーなどへの油の塗布を行なっているが巨大船になると台数も増し、そのための時間も増すことになる。

しかし、これらの作業は入港直前でなく航海中にも行なえる作業であり、将来大巾に定員が減少した場合ならともかく、現在程度の定員の場合、どうしても必要ということではない。但し、給油カ所を出来るだけ1カ所に集中するなどはすでに行なわれており、この程度は最低限必要であろう。

改善の方法としては

- a 集中給油方式として、各機に1台のグリースポンプを設ける。
- b 回転部分の給油は無給油材質に変更し給油回数を減らす。

などがあり採用されれば省力化に役立つであろう。

(ホ) ドレン抜き・暖機運転の合理化

蒸気係船機の場合は作動前にドレン抜き、暖機運転を行なわねばならぬが、これも入港前作業で比較的時間に余裕があるので強いて速隔操作は必要でないためもあり、特に省力化自動化は行なわれていないのが現状である。

(ヘ) 集中制御および自動化

以上述べて来た省力化・合理化を更に進めていけば、船橋よりの集中制御さらに電算機利用による自動化ということになる。

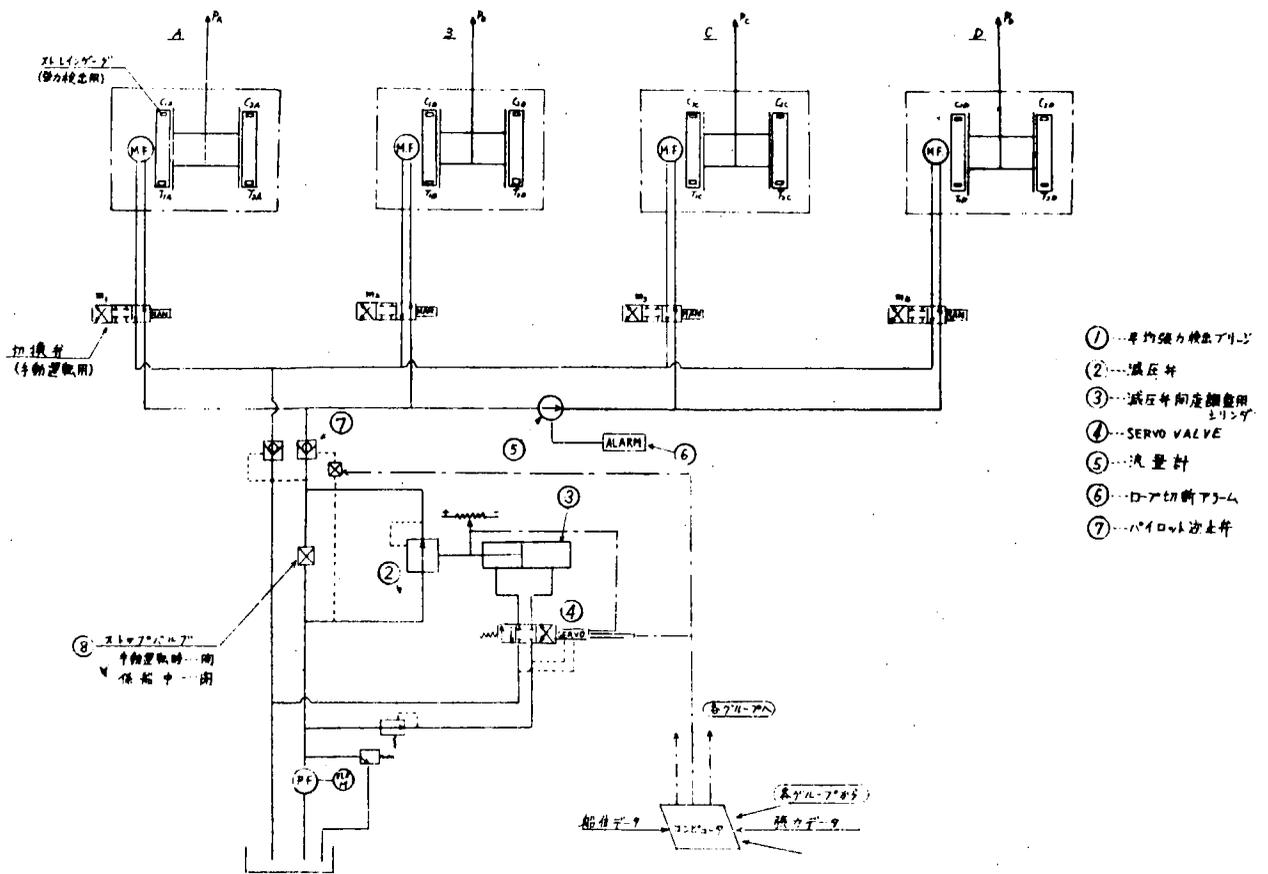
SR106において係船システムの自動化について検討されているが自動化が実現する前提として

- 確実に指令通りの操作が行なわれること。
- 操作が安全に行なわれること。
- 操作の結果が確実にフィードバックされること。
- 機器に異常がある場合には、ただちに警報され必要な処置がとられること。

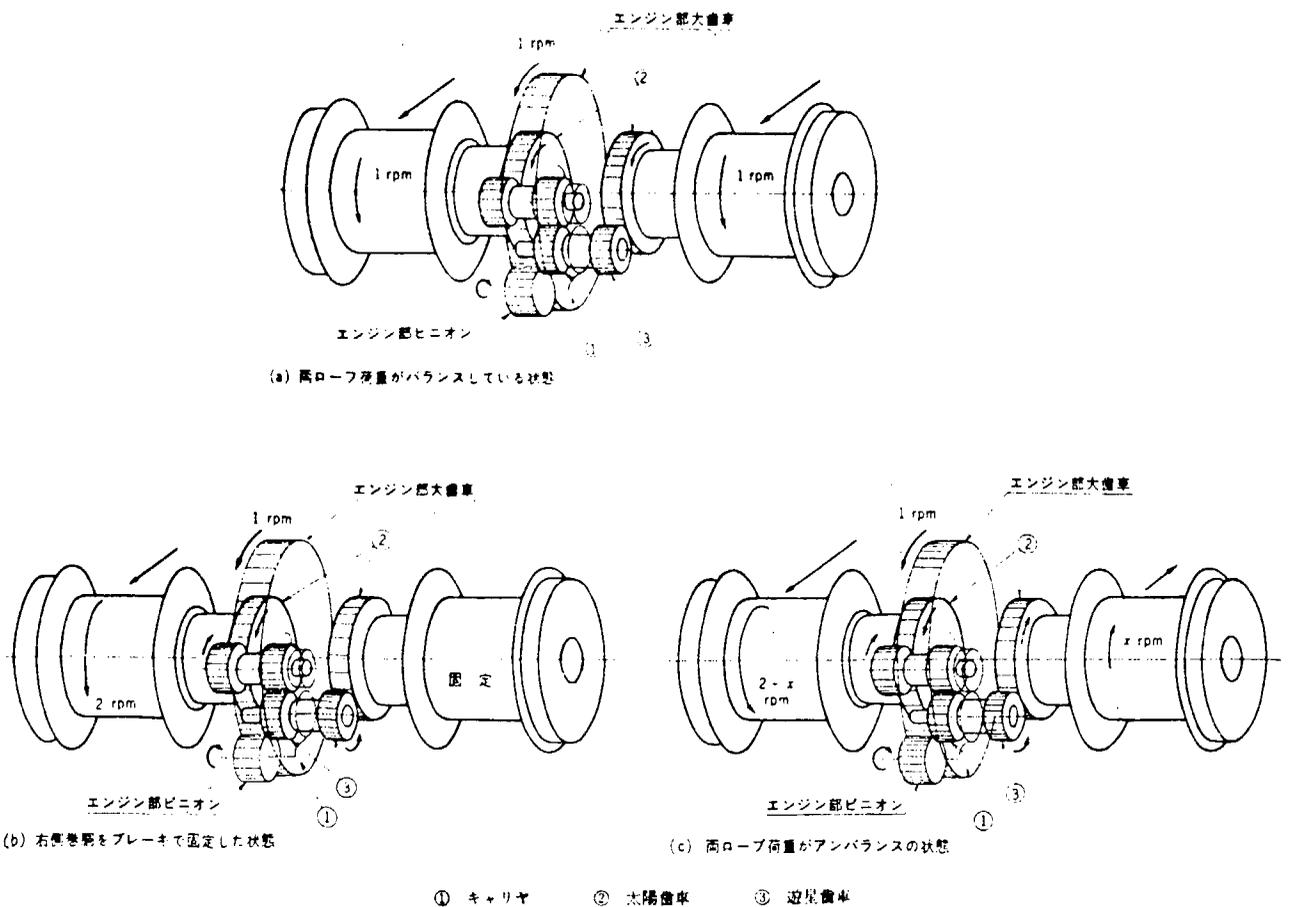
を満足することが必要である。

(4) 係船機の集中および自動制御

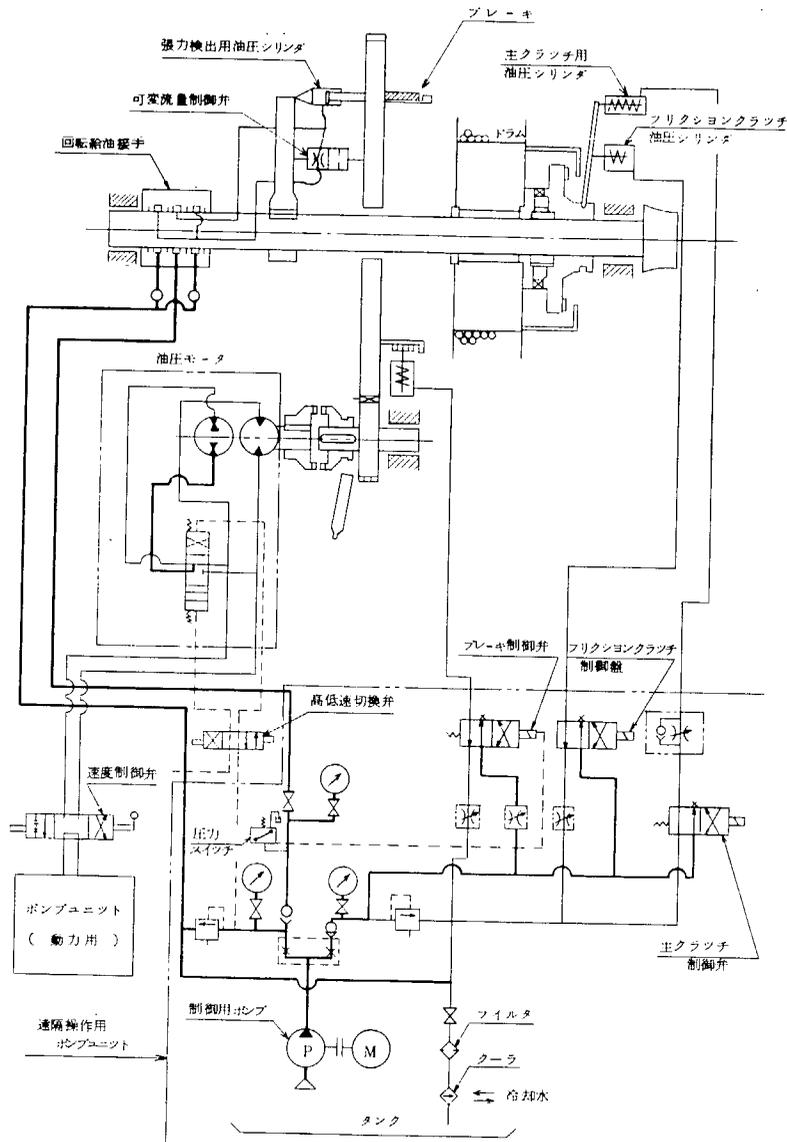
集中制御の実施例としては、船舶整備公団、(有)祐喜船舶所有 寺岡造船KK建造の“第三祐喜丸”(D/W 2,045 t)がある。



第4.2.4図 EQUALIZING SYSTEM (ウインチ4台の場合)



第4.2.5図 (a, b, c)各状態における運転状況



第 4.2.6 図

本船は 7 TON 揚錨機 2 台，3 TON 艀揚錨機 1 台，3 TON × 15/36.6 m/min 4 台を装置し，動力伝達は高压油圧駆動方式を使用，船橋および甲板上より速度およびブレーキの遠隔制御を行なっている。

本船は内航小型船であり，大型船にそのままこのシステムを採用することは出来ぬが，はじめての船橋よりの遠隔操作船として評価に値する。

自動化についての実施例はまだないが，自動化を目ざした動きとして

(イ) 係船機の試作 (電動油圧式) …… 第 4.2.6 図

N 社，K 社，T 社の 3 社共同で運輸省の補助金により，合理化係船機の試作を行なった。本試作機は SR106 の研究成果を全面的に取り入れたものであり，次の項目が含まれる。

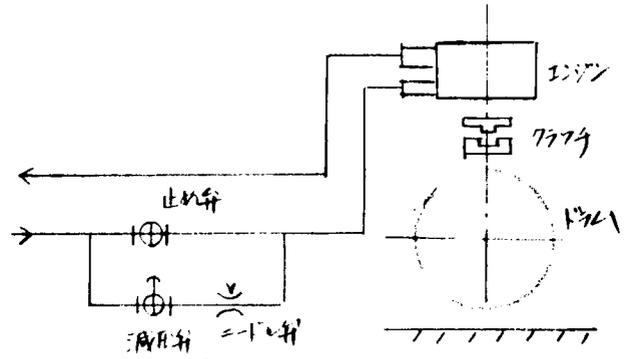
- a 早巻き出し装置
- b 索張力検出装置
- c 索の破断防止装置
- e 給油装置

であり、遠隔集中制御、更に自動制御にも適するような係船機である。

(四) 索張力自動調整システム (蒸気ウインチ)

I社にて開発された方式で、その基本的な考え方は、「吃水変化に対応する量だけ索調整を行ない、常時必要な索張力を保つことを主眼とする。従ってどんな外力がかかっても耐えるだけで索の繰出し、巻込みはやらない」というものである。

即ち1本の索を考えるとその索張力(T)は常に、船位が移動しない索張力の上、下限値 (T_1, T_2) 内、 $T_1 > T > T_2$ にあるように絶えず調整することに外ならない。



第 4.2.7 図

このシステムの蒸気ウインチへの応用したものが第 4.2.7 図のようなものである。

(a) 荷揚げ時…常時索張力が増す傾向にある。

初期張力 (下限値) T_2 の設定

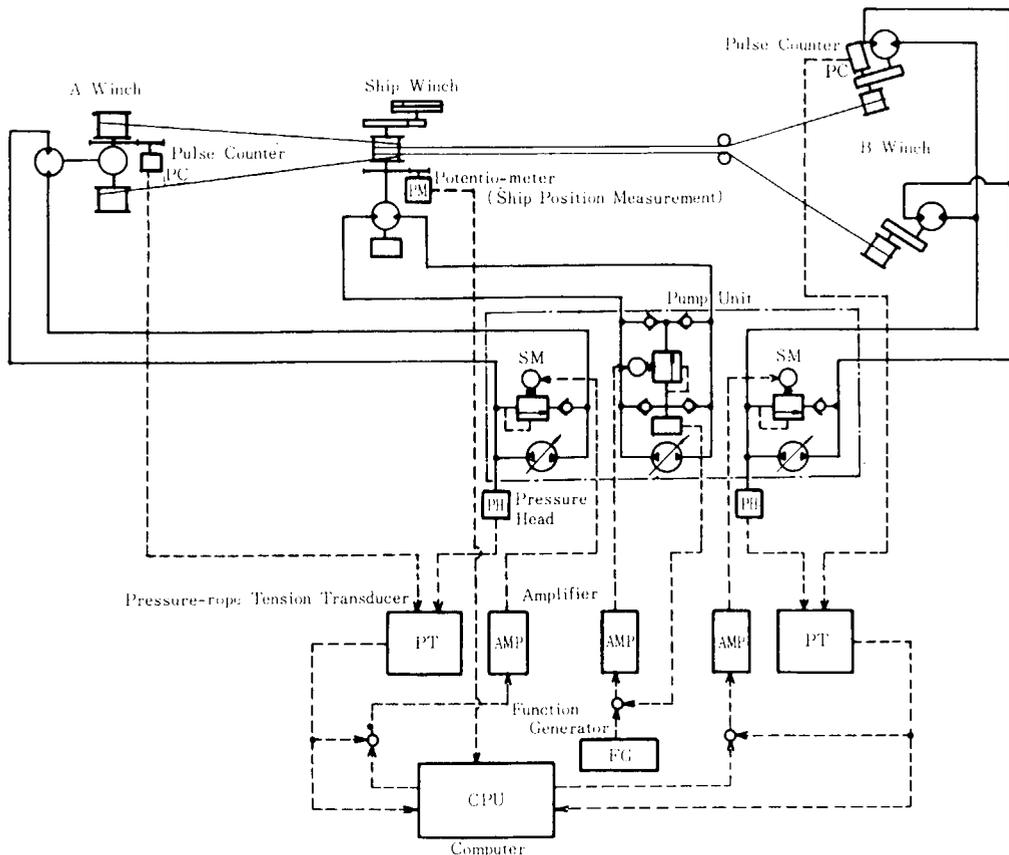
係船索に与える初期張力が $T_2 = 3 \sim 5$ TON になるように減圧弁にて蒸気圧を下げる。

(b) エンジンアイドリング

T_2 の設定後クラッチを外しエンジンアイドリングする。蒸気量の調整は止め弁を閉めニードル弁で行なう。

(c) 張力再調整

一定時間経過すると吃水の変化と共に索張力は増加してくる。タイマーなどにより SET された時間間隔毎にクラッチを入れブレーキを外すと索はエンジントルクに打ち勝って繰り出され、索張力は初期張力 T_2 に戻る。



第 4.2.8 図 Outline of Simulation Model System

以上を各索で順次繰り返せば、各索は常時索調整が出来て有効に使用出来、しかも、自動調整をやっても船位を動かす心配のないシステムが成立つ。なお、クラッチ・ブレーキ等はタイマーセットにより自動的に切換え得る。

(d) 積込時…常時索張力が減る傾向

初期張力はウインチ能力の最大をとればよいので減圧する必要はない。それ以外は、荷揚時と同様の操作を繰返せばよい。

各ウインチの操作をグループ単位でやる場合と個々に順次操作する場合の二つの方法があるが、船位を動かさないために個々で操作した方がよいとの考えに立っている。即ちドラム数 20 あれば $1/20$ の係船力が一時的に変っても殆んど船位が動く心配はないと考えられるからである。このような考え方で各ウインチのドラムを順次前述の要領で作動させようというのが本システムである。現在のところ船位との連動は考えていないが、実用化されれば船価はあまり上昇せずに省力化が可能となるであろう。

(イ) 電動油圧係船機の自動制御

M社、N社共同で、電動油圧ウインチ（高圧）を使用した自動制御方式を開発した。（第 4.2.8 図）

システムの基本は、船位および船位の移動速度、索張力を電算機に投入し、電算機により最適張力を求め、その指令を各係船機に与える事により、船位と索張力を自動的に調整する方式である。

開発の第一段階として、自動化船用の係船機を試作すると共にシミュレーションモデルを製作し電算機制御を行なわせ、種々の試験を行なった。シミュレーションモデルは第 4.2.7 図に示す如く、次の機器により構成されている。

A ウインチ：2つのドラムは差動歯車を介して機械的にイコライズされる。各ドラムの定格は $5\text{TON} \times 15\text{m}/\text{min}$

B ウインチ：普通の油圧ウインチで 2 台が油圧的にイコライズされる。定格 $5\text{TON} \times 15\text{m}/\text{min}$

負荷ウインチ：船体の機能を持たせたものでフライホイールにより慣性力を持たせ、且つ外力も与えられるようになっていているウインチ

係船索：18φ (6×24) FSWR 30φ ナイロン索

油圧ポンプユニット：一式

電算機および附属機器：一式

手動遠隔制御スタンド：2 台

船位は負荷ウインチのドラムの回転で示されるのでドラムの回転をポテンショメーターで検出している。

索張力は各ウインチの油圧力と回転方向を検出し補正演算により求める方式とし、普通に用いられる索張力検出装置は全く不要である。

制御の方式は比例制御と微分制御を基本とし、それに附加制御を加え人間の制御に近い方式で変動外力のもとでも船位、索張力を許容範囲内に保持出来る事が確認出来た。

索張力のイコライジングは機械式（A ウインチ）でも油圧式（B ウインチ）でも充分実用的に使用可能であることが分った。

以上のシミュレーションテストは 2 次元の制御であり、これを 3 次元に拡大、又、制御対象ウインチを増加しても同じ方式で可能である。油圧ウインチ採用という事で、巨大船に使用されている蒸気ウインチに比較してコスト上昇となるが、本方式の採用により索の張力の有効配分による索本数の減少、係船時の索調整要員の減少なども期待出来る。

(5) 索及び索運搬・係止

(イ) 係船索

現在、一般的に行なわれている巨大船の岸壁ないしドルフィンに対する係船方式は、従来船に実施され、定着してきた方式を船の大型化に対処できるよう改良したもので、係船索として鋼索、繊維索を用いた係船方式である。

係船索も、船体の大型化にともない必然的に大径のものが要求されてきた。

しかし、係船索は作業的に入力により取扱うことがあるため、無制限に太いものを使用することができず、索径を増して、索一本当たりの負荷張力を増加するのは、すでに限界に達していると云えよう。

一方、係船索の材質の向上による破断力の増加又は、大径索の軽量化等の開発の可能性は近い将来において少ないことから、結局、現在開発されているものの中から、係船索として適用可能なものを選定しなければならない。

係船索としては、強度的に見ると鋼索を使用する方が有効であるが、索の運搬、特にヘッドライン及びスタンラインのように陸岸との距離が遠距離になる場合は、索取船による索運搬を考慮して重量的に軽量の合成繊維索を使用することが多い。

(a) 鋼 索

- ・ 6×37 (JIS 6号)メッキ種

現在、巨大船用として主に使用され、強度的に優れ、柔軟性に富んでいる。(第4.2.2表)

- ・ Steel core rope (メッキ種)

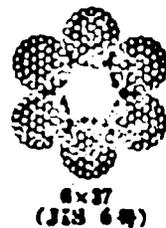
最近、係船索として、すでに一部使用実績がある。強度的には、従来の6×37に比較して約40%高いが柔軟性に劣る。(第4.2.3~4表)

第4.2.2表

JIS rope 6×37 (日本工業規格6号に準拠)
37本線6mm中心絞紐

おもな用途別 と り 方		切 断 荷 重 t			計算断面積 mm ²	標準重量 kg/m
		動 索	静 索			
メッキの有無		メッキ	種		mm ²	kg/m
ロープ径 mm	索径径 mm	メッキ径	A 丸	B 平		
31.5	1.80	40.5	53.7	57.2	387	3.57
(S2)	1.53	51.1	55.4	59.0	400	3.68
33.5	1.58	56.0	60.7	64.6	438	4.03
(S4)	1.60	57.7	62.5	66.6	451	4.15
35.5	1.68	62.9	68.2	72.6	492	4.53
(S3)	1.70	64.7	70.1	74.6	505	4.65
37.5	1.78	70.2	76.1	81.0	549	5.05
(S6)	1.80	72.1	78.1	83.2	564	5.19
40	1.88	79.7	86.6	92.2	625	5.75
42.5	2.02	90.1	97.7	104	705	6.49
45	2.14	101	110	117	791	7.28
47.5	2.34	113	122	130	881	8.11
50	2.37	125	135	144	976	8.95

ロープ断面



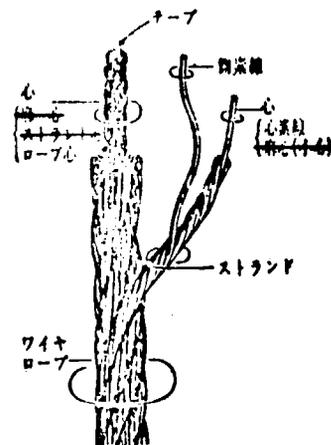
使用線材：硬鋼線材 (JIS G3506) SWRH-62

Steel core rope の構成

$$\left. \begin{array}{l} 7 \times 7 + 6 \times P_i (19+6) \\ 7 \times 7 + 6 \times S_{es} (7+37) \end{array} \right\} e$$

$$\underbrace{d_1 \quad d_2}_{d} \quad \underbrace{a \quad c}_{b}$$

- a.....ストランド数
- b.....ストランドを構成する素線数
- c.....ストランドの構成型式 Se S:セミシール
- d.....心
- d₁ ...心ロープのストランド数
- d₂ ...心ロープのストランドを構成する素線数
- e.....構成記号



第4.2.9図

第 4.2.3 表

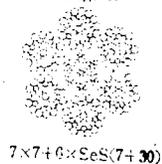
Steel core rope

7×7+6×SeS(7+30)---セミソル形本線6列中心ロ-7°心

		切断荷重七			計算 断面積 mm ²	標準 重量 kg/m
おもな用途	動 索	普通 Z				
よリオ	普通 Z	メッキ			mm ²	kg/m
メッキの有無	メッキ	(A)*	(B)*	(C)*		
ロ-7°至 mm	素線至 mm					
31.5	1.73	55.8	66.9	70.0	477	4.33
32	1.75	57.6	69.0	72.0	492	4.46
33.5	1.83	63.1	75.7	78.9	539	4.89
34	1.86	65.0	77.9	81.3	555	5.04
35.5	1.94	70.8	85.0	88.6	605	5.49
36	1.97	72.8	87.4	91.1	622	5.65
37.5	2.05	79.0	94.8	98.9	675	6.13
38	2.08	81.2	97.4	102	694	6.30
40	2.18	89.9	108	113	768	6.90
42.5	2.34	102	122		868	7.88
45	2.48	114	137		973	8.83
47.5	2.59	127	152		1084	9.84
50	2.74	141	169		1201	10.90

ロ-7°断面

Fig. 41



7×7+6×SeS(7+30)

第 4.2.4 表

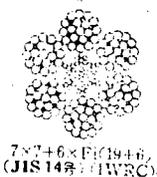
Steel core rope

7×7+6×Fc(19+6) (IWRC) (JIS 14号)---スワ-形本線6列中心ロ-7°心

		切断荷重七			計算 断面積 mm ²	標準 重量 kg/m
おもな用途	動 索	普通 Z				
よリオ	普通 Z	メッキ			mm ²	kg/m
メッキの有無	メッキ	(A)*	(B)*	(C)*		
ロ-7°至 mm	素線至 mm					
31.5	2.06	57.0	66.7	69.6	482	4.27
32	2.11	58.8	68.8	71.8	497	4.41
33.5	2.17	64.5	75.5	78.7	545	4.83
34	2.24	66.4	77.6	81.9	561	4.97
35.5	2.30	72.4	84.8	88.4	612	5.42
36	2.37	74.5	87.6	90.9	629	5.57
37.5	2.44	80.8	94.6	98.6	683	6.05
38	2.51	83.0	97.0	101	701	6.21
40	2.58	91.9	108	112	777	6.88
42.5	2.78	104	121	127	877	7.77
45	2.95	116	136	142	973	8.71
47.5	3.07	130	152	158	1095	9.71
50	3.25	144	168	175	1214	10.8

ロ-7°断面

Fig. 39



7×7+6×Fc(19+6)
(JIS 14号) (IWRC)

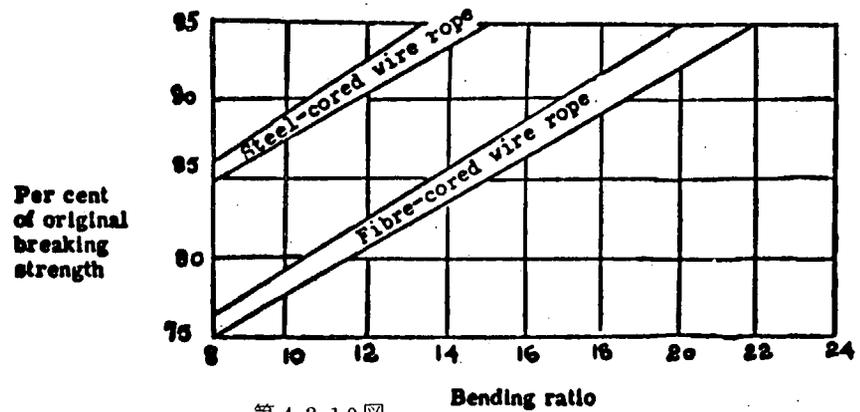
* IWRC: Independent Wire Rope Core

* 素線強度 (A) 150 kg/mm² (B) 180 kg/mm² (C) 188 kg/mm²

参 考

B.S.R.A

- (i) ワイヤーの強度はWeak link及びBendingの影響を受ける。
- (ii) Weak link (アイズブライス)は切断荷重を10%低下させる。
- (iii) Bendingによる切断荷重の低下を10%以下におさえるには、Bending ratioが、Steel core ropeで12以上
Fibre core ropeで19以上になるようフェアリーダ等の径を計画しなければならない(第4.2.10図)
- (iv) 従ってMooring (W.R. 対称)の強度低下を極小化するには、
 - イ) Fibre coreよりはSteel coreのワイヤロープを使用することが望ましい。
 - ロ) フェアリーダ等における曲率半径を大きくする。



第 4.2.10 図

(b) 織 維 索

合成繊維索はマニラロープに比べて、強度的に非常に優れており、また腐敗しないので、長持ちするなどの特徴があるが、一般的傾向として熱に弱く高荷重の状態に係留金物などで摩擦を受ける場合、痛みやすい、水にぬれた時強度が低下する。横ずれに弱い、伸びが大きいため万一切断した時、危険であるなどの欠点を有するが、総合的にマニラロープより優れていると云ってよい。(第4.2.5表)

各種合成繊維索の特徴

第 4.2.5 表

(下記裏印の低温における特性および摩擦係数は一応目安と思われれるが、なお検討を要する)

項	目	ナイロン	ポリエステル	ビニロン	ポリエチレン	ポリプロピレン
同径のマニラロープの強度を100とした場合の比率	乾燥時%	292	222	140	154	182
	湿潤時%	251	223	124	154	182
	湿/乾強度比%	86	100	84	100	100
ロープの伸び(マニラロープでは13~18%)		40~50	30~35	25~33	24~30	40~45
比 重 (マニラロープでは1.45)		1.14	1.38	1.3	0.95	0.91
吸水率%(20℃, 関係湿度60%にて)		4	0.4	5	0.05	0.04
耐 熱 性	軟化点℃	200	230~240	200	110	120~145
	溶融点℃	215	255~260	220	125~132	165
低 温 に お け る 特 性		一般に低温では強度は増加し伸びが減少する傾向にあるが、-30℃程度でも伸びの低下率はあまり大きくなく、ムアリングロープとして実用上支障ない。				
耐 候 性 (屋外暴露の影響)		強度低下しわずかに実害する。	強度はほとんど低下しない	同 左	同 左	強度はやや低下する。
マニラロープの場合を1と 帯電率 した場合の配荷量の比率。 ロープ径19mm/sec.にて		30	120	6	300	
電 気 帯 電 率		もっとも帯電量の大きいポリエチレンロープでも実験によればガソリンの蒸気に引火することはない旨報告されている。(メーカーカタログによる)				
摩 擦 係 数		0.15~0.3				
代 表 的 商 品 名		ナイロン	テトロン	クレモナ ビニロン	ハイゼックス カネライト	バイレン ポリプロピレン

クロスロープ

各種のロープについてクロスロープが製造されており、クロスロープは強度、伸び、重量ともに三横ロープとは異なるが、柔軟で滑りが少なく取扱いやすい、ケンク・腫くずれをしないのでロープ寿命が長くなる、などの特徴を有する。

耐摩耗性、耐久力については各合成繊維索の種類によって長短はあるが、使用条件、取扱方法などによって大きく左右されるので、どの種類のものが優れているかと云うことは一概に断定できないが、今日、係船索として最も多く実績があり、強度的に優れているナイロンローブが適当と云ってよい。

耐候性についても長短はあるが実際には何か月も紫外線に連続して暴露すると云う使い方はされないので実用上の問題はない。

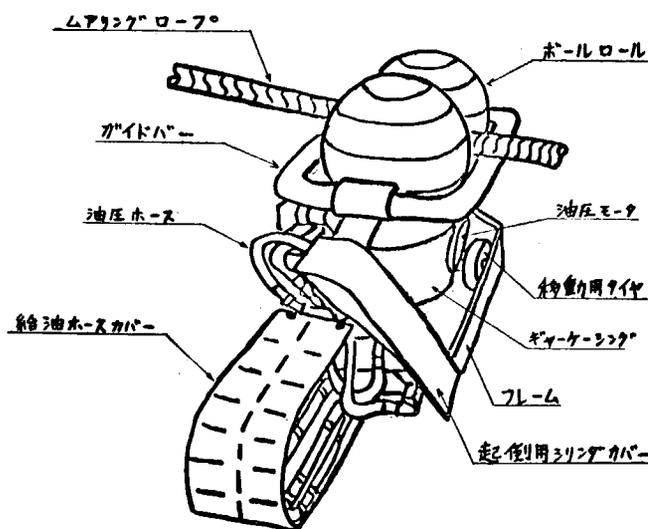
(ロ) 係船索の運搬・係止について

入港接岸前にウインチドラムに巻かれた係船索を舷側まで引出すスタンバイ作業は、現在、人力又は一部機力により行なわれている。

この作業も、船体の大型化にともない、係船索が大径となり、ウインチと舷側の距離が40m以上に達し、人力による操作が増々困難となり、これらの取扱いは乗組員にとってかなりの労力と時間を要する作業となっている。人力操作の軽減及び省力化の為にウインチより舷側及び水面までの係船索の運搬を機械化することが必要となってきた。

(a) 運搬方法

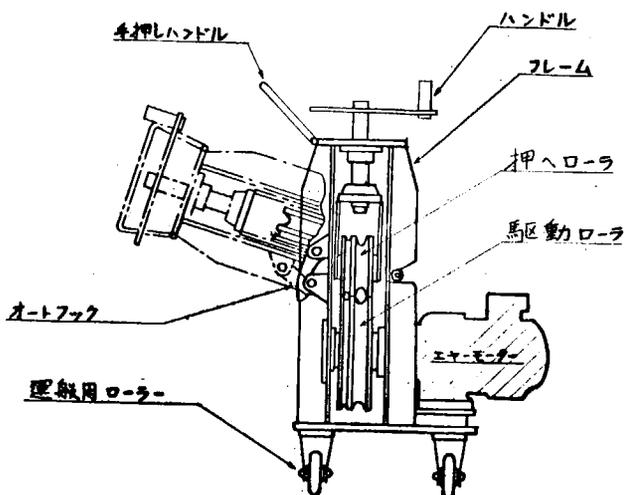
- (i) 大径ワイヤーの運搬は機力により行なう。
- (ii) ムアリングウインチのドラムに巻かれたワイヤーをメッセジャローブにより舷側まで引出す — メッセジャウインチ使用
- (iii) 舷側より水面まではムアリングウインチの押出機構によりワイヤーを繰出す。
- (iv) 水面より陸岸までは、従来通り索取船によりワイヤーを運び、索端のアイスブライスをビットに係止する。 — 陸上要員による。
- (v) 離岸時は陸上要員の手でビットから外されたワイヤーを本船のムアリングウインチで直接巻取る。



第4.2.1 1 図

(b) 運搬装置

- (i) SR106にてすでに大径ワイヤーの運搬システムについて検討がなされているので、100万トンタンカーについても同システムを適用することが可能である。(後述)
- (ii) 索運搬用機械(単体)としては現在、
 - ・ボールウインチ、第4.2.11 図
 - ・鋼索状物移送装置「オクラー」第4.2.12 図
 - ・小型メッセジャウインチ
 などがあるが、こゝではSR106をBaseにした方式について検討する。



第4.2.1 2 図

(c) ウインチドラムより舷側までの運搬

ドラムに巻かれた大径ワイヤーの一端にメッセジャローブをつなぎメッセジャウインチにより舷側まで引出す。

○メッセジャロープを大径ワイヤーに結合する作業は人力操作とする。

小径の繊維索をワイヤーロープの先端に結びつける簡単な作業であり、入港前準備作業として行なう。

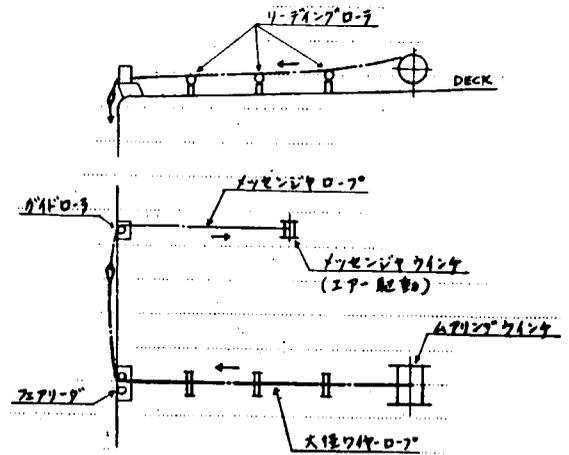
○大径ワイヤーのアイスブライスがフェアリーダを容易に通過出来るか検討が必要

フェアリーダの型式及び寸法によっては通過不能のものがあると考えられるので、これらの型式について検討を要する。

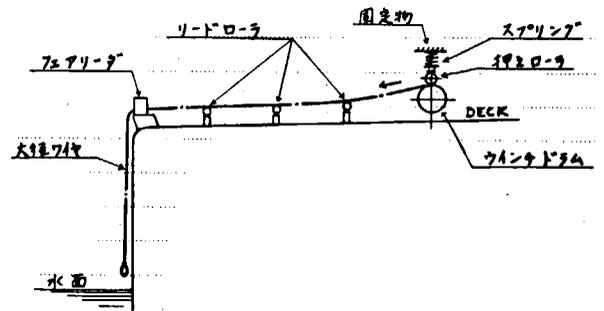
○ムアリングウインチとメッセジャウインチとの連動については完全な連動は考えないものとする。

ムアリングウインチのワイヤー巻出しスピードとメッセジャウインチの巻込スピードは相互に見合うようスピードをコントロールする。

メッセジャウインチにオーバーロードがかかる時にはエアーモーターのストリーング特性があるので問題はない。ドラムブレーキは特に設けない。エアーモーターのエアーロックがかかるので、それを利用する程度とする。コントロールは舷側に設けたコントローラで行なう。



第 4. 2. 13 図



第 4. 2. 14 図

(d) 舷側より水面までの運搬

舷側まで引出された係船索はムアリングウインチの押出機構とワイヤーの剛性を利用して水面まで繰出す。

ウインチの押出機構としては第 4. 2. 14 図の様に、常にワイヤーをドラムに押えつけるような押えローラを設ける。このローラはメッセジャウインチで舷側まで引出されたワイヤーをその剛性を利用して水面まで押出すためのものである。

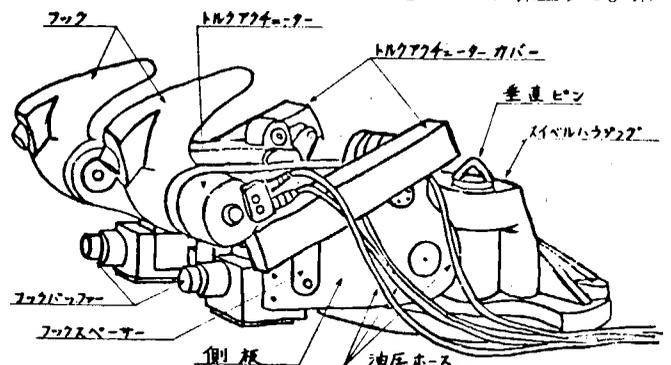
この方法では、途中のリーディングローラはワイヤーが自重により弛るんでデッキを擦らない程度に適當な間隔で配置する必要がある。

この機構については SR106 において実験がなされ、リーディングローラの間隔及び巻出速度を適當に与えることにより、実用的に問題のないことが判明している。

(e) 陸岸までの運搬

水面より陸岸までは、従来通り索取船により、ワイヤーを運び索端のアイスブライスをビットに係止する。索取船より索端の引揚げ、及びビット掛けは陸上要員により陸上キャプスタン等の機力を使用して行なう。

係船索を索取船で曳いてゆく場合、ムアリングウインチの繰出速度が充分大きくないと曳航速度が低下し索取時間が長くなるので、ウインチの Slack speed は索取船の Speed に見合う事が望ましい。



第 4. 2. 15 図

(f) 陸岸への係止

本船及び索取船より陸上キャブスタン等で岸壁に引揚げられた係留索端を陸上要員が、ビットに掛けた後、索を本船のウインチでタイトに張る。又、引揚げの際、岸壁サイドの突起物に索が引掛からない様注意して行なり必要がある。

陸岸係止金物には、ビット式の他にクイックリリース式の手動、油圧操作(第4.2.15図)等がある。

参 考

索張力検出用として、現在、実用化されている各種張力検出機は、SR106にて調査されており、

Tension bar type	} などがあるが
3-roller type	
Cable layer type	

いずれも検出機構をその都度、係船索にセットする必要があり、又、保守が容易でない等の問題があり、係船索の張力検出用として実船に適用する場合には、いずれも適当でない。

一方、張力検出→係船索イコライズを考えた場合、張力検出機構を単独設置するよりも張力検出/調整機構をウインチに備えることがシステムとして、より簡素化され且つ実用的であると考ええる。

4.3 ブイ係船(問題点と対策)

4.3.1 操船作業

(1) 低速接近時の針路と船位保持

一点ブイ係船においては、ドルフィン係船とちがい、接近針路の選定におけるその自由度が極めて大きい、他方投錨操船におけるよりも厳しいものが要求される(4.1.2(錨泊)操船作業に関する問題点参照)。

ブイの周囲いずれの方向からでも接近できる場合は、風潮など外力の方向に船首を立てて接近するのが原則であるが、複数個のブイが接近して設置してある場合や、海底傾斜が大きく一部の水深が不足する場合などは接近針路に制限をうけ、外力を横方向から受けることがある。このような場合の針路と船位保持については、既に錨泊操船の項で述べた通りであるが、外力の影響によるコースのずれは船首方位の修正のみで処理できるので、操船の主眼点はブイまでの距離とそれに応じた行脚の調整で充分である。

船首方位の修正は、200メートル近い長さの先取り索(ナイロンホーサー)を早目に連結し、これを利用することでもできるが、船体が巨大化するほど慣性が大きく、回頭惰力、前後進惰力の制御が困難となるので、ブイ係留といえども強力な曳船による援助が必要となり、又、横推力発生装置の開発が期待される。

ブイ係留時の低速操船法は錨泊時の操船と基本的には同じであるが、より精度の高い船位の保持が要求される。従って4.1.2(1)項で述べた錨泊操船時に必要と考えられる検知装置

- (a) 速力計
- (b) 偏位計
- (c) 惰力指示器

のほかに、次のような計測器の設置がのぞましい。

- (d) ブイの方位・距離指示器

ブイ係留に際して、船首からブイまでの方位と距離は操船上、最も重要な情報であるが、巨大船になるほどその精度は高いものが要求される。

船首にいる操船補助者の目測のみに頼ることなく、計器を利用した測定結果を船橋内の指示器に直接表示する

装置が望ましい。

(e) 潮流計

ブイに設置し、流向・流速を連続計測できるようにし、係留する船舶に対し必要に応じて情報を伝達する仕組みとする。

(f) 波浪計

ブイに設置し、波高・周期を常時計測し、係留船に対し情報を伝達する。

(2) 操船補助装置

ブイ係留時の操船補助装置についても 4.1.2(1)(ロ)項で述べた錨泊操船時の補助装置と同じでよい。

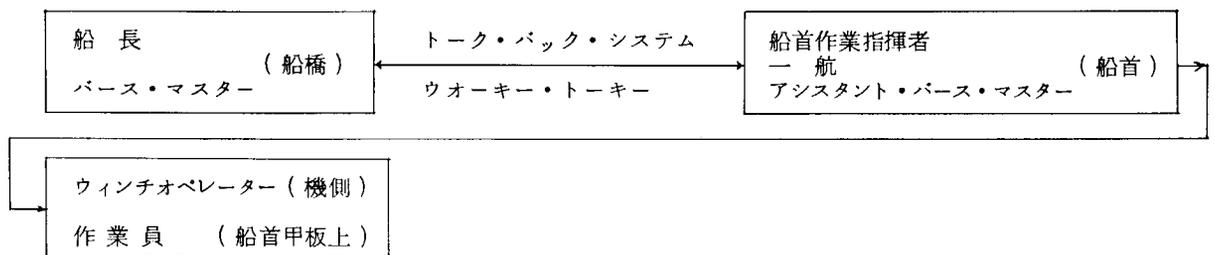
日本におけるSPMバースのように曳船の手配が可能な場合は問題ないが、積地は一般に僻地が多く曳船のないのが普通であるから、此の様な港の場合、ブイの周辺海域の条件如何によっては横推力発生装置による船首・船尾の横押しを考慮する必要があるかも知れない。

しかし、巨大船が複数の推進軸をもつ場合は、対地速力を精密に測定できるドブラー・ソナーを使用することによって、曳船なしでもブイ係留が可能となるかもしれない。

4.3.2 係船作業

(1) 作業の監視ならびに情報、指示の伝達

現在では、ブイ係留の場合に、下記のような方法により作業の情報・指示の伝達が行なわれている。



(イ) 船がブイに接近する段階（係留索の取込み作業開始前）には、船長・バースマスターと一航・アシスタント・バース・マスターの間の連絡が主になるが、巨大船では接近速度等を目視・判断することはむづかしいので、船の対地、対水速度、ブイとの相対位置等の表示盤を船橋と前述の錨泊用コントロール・ステーションに設け、一航とアシスタント・バース・マスターはコントロール・ステーションにあって、目視や感にたよることなく接近作業をおこなうことが望ましい。

(ロ) 船がブイ直前の定位置に到着し、係留索の取込み作業が始まる段階になると、メッセンジャー・ロープの繰出し、係留索への接合、捲込みなど作業員が甲板上でおこなう作業が主となり、船首部の作業指揮者と作業員またはウィンチ・オペレーターの相互の連絡が主になって来る。索のハンドリング作業は、そのサイズが大きくなるので時間もかゝり、また、かなりの危険を伴うことになる。したがって安全上の見地から、相互の連絡を良くするためには、ウィンチは作業が見易い場所で操作するように運転した方がよいと考えられる。

この場合には、船橋と船首作業指揮者の間の連絡事項が接近時に比べ少なくなるので、この両者の連絡はウォークー・トーキーを利用して、船首指揮者が甲板上の作業を移動監視しながらおこなう方が、コントロール・ステーションを利用するよりも実際的であろう。

(2) 索張力の検出

(イ) メッセンジャーロープにより、係留索の捲込みを開始し、係留索の先取りロープをウィンチ・ドラムに捲取る段階で、船とブイの相対位置、風、潮の影響如何によっては係留索に可成りの張力がかゝることもある。巨大船ではブイの直前で殆んど停止した状態で船体の移動方向、速度を調整することがむづかしいので、このような場合には

曳船等の助けを借りて係留索にかかる張力の緩和をはからねばならないが、係留索にかかる張力を今までのように目視で推定することは困難であろう。したがって、張力検査装置を取付け、その数値をウインチの機側または作業指揮者の見易い場所に表示することがのぞましい。

張力検出の方法としてはロードセル、3ローラー、又はテンションバー等により行なうことが出来るが大容量のテンションに適するものを今後開発する必要がある。なかでも、テンションバーによる方法は、甲板上のロープ固縛金物とブイからのロープ又はチェーンとの間にセットすればよいので実用化されやすいと考えられる。

- (ロ) 船が係留中に天候、潮流の変化により係留索の張力が異常に大きくなった時や逆に船がブイに接近して、ブイのチェン又はブイ自身に乗り上げるような危険のある時には、事前にその状態を検知しなければならない。

係留後荷役作業中、船首部には常時当直者がいないので、この場合の張力の表示はカーゴ・コントロール・ルームに必要である。また単なる表示だけではなく警報装置を併用することが必要で、この警報装置を船橋にも取付け荷役当直者と船橋当直者が係留状態を常に把握し、緊急事態発生前に処置がとれるようにしておくことがのぞましい。

外界条件の変化により係留索に異常な張力が生じ上記の如き危険を生じることもありうるので、前項で記述せる張力検出装置にアラームを併用すれば事故を未前に防止することが出来よう。

検知機構を採用するよりも“投揚錨作業の錨鎖張力の探知”の項にて記述した如く、外界条件のリミットを計算し係留索切断の前に警報により事故防止の処置をとりうる方法がより現実的ではなからうか。

(3) ウインチ・ストッパーの動力化

- (イ) 係留索の捲取りにあたり、在来船では船首甲板上の係留ウインチのワーピング・エンド・ドラムを利用し、ロープ・エンドを作業員が手繰るような方法をとることもあったが、巨大船では取扱う索も大きくなり、その取扱いが困難且つ危険となるので、ブイ係留索専用のドラムをウインチに取付け、メッセンジャー・ロープのエンドをドラムに固定して捲取るようにした方がよい。

またウインチのサイズが大きくなり、オペレーターが指揮者の合図や作業員の作業状況を見透しにくくなるので作業全体を見渡すことができる位置(例へば両舷のウインチの間、センターライン付近で見透が良い場所)でオペレーターがウインチを操作できるよう、遠隔操作装置付きのものにした方がよく、またウインチが複数台であるときには、その操作場所を1か所にまとめた方がよい。

- (ロ) ブイ係留索のストッパーには、種々の方法が考えられる。巨大船のブイ係留索は、船体への引込口であるフェアリーダーで破損することをさけるため、その部分にはチェンを使用することになる。したがって巨大船の係留索は一種のチェン・ストッパー型式のものとなる。現在50万トンまでを対象に考えられているのは76mmφ(グレードU-3)のチェン×2本(1本の破断荷重と使用荷重は、それぞれ438トン、200トン)で、ストッパーの係止力は200トン×2台、またその型式は第4.3.1図のようにになっているが、100万トン型のような巨大船用のものとしては、ストッパーのレバー操作を動力にした方がよいと考えられる。この場合には、チェンの状態を見ながら操作できるので、操作はストッパーの近くでおこなうようにした方がよい。

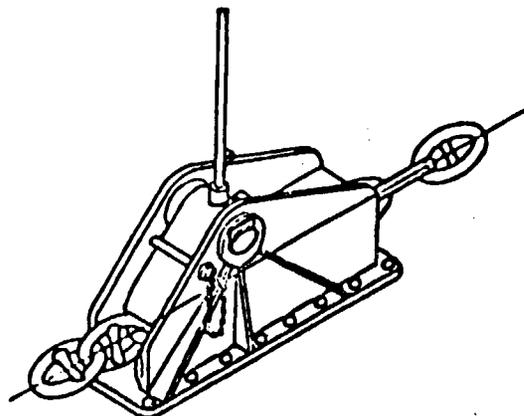
動力による方法を採用する場合、操作時間の制限よりも確実性に重点をおき油圧ジャッキ式にて、ストッパーの嵌脱を行なう程度でよい。

(4) 曳船用金具

在来の20万トン程度の船では、ブイ係留時に曳船を使用するのは気象条件が余程悪いときに限られ、通常は曳船の助けを借りずに係留している。巨大船に於いては、ブイ接近時の低速状態の操縦性能如何により、曳船の要、不要が決まる。

また、係船・荷役中にブイと船の相対位置が問題になり、船位を修正する場合に、主機を使用するのは危険であるので、曳船の助けを借りることになる。

曳船の能力・仕様については、巨大船に最適なものを今後検討することになるが、巨大船では乾舷が大きいので、曳船が船を曳く場合も押す場合にも、索を本船側に取り込む作業がやりにくくなる。また索の寸法も大きくなるのでその捲込みには動力ウィンチが必要となる。これらの問題を解決するため、水線付近の外板に索の固縛金物を取付ける必要があると思われる。また、この金物の周囲や曳船で押す部分の船体の補強についても十分検討の要がある。



第 4. 3. 1 図

4. 4 考 察

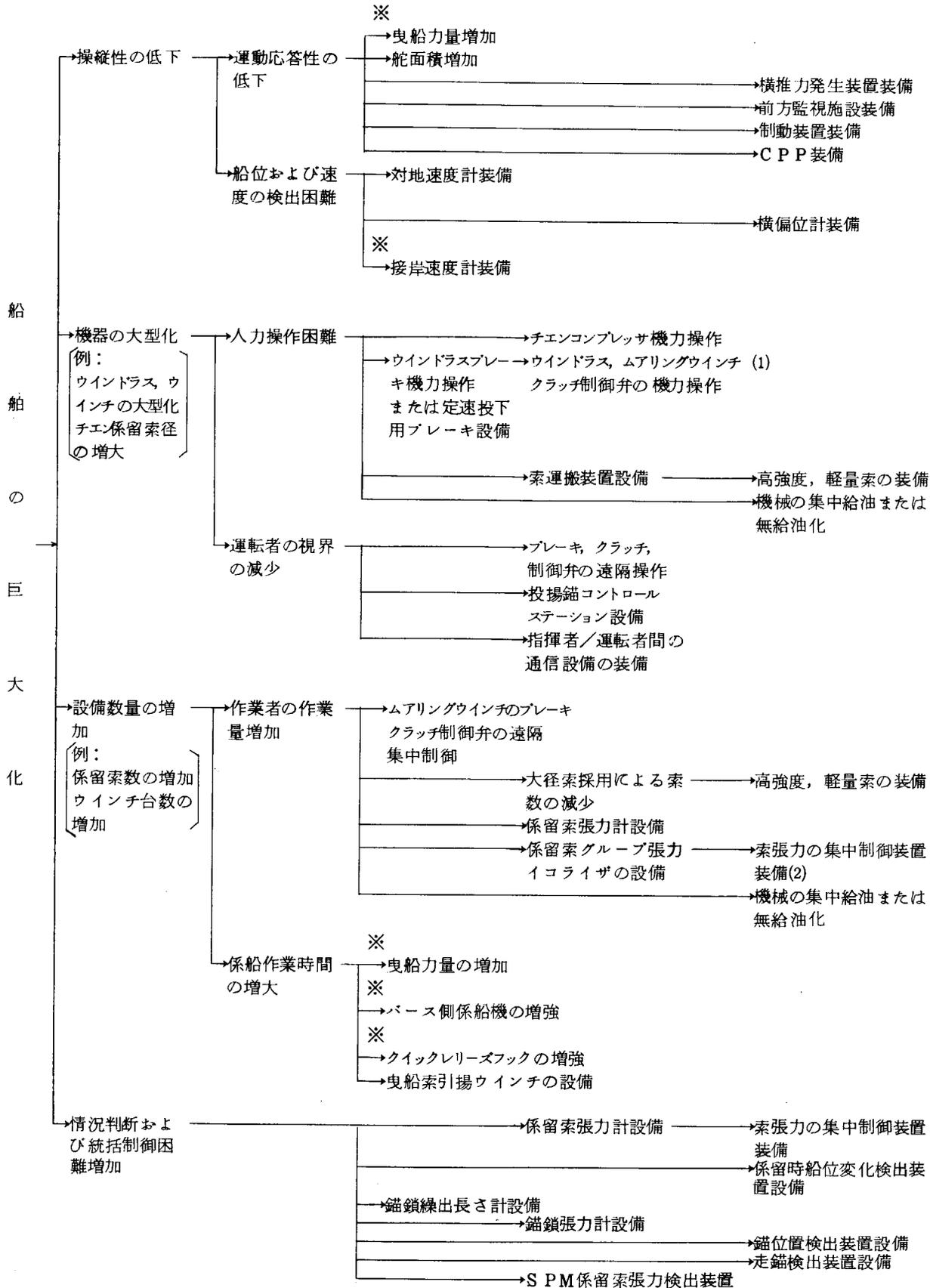
前節までに、現存 VLCC 及び ULCC の係船設備および係船作業の内容を調査した結果、ならびに、本船が巨大化した場合の問題点について述べたが、なお次年度以降の研究に便なように、これらの問題点を要約整理すると以下のようになる。

- (1) 本船の操船，運動応答性の低下
- (2) 本船上の係船用機器の大型化
- (3) 係船用機器，設備数量などの増加
- (4) 人体の五感にたよる情況判断の困難性および総括制御の困難性の増加

これらの問題点は、整理の前提条件として、巨大船の港湾立地条件、外界条件などが現存の VLCC 及び ULCC 用港湾の条件と極端に変化せず、また乗組員数や乗員の質も現在の状態と大きく変化しないものとして採りあげたものであって、環境一定の下で、大型化を考える場合には検討される問題であり、換言すれば、当然の帰結といえよう。然しながら巨大船用の対象港湾が設定されていない現時点では、これらの問題点が、現存 ULCC が内蔵している問題点の延長となるのも止むを得ないことであろう。また反面、巨大船専用の港湾の条件が設定され、また、例えば運航効率の向上などが命題として与えられれば、問題点も変化するの当然であり、これらは設計段階で検討されるものとする。

4. 4. 1 表に、前記の問題点と、現在の技術レベルの下に考えられる対応策を本船並びに乗組員の安全の分野に限定して示した。これらの対応策は、前記のように問題点の摘出と併行して検討されたものの集約であり、問題点と同様に特別に目新しいものではなく、従来から船舶が大型化されるにつれて、個々の問題として指摘され、また解決が計られて来たもの、および現在の ULCC の一部について改善の試みがなされているものなどを含んでいるが、少なくとも巨大船の係船システムを検討する際の重点項目を摘出し得たものとする。特に巨大船（100 万トンタンカー）を想定した場合、前記の問題点(4)は重要であり、従来のように人間の五感に頼る判断は限界に達していると考えられ、万一事故発生の際の災害の大きさを考えれば、解決を急がれる問題といえよう。なお、表中の対応策は現在の技術水準および巨大船への適用の重要度により 3 段階に分けてあるが、必ずしも限定されたものではなく、一の方策が実施されれば、複数の問題点が解決し、さらに省力化にも役立つ場合があり、また“段階 2”にランクされた問題でも設計思想によって対応策の採否が決定されるべき場合があるので、試設計段階に於いて、設計思想を打出し総合効果を考慮の上仕様を決定する必要がある。本調査により係船作業の手順、量についての具体的な把握が出来たので、これらを基として、現存 VLCC 並の定員による巨大船（100 万トンタンカー）の係船作業をトータルシステムとして捕え、どの様な機器、設備をどの様に設定し、どの様な手順で作業また操作を行えばよいか、安全且合理的な係船システムの実現の可能性を検討することが次年度の課題である。一方、第 4. 4. 1 表には挙げていないが大型化の直接の影響を受ける錨および投揚錨装置についても今後検討を続ける必要がある。

第 4.4.1 表 巨大化の問題点と技術面に於ける対応策



段階 1.

現在実施/試用されているもの

段階 2.

巨大船として実施がのぞましいと思われるもの

段階 3.

設計思想によって要否が決定されるもの, 或いは開発がのぞまれるもの

技術面における対応策

問題点

注: (a) ※印を付した項目は, 本船装備以外のものを示す。
 (b) (1) ムアリングウインチは力量増加などにより機械が大型化した場合に必要となる。
 (c) (2) 全船の係留索を許容張力内に調整出来るようなシステムをいう。

5. あ と が き

第一年度の調査として巨大タンカー（100万D/Wトン）の係船システムの研究のための気象・海象条件の調査及び巨大化による係船システムの技術上、作業上の問題点を抽出し、その機械化省力化の方向についての検討を行ったわけであるが、本調査は係船に直接関係あるものに限られ、荷役方式等については本調査の範囲外である。

巨大タンカーのシーバースとして、或る特定の型式に集約されるかどうか現在技術的には判断する根拠はなく、又本報書にも記されて居る如く、ブイ係船の方が岸壁係船に対してより苛酷な気象海象条件でも作業が可能であるとの文献もあるが、一方、フランスのル・アーブルでは100万トン用の岸壁係船を行う港湾の建設計画もあり、更に本研究の結果を現在就航して居る船舶への適用する事も考えられるので、現在の係船システムの延長として、岸壁係船及びブイ係船の両者及び錨泊について調査を行ったものである。

気象・海象による作業条件を設定するためには、曳船、綱取船等の作業船の作業限界の調査は極めて重要であり、むしろ此の限界により左右されるのではないかと考えられるが、巨大タンカーの浅水中に於ける横曳き抵抗の研究の進捗と相俟って、其の要求される推力、指揮可能隻数、一隻当りの推力が想定され、其の作業限界の検討に入る事となるので、本調査では曳船使用の実状程度の調査に止って居り、離接岸時の気象、海象条件の基準の設定がのこされて居る。又緊急時の避難対策、デッドシップ時の対策も安全上重要な問題であるが、今後の問題とし、本年度は通常の状態についての調査を行ったものである。

錨泊、岸壁係船及びブイ係船のうち錨泊、ブイ係船に於いては、其の作業の性質上、操船に関する問題が多く採り上げられ、本船の操船性能、操船援助機器が問題点として言及されて居るが、これは4.4にも整理した如く三者に共通の問題であり、安全な係船システムの一環として欠く事の出来ない重要なものであるが、これを定量的に把握し、対策を検討することは別途なされるものとして、問題点の提起に止める事としたい。

従って4.4に記した中で、曳船、本船の係船設備及び陸上の係船設備を含めた係船システムの具体的検討が今後の課題であり、次年度の作業であろうと考えられる。この作業は巨大タンカーの係船システムを現行のシステムの延長としてとらえ、機械化、自動化によって達成しようとするものであるが、一方に於いて巨大タンカーの場合、出入する港が限定される場合が考えられ、現行システムの延長ではなく、陸上設備を含めて、新しい係船システムの調査、検討が必要である事も考えられ、SR-106に於いても、その試みがなされて居るが、今後採り上げて行く必要があると考える。

引用文献目録

番号	文 献 名	著 者	書 名	巻号, 年月
1	The million ton Tanker crude oil terminal	P. Bastard.	Super Ocean Carrier Conference (SOCCO)	1974
2	SPMS for deep water Petroleum Terminals	J. Mascenik	18TH Tanker Annual Conference	1973
3	Big Tankers and Their Reception	PIANC	2nd International oil tankers Commission Final Report	1974
4	EVALUATION OF OFFSHORE TERMINAL SYSTEM CONCEPT	U. S. DEPARTMENT OF COMMERCE MARITIME ADMINISTRATION		
5	巨大化タンカーの安全対策に関する調査研究 第Ⅱ編巨大タンカー用バース	日本海難防止協会		昭和46年
6	シーバース築造基準(総則)	港湾局建設課		昭和49年
7	大型タンカー用シーバースの現状調査結果について	日本船主協会	船舶通報 49.50	49.6.12
8	オイル・ターミナルとタンカーの係留について	石油海事協会 石油港委員会		49.7.
9	RESEARCH INVESTIGATION FOR THE IMPROVEMENT OF SHIP MOORING METHOD (THIRD REPORT)	THE BRITISH SHIP RESEARCH ASSOCIATION		№304 1971
10	MOORING PANEL REPORT	SHELL		1965
11	自動ムアリング・ウインチ設計指針	日本造船学会	JSDS-2	39.12
12	大型船の係船装置設計指針	"	JSDS-4	46
13	日本沿岸の風速頻度並に波浪頻度表	運輸省船舶局		39年9月
14	重要港湾計画資料	各港湾管理部		
15	海象気象条件図	港湾局課		
16	日本沿岸の波の性質に関する研究	運輸省第二港湾建設局		36年6月
17	日本各地の年最大風速(1929-1966)順位と出現確率	気象庁	気象庁観測技術資料 34号	41年1月
18	日本各地の風速階級別日数表 (1950-1957)	"	" 研究時報	
19	日本の強風の研究	"	" 研究時報	9巻1号, 3号, 7号 11巻9号
20	海上気象の統計的調査研究報告書	日本海難防止協会		昭和45年
21	日本海の季節風と波	川 鍋 安 次	気象庁気象研究ノート 115号	1973
22	日本海の強風と高波について	気象庁	" 技術報告83号	1973
23	海洋工学ハンドブック	John J. Hyer		
24	本州四国連絡橋技術調査報告書	土木学会		42年7月
25	日本沿岸の波の一般的分布	坂 本 信 雄 井 島 武 士 木 村 茂 雄	第8回海岸工学講演会 講演集	1961
26	太平洋岸の台風による波の特性と其の推定法	同 上	同 上	同 上

番号	文 献 名	著 者	書 名	巻号, 年月
27	鹿児島港に於ける波浪観測について	高橋智晴, 鈴木禎実, 佐々木弘	第13回海岸工学講演会 講演集	1966
28	日本海沿岸の波について (中部沿岸における波の統計的分布)	板尾純一, 木戸 武, 山田五郎	同 上	1966
29	日本海(佐渡沖)に於ける灯標に作用した 最大波高について	長崎作治	第17回 同 上	1970
30	博多港の風と波 (冬期季節風による結果)	光易 恒	第18回 同 上	1971
31	中予海岸における波の推算と問題点	浜口博司	第16回 海岸工学講演会 講演集	昭和43年
32	本州沿岸の波の特性について	井島武士	船舶	昭和31年
33	波浪に関する拠点観測年報(昭和45年)	港湾技術研究所	港湾技研資料137号	昭和47年3月
34	" (昭和46年)	"	" 158号	昭和48年3月
35	" (昭和47年)	"	" 178号	昭和49年3月
36	H. O. Sailing Direction	米国海軍水路部		
37	B. A. Sailing Direction	英国海軍水路部		
38	水路誌	海上保安庁水路部		
39	超大型タンカーの係船設備の調査研究	タンカー協会		昭和47年
40	大型専用船の錨泊の安全に関する調査研究 中間報告書	日本海難防止協会		昭和48年度
41	錨鎖把駐力に関する実験研究	福谷恒男, 鞠谷宏士	日本航海学会論文集第51号	昭和49年7月
42	模型錨の把駐抵抗と姿勢の関係について 錨の把駐力の基礎的研究(其の2)	野村士平, 鞠谷宏士	" 第52号	昭和49年12月
43	Anchoring and Mooring Equipment on Ships	A. K. Buckle	RINA	Spring Meeting1974
44	三菱MEウインチ		三菱重工技報	Vol.9, No.3 1972
45	係船装置の合理化に関するWINCHの研究	白木 武	キャバニュース船舶編	Vol. 14 46年10月
46	ブリッジリモコン揚錨係船装置	東鉄工所, 荏原製作所	造船技術	1973年5月
47	係船中船位自動制御の開発		三井造船技報	50年1月

第 2 編 計算及び実験

1. 計算実験小委員会の概要

昭和 49 年度事業計画に基づき本研究部会の下部組織として、巨大船の係船時における係船索、錨鎖および船体にかかる諸力の静的並びに動的解析法の改善、計算法の精密化、接岸、離岸時の船体抵抗におよぼす浅水影響および泊地進入時の船体運動などについて計算並びに実験的に把握し、調査小委員会および本研究部会に対し基礎的な資料を提供することを目的とする計算実験小委員会を設置した。

小委員会の活動は静的計算、動的計算、流体力の解明、実験の各区分に大別され、小委員会開催は概ね毎月 1 回、各区分の作業活動会合は必要に応じて開催された。

1.1 静的計算の概要

巨大船の係船問題に関する寸法効果を認識するために従来の岸壁係留をとりあげ、100 万トン、70 万トン、40 万トン型の 3 船型を対象に係船力の算定を行った。計算法は第 106 研究部会開発の計算プログラムを基礎に一部改善を加えたものを使用した。

更に本計算では 100 万トン型の L/B 変化による係船力の変化などについて計算を行い、巨大船の寸法効果の認識のみならず、岸壁係留の限界などについての考察を試みた。

1.2 動的計算の概要

従来報告されている論説によると波浪中の錨鎖張力は風のみによる張力とほぼ同位相で重畳される傾向がある。この度は単錨泊、単浮標係留、双錨泊などふれまわりを許すものと多点係留などふれまわりを許さないもので異なり、錨鎖、係留索などの長さ、船の姿勢によっても異なる。巨大船の泊地の立地条件から錨泊、浮標係留などが増加する傾向から波浪による張力の変化を把握するとともに波浪中の係船力の計算法の開発を目的とした。

本計算については当初単浮標係留に対する計算法を主目的としたが、ふれまわりに波浪影響を精密に重畳するためには計算時間が龐大になるのに対し、

(1) 一般に係船力は多点係留の方が遙かに大きくなる。

(2) ふれまわり運動は巨大船になる程小さく、ゆるやかであり、特に船尾船橋船についてはこの傾向が顕著である。

ので、先づ多点係留を主体にした計算プログラムの開発を優先することにした。

なお、本年度はプログラムの立案を主とし具体的な計算は次年度とする。

1.3 流体力の解明の概要

水深が浅くなると物体に作用する流体力が変化することはよく知られている。巨大船泊地の水深は絶対値としては浅くないが、水深奥水比が小さくなるので多くの問題がある。これらの問題に関しては各種の理論が発表されているが、その式が複雑で数値計算に不向きなものも多い。動的計算プログラム用に実用的な流体力係数を求める方法のために特異点分布法による 2 次元 Radiation 問題としての解法を試みた。

1.4 実験計画の概要

水深奥水比が小さい状態で移動する場合の抵抗増加についてはよく知られているが、増加率については既発表の文献では大きな差異がある。この理由は、この種の水槽試験では微速時の測定精度およびレイノルズ数の影響、実船対応速度より

大きい速度で実験を行えばフルード数の影響を受けることが予想される。巨大船の接岸、離岸あるいは泊地における曳船の能力決定には不可欠の要素であるので、鏡像模型を用いた風洞実験によって解明することにした。本年度は実験計算および実験準備を行い、次年度に実験実施の予定である。

2 風と波の取扱について

泊地附近の風、波については日本沿岸を中心にして調査小委員会が詳しく調査したが、これらの統計値を船体運動、係留力などの計算に如何に反映するか、特に乾舷、喫水の絶対値が大きく、水深喫水比が小さくなるであろう巨大船の泊地における突風、浅海影響などについて考察してみる。

2.1 風

海洋構造物、橋梁などについては風速の高さ方向の変化や突風率が重要な設計条件となるが、従来、船舶関係では定常的な平均風速を取扱っており、突風について考慮しているのは復原性規則ぐらいであるが、これも定常風に対して一定率を加算したもので周期特性を考慮したものではない。泊地における巨大船に対する風の影響を考えると、バラスト状態で乾舷が大きく、風速の高さによる影響、船体運動の固有周期と突風の変動が問題となると思われるので、この2点について考察する。

2.1.1 風速の測定値などの一般的な認識

各地の測候所その他で観測された風信記録は次の諸因子が含まれたものである。

- (a) 地形の影響
- (b) 測定地点の高さ
- (c) 風速計：ダインス風速計は応答速度が遅く、数十秒間の平均値を示し、エアロベーンは数秒のオーダーであるという。これは平均風速と最大瞬間風速に大きな影響をもつ。

測候所では観測地点はできるだけ地形に左右されない平坦な所が選ばれるが、立地上やむを得ないところもある。

また、地形の影響で測定風速が変化すると同様に、海上に比較して陸上では摩擦の影響で風速が小さくなる傾向がある。この減少率は風の方向、海岸からの距離、地形などによって異なるのは当然であるが、アメリカでは実用的に表2.1.1が参考値として使用されている。⁽¹⁾ 表によれば沖合16Km程度と海岸では約20～30%の差があり、沖合3～5Kmでは約10%の差があることになる。

統計値はこれらの平均値と考えられるので、泊地計画などには風向特性などを含んだ詳細な観測値が用いられる。

2.1.2 高さによる風速の変化

水面上または地表面上の風速の鉛直分布は、大気の安定度が中立状態のときは(2.1.1)式の対数法則が用いられる。

$$U(Z) = 5.75 u_* \log \frac{Z}{Z_0} \quad \dots \dots \dots (2.1.1)$$

$U(Z)$: 高さ Z における風速 (m/sec)

u_* : 摩擦速度 (m/sec)

Z_0 : 表面の粗度に固有な定数 (m)

$$u_* = \sqrt{\tau_0 / \rho} \quad \dots \dots \dots (2.1.2)$$

τ_0 : 水面または地面に作用する剪断応力 ($Kg \cdot m / sec^2 \cdot m^2$)

ρ : 空気の密度 (Kg/m^3)

(2.1.1)式を変形して

$$u_* = \sqrt{\tau_0 / \rho} = \frac{1}{5.75} \frac{U(Z_1) - U(Z_2)}{\log Z_1 - \log Z_2} \quad \dots \dots \dots (2.1.3)$$

(2.1.3)式より高さ Z_1, Z_2 における風速 $U(Z_1), U(Z_2)$ を測定すれば摩擦速度 u_* あるいは剪断応力 τ_0 が求められる。 u_* が求められると $Z = 10m$ における風速は

$$U_{10} = U(Z_1) + 5.75 u_* \log \frac{10}{Z_1} \quad \dots \dots \dots (2.1.4)$$

で求めることができる。一般に水面上の風については Z_0 と水面抵抗係数 r_{10} であらわされるが r_{10} は、

$$\tau_{10}^2 = u_*^2 / U_{10}^2 \quad \dots \dots \dots (2.1.5)$$

で求められる。Z₀があらかじめわかっているときは(2.1.1)より

$$\frac{U(Z_1)}{U(Z_2)} = \frac{\log Z_1 - \log Z_0}{\log Z_2 - \log Z_0} \quad \dots \dots \dots (2.1.6)$$

を用いてU(Z₁)より任意の高さZ₂における風速が求められる。Z₀の大略値は各種の実験値があるが、水面の粗度定数は吹送距離が十分長いときは、

$$Z_0 \doteq 8 \times 10^{-3} u_*^2 \quad (m \cdot sec \text{ 単位})$$

とされており、また、水面抵抗係数τ₁₀は

$$\tau_{10}^2 \doteq 2 \sim 3 \times 10^{-3}$$

程度であるとされている。図2.1.1は以上の対数法則によって求められた海面上の高さZにおける風速を海面上10mの高さにおける風速に対する比で示した例である。

2.1.3 瞬間最大風速と持続時間

瞬間最大風速とその持続時間の船体運動におよぼす影響の検討は、原則的には変動風速のスペクトルから伝達関数を設定して変動抗力のスペクトルを求め、船体運動の周波数、応答関数から運動の応答スペクトルを求めることを行えばよい。この手法は海岸構造物などに対してよく適用される方法であり、耐用年数などの評価にも用いられている。一般に船舶の碇泊時間は固定構造物に比較して極めて短時間であり、且つ構造物の振動などに比較して船体運動の周波数は極めて低いので、スペクトル解析法をとらなくても、より直截な突風率の考え方で整理できよう。

突風率(G_s : ガストファクター)は評価時間、高速、平均風速のとり方によって異なるが、代表的なものを第1編図2.3.6に示す。図はSherlock⁽³⁾(ANN ARBOR), Deacon⁽⁴⁾(SALE)などの実験結果を石崎、光田⁽⁵⁾らがまとめたものである。これらの傾向は高い場所ではG_sは小さく、持続時間が長いもの程G_sは小さいことを示している。

次にG_sと平均風速の関係はCollinsの実測結果によれば風速が強くなる程G_sは小さくなり、平均風速が70ktsを超えるとG_sは約1.3に収れんする。

ここではJohn J. Myersの海洋工学ハンドブック⁽⁶⁾掲載の資料より図2.1.2を作った。本資料は平均風速20ktsから10kts毎に80ktsまで変化した場合、1時間平均の \bar{U} 3600, 10分平均の \bar{U} 600, 1分平均の \bar{U} 60に対するそれぞれのG_sが示されている。図によれば平均風速の“期間”によってG_sが大きく変わることを示している。

調査小委員会の報告によれば日本近海の統計値としてG_s = 1.3が妥当のようである。

2.1.4 計算に使用する風速

平均風速の基準は各国により若干異なるが、わが国では海上風に対しては海面上10m、時間平均は10分間が標準とされている。統計値はこのように標準化されたものゝ集計かどうかはわからないが、調査小委員会が非超過確率から求めた $\bar{U}_{10} = 20 m/sec$, G_s = 1.3にもとづいて計算用の平均風速を考えてみる。

G_s = 1.3として図2.1.2より最大瞬間風速の持続時間は、

$$Z = 40 \text{ ft で } 17 \text{ sec, } Z = 50 \sim 75 \text{ ft で } 6.4 \text{ sec}$$

図2.1.3の \bar{U} 600に対しG_s = 1.3とすれば10secとなる。

巨大船のバラスト状態の風圧中心の海面上の高さは15~17mであり、満載状態で7~8mである。傾向として風圧面積の大きいバラスト状態で突風率も持続時間も小さくなる。

これらのことから持続時間は約10sec前後と考えられる。

次に巨大船泊地は陸岸より相当の距離があることを考慮し、若干風速を増す。この量を5%とする。また、海面上17mとし図2.1.1より $U_z / U_{10} = 1.07$ とすれば $\bar{U}_{10} = 20.0 m/sec$ として、

$$\bar{U}_{17} = \bar{U}_{10} \times 1.05 \times 1.07 \doteq 22.5 m/sec$$

最大瞬間風速は $\bar{U}_{17} \times G_s \doteq 29.3 \text{ m/sec}$

が得られる。

船体運動の固有周期に関してはPitch, Heave, は前記突風持続時間から離れており, Yaw, Sway Surgeは無周期である。Rollの周期が比較的近いが, 70万トン型の満載状態で約15.5 secであり, バラスト状態では, これより短周期になることが考えられるが, 突風持続時間も10 sec以下になると考えられるので, 持に同調運動として係留索鎖に異状な張力がかかる懸念はないように考えられるが, なお, 個々の場合にその影響度合を確認する必要がある。

以上により静的計算, 動的計算を通じ, 平均風速20 m/sec, $G_s = 1.3$ を用いればよいが, 若干安全側にとって前期の22.5 m/secとしてもよい。

また, 風圧中心を考慮した等価的な算定を行うなどによる設定を考慮するのも一つの方法である。

表 2.1.1 海上風速に対する観測風速の比率

風の方向	観測地点	比*
海から陸	沖合 3~5 km	1.0
	海岸	0.9
	8~16 km 内陸	0.7
陸から海	海岸	0.7
	沖合 16 km	1.0

* 風速は露面上または地面上約10 mにおける値

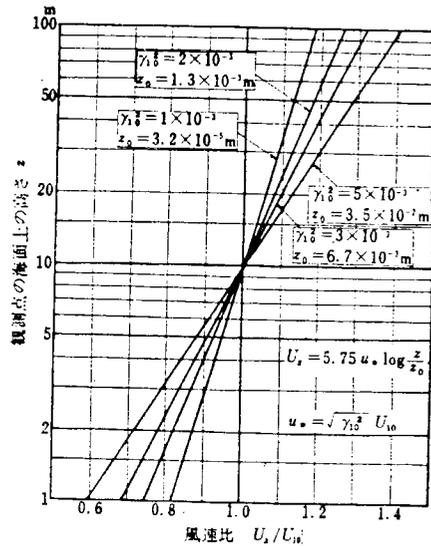


図 2.1.1 高さによる風速の変化

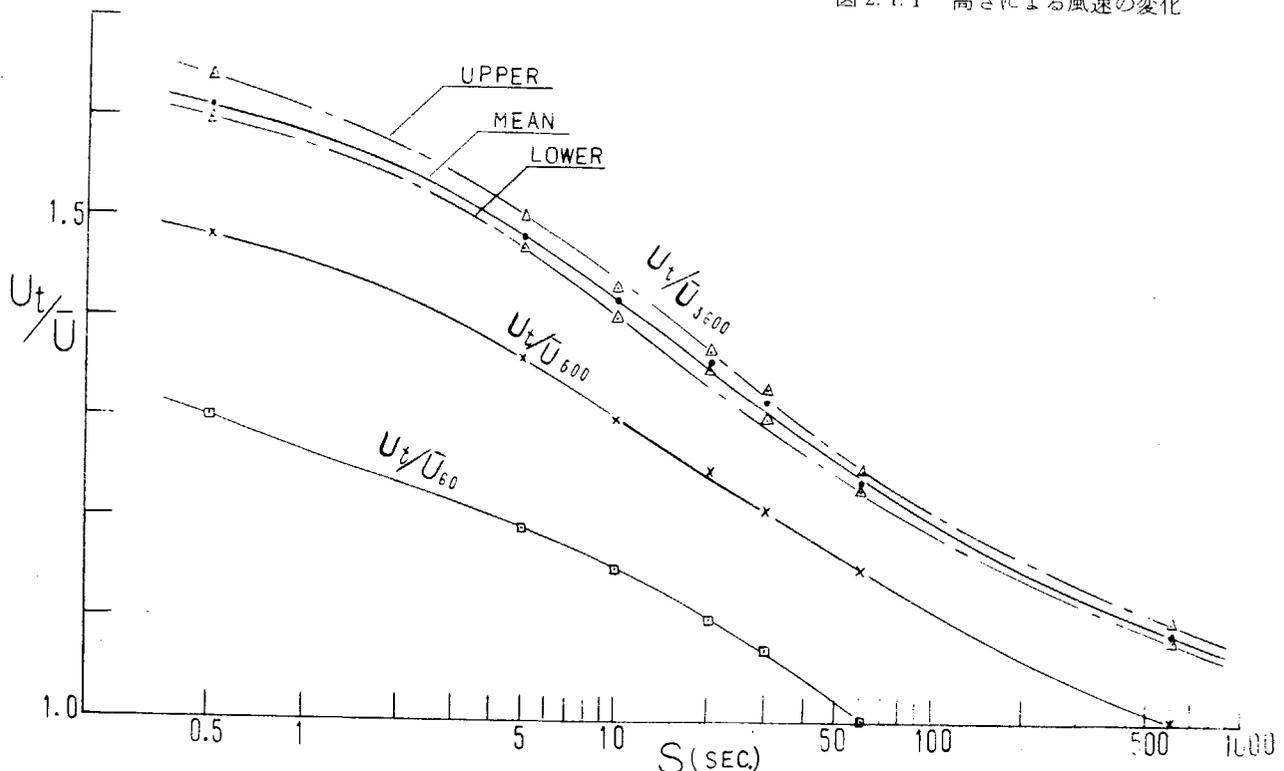


図 2.1.2 ガストファクターと突風持続時間

2.2 波

2.2.1 規則波の波長、波速、波形と波の分類

一般に波は周期、水深、理論的取扱いによって分類されているが、他の面から考察してみる。

表面張力波を除いては波長 L 、波速 C は

$$L = g/2\pi \cdot T^2 \tanh \frac{2\pi}{L} h \quad \dots\dots\dots (2.2.1)$$

$$C = \frac{L}{T} = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \cdot \tanh \frac{2\pi h}{L}} \quad \dots\dots\dots (2.2.2)$$

であらわされる。深海波および長波に対しては、 $\tanh \frac{2\pi}{L} h$ がそれぞれ 1.0 および $2\pi h/L$ で近似できるので略算式が用いられ、深海波は水深に、長波は周期に無関係にとり扱われているが、使用目的により近似度を変えると波の分類範囲も変化する。深海波の限度について試算すると、

近似度	深海波限度
0.1 %	$h/L \geq 0.6$
1.0 %	" ≥ 0.42
10 %	" ≥ 0.23

となる。

今、巨大船の泊地水深を 40 m と仮定すると、近似度 1 % で $L = h/0.42 = 95 \text{ m}$ 、近似度 10 % とすると、 $L = h/0.23 = 174 \text{ m}$ となる。

換言すれば、水深 40 m では波長 100 m 以下の波は深海波として取扱っても支障はなく、波長 100 m ~ 175 m の波を深海波として取扱った場合には誤差 10 % 以下であるが、波長 175 m 以上の波を深海波として取扱えば誤差 10 % 以上となる。

次に波形については、規則波的な波の形は波高が低いうちは微小振幅波理論にしたがって正弦波形に近いが、波高が高くなるにしたがって波頂が鋭くなり、谷が浅くなる。

最大波高、波圧を重視する海洋構造物の基準としてストークス波の第 5 次近似解による波形が適用される理由はこの点にあるが、係留問題ではそこまで考えることもなからう。

2.2.2 波の変形

波の変形は、屈折によるもの、あるいは浅水によるものなどが最も普通にみられるものであり、浅水係数や屈折係数などが設定される。

しかし不特定の巨大船泊地を検討する当研究部会では、これらについて設定することは困難であるので、最も極端な砕波についての可能性を検討しておくことにする。

今、海底勾配を 1/30 と仮定し、周期 2 ~ 22 sec、波高 2 ~ 8 m の沖波が巨大船泊地に進入した場合、換算沖波波高 H_0' は、

$$H_0' = Kr \cdot Kd \cdot H_0 \quad \dots\dots\dots (2.2.3)$$

であらわされ、屈折も回折も起らないとすれば、 $Kr = 1.0$ 、 $Kd = 1.0$ となる。

合田の式⁽⁷⁾より砕波水深と砕波高を求めると図 2.2.1、図 2.2.2 となる。

図 2.2.2 より換算沖波波高が高く、波長の長い波程砕波高が高くなるのがわかるが、図 2.2.1 により、波長 1000 m、換算沖波波高が 8 m で砕波水深は約 15 m であり、水深 40 m では砕波は発生しないので、砕波高を問題にする必要はない。

2.2.3 巨大船泊地における不規則波

実際の波である不規則波の推定法には経験的方法、有義波高法とスペクトル法の三種類があることはよく知られてい

る。わが国において深海波に対して最も普通に使用されるのは S.M.B法 (Snerdrop-Munck-Bretschneider) であるが、風域が変化したとき刻々の風域中心の移動に対する波の変化追跡に適した方法として Wilson の方法⁽⁸⁾があり、台風の多いわが国では更に発展させて種々の適用が試みられている。浅海波の推定には Bretschneider 法が最も多く使用されているが、風域が変動する場合には Wilson の方法を取り入れた方法が用いられる。

浅海域の波は Bretschneider の吹送距離図表で求められるが、波高と周期は、

$$T_{1/3} = 3.86 \sqrt{H_{1/3}} \dots\dots\dots (2.2.4)$$

であらわされる。

次に船体運動計算に用いられるスペクトル法について考察してみる。この方法は Neumann の不規則波スペクトルにはじまり、多くの研究が行われているが、現在最も多く使用されているのが P.M.法 (Pierson-Moskowitz) のスペクトルで次式であらわされる。

$$S'_{\infty}(\omega) = \frac{\alpha g^2}{\omega^5} \rho^{-\beta} \left(\frac{g}{u\omega}\right)^4 \dots\dots\dots (2.2.5)$$

$$\alpha = 0.81 \times 10^{-3}$$

$$\beta = 0.74$$

(2.2.5) 式に対し Bretschneider は実測あるいは推算によって代表波高と周期がわかっているときのスペクトルの形状を推定する式を提案し、光易が更にこれの修正式を提案している。⁽⁹⁾

$$E(f) = 0.43 \left(\frac{\tilde{H}}{gT^2}\right)^2 \frac{g^2}{f^5} \rho^{-0.75} \left(\frac{1}{Tf}\right)^4 \dots\dots\dots (2.2.6)$$

浅海域においては水深影響があらわれエネルギースペクトルの形式は外洋のものとは異なる。この取扱に関しては平衡領域の次元解析による Phillips の式、この式の定数を吹送距離 F と摩擦速度 u_* の関数であらわした光易式がある。また、浅海域での波浪の平衡領域の形は水深によって制約を受けると考え、理論と実験を加味した井島、松尾⁽¹⁰⁾の平衡領域のスペクトルは、

$$E(\omega) = 0.81 \times 10^{-2} h^{5/2} \cdot g^{-1/2} \cdot F \left[\left(\frac{\omega^2 h}{g}\right)^{1/2} \right] \left. \vphantom{E(\omega)} \right\} \dots\dots\dots (2.2.7)$$

$$F \left[\left(\frac{\omega^2 h}{g}\right)^{1/2} \right] = \frac{\left(\tanh \frac{2\pi h}{L}\right)^2}{\left(\frac{2\pi h}{L}\right)^2 \cdot \left(\frac{\omega h}{g}\right)^{1/2}}$$

であらわされる。

今、(2.2.7) 式によって浅海域のスペクトルを考えてみる。図 2.2.3 において屈折や回折効果はないものとして外洋の風波のスペクトル ACE が与えられたとする。(2.2.7) 式によって MN を画くと、その水深での風波のスペクトルは ABDE となる。

この手法で巨大船泊地におけるエネルギースペクトルを求める。仮定として、

$$U = 20, 25, 30 \text{ m/sec}$$

$$h = 40, 20, 16 \text{ m}$$

の条件を設定し、(2.2.5) 式による PM スペクトル、(2.2.7) の計算結果を図 2.2.3 に示した。

図によると $h > 16 \text{ m}$ では $U_{19.5} \leq 25 \text{ m/sec}$ ではスペクトルの形に浅水影響はあらわれない。 $U_{19.5} = 30 \text{ m/sec}$ では $h = 20 \text{ m}$ で若干浅水影響があらわれるが、 $h = 40 \text{ m}$ では、 $U_{19.5} = 30 \text{ m/sec}$ でも浅水影響はあらわれない。

2.2.4 調査小委員会の結論とその解釈

調査委員会は本邦周辺の気象、海象を調査した結果、次の結論を得ている。

(1) 平均風速は 20 m/sec とし、突風率を 1.3 とし、瞬間最大風速を 26 m/sec とする。

(2) 波高は $2 \sim 4 \text{ m}$ とする。

今、平均風速を 20 m/sec とし、波高 $2 \sim 4 \text{ m}$ を前提として **Bretschneider** の図表より **Fetch** その他を推定してみる。

$U_{10} = 20 \text{ m/sec}$,	$h = 40 \text{ m}$,	$gh/U_{10}^2 = 0.98$	
$H^{1/3}$	gH/U_{10}^2	gF/U_{10}^2	F
2 m	0.049	5.00	20.4 Km
4 m	0.098	3.000	122.45 Km

この結果から gh/U_{10}^2 が十分大きいので **Bretschneider** 図表からは、上記条件では深海波の範囲に入っている。深海波に対する **S.M.B.** 法の図表に上記 U_{10} , F を入れて波高、周期を求めると、

F	$H^{1/3}$	$T^{1/3}$	$T^{1/3}$ (2.2.4) 式
20.4 Km	2 m	4.8 sec	5.46 sec
122.45 Km	4 m	7.5 sec	7.72 sec

となり波高は一致するが周期は若干異なる。

以上、有義波高法によっても、スペクトル法によっても $U_{10} = 20 \text{ m/sec}$, $H^{1/3} = 2 \sim 4 \text{ m}$, $h = 40 \text{ m}$ では浅水影響は考慮する必要はない。

但し、**Pierson - Moskowitz** スペクトルは海面上 19.5 m の風速を標準にしているので $U_{10} = 20 \text{ m/sec}$ に対して **P.M.** スペクトルを使用するときは風速の修正を行わなければならない。

(2.1.6) 式において $U_{10} = 20 \text{ m/sec}$, $r_{10}^2 = 2.6 \times 10^{-3}$, $Z_0 = 6.7 \times 10^{-3}$ とすれば、 $U_{19.5} = 22.0 \text{ m/sec}$ が得られる。よって (2.2.5) 式において $U = 22.0 \text{ m/sec}$ を用いてスペクトルを求めればよい。

文 献

- (1) U.S. Army Coastal Engineering Research Centre : Shore Protection, Planning and Design : Tech Rept. №4 (Third Ed.)
- (2) Jenkinson, A.F. : The Frequency Distribution of Annual Maximum (or Minimum) Values of Meteorological Elements, Quart, J. Roy. Met. Soc. vol. 81. 1955.
- (3) Sherlock, R.H. : Variation of Wind Velocity and Gust with Height. Proc. A. S. C. E. vol. 78. spr. № 126. 1952.
- (4) Deacon, E.L. : Gust Variation with Height up to 150 M. Quart. J. Roy. Met. Soc. vol. 81. 1955.
- (5) 石崎澄雄・先田寧 : 強風時における突風の拡がりや突風率について, 京都大学防災研究年報 第 5 A. 1962.
- (6) 海洋工学ハンドブック, John. J. Myers. N. 丸善発行
- (7) 合田良美 : 砕波指標の整理について, 土木学会論文報告集 第 180 号, 1970.
- (8) Wilson, B.W. : Graphical approach to the waves in moving fetches.
[U.S. Army Corps of Engineerings, Beach Erosion Board, Tech. Memo. №73. 1955]
- (9) 光易恒 : 風波のスペクトルの発達 第 17 回海洋工学講演会論文集 昭 45.
- (10) 井島武士, 松尾隆彦 : 砕波後の波の研究(2) 第 16 回海岸工学講演会論文集 土木学会 1969.

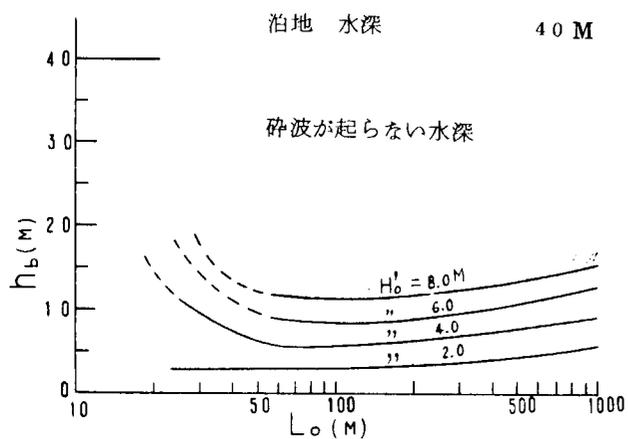


図 2.2.1 波長, 波高と砕波水深

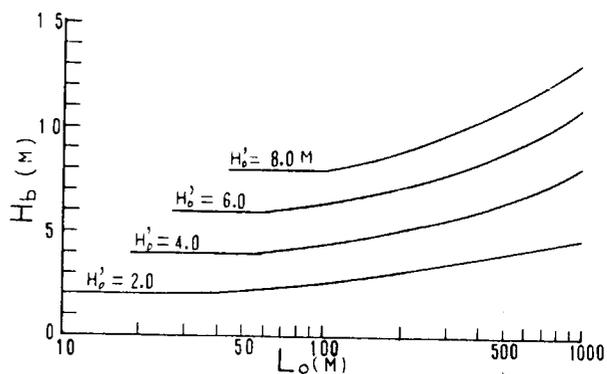


図 2.2.2 波長, 波高と砕波高

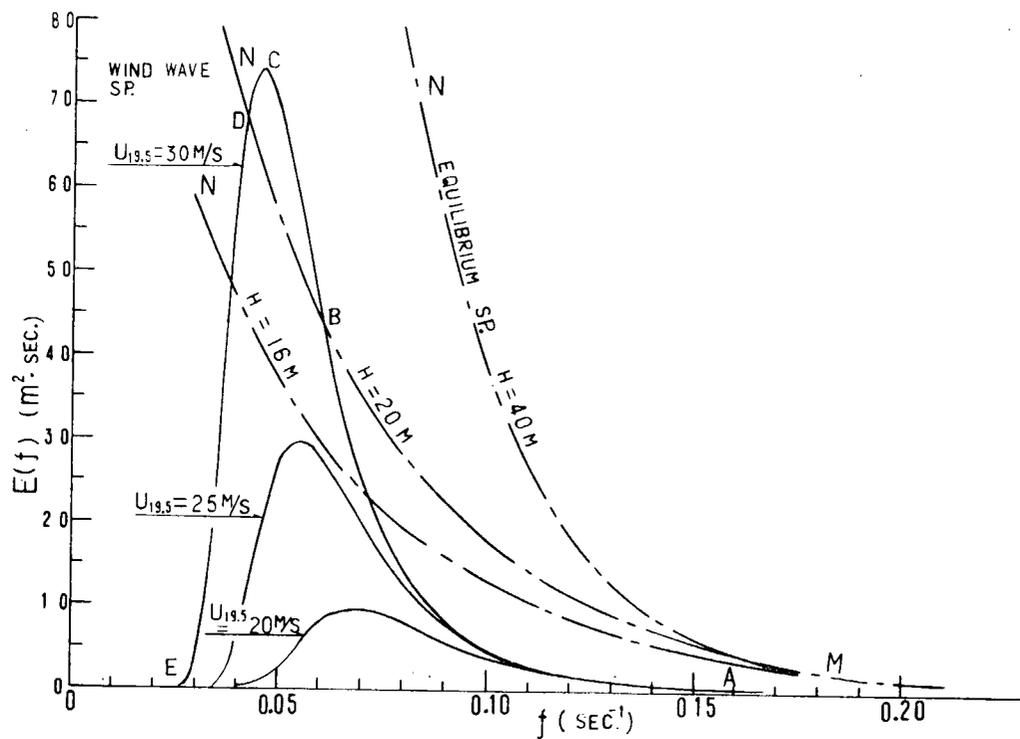


図 2.2.3 浅海域における波エネルギースペクトル

3. 泊地到着までの船体運動の概略

船が泊地に近づき、深水域から浅水域に変った場合、種々の現象が起るが、横曳きの抵抗については次年度実施される実験結果によって検討することにし、本年度は船体運動の概要を把握して、進入可能な泊地水深の限界などを求めることにした。

3.1 規則波中の船体運動

浅水域での流体力係数の検討は5-3において述べるが、この係数を用いた規則波中の船体運動方程式についてストリップ法で運動の振幅を求め、浅水影響の度合を示したものを図3.1.1～図3.1.6に示した。

なお、計算を簡単にするために、流体力係数は深水域、浅水域ともに中央断面についてのみ求め、その比を浅水影響とし、その他の断面については深水域における流体力係数を求めて中央断面における比で修正したものを浅水域における流体力係数と設定した。

但し、横揺減衰係数については影響するところが大きいので、深水域については、ビルヂキールの長さを $0.3L$ 、深さを 500mm として船体中央部にその中点が位置するものとして福田の推定式⁽¹⁾を用いて算定したが、浅水域については適当な推定式がないので次の3通りの計算をした。すなわち、

- A 深水域と同じ値を用いる。
- B Aに浅水中と深水中での理想流体中の理論値の比をかけ合せた値を用いる。
- C 浅水中での理想流体中の理論値を用いる。(粘性影響含まず)

図3.1.4～図3.2.2の添字A, B, C, は上記の区分を示す。Surgingについては本問題に対して大きな影響をもたないので浅水影響を無視し、元良の方法⁽²⁾により深水域についてのみ計算した。

深水域と浅水域($H/T=1.2$)との運動の差違に注目すると、heaving, pitchingでは浅水域になると振幅が減少する。swaying, rollingでは、横揺減衰係数の与え方によって振幅に30～50%の開きがあり、これだけでは結論を導きにくい。

yawingについては、横揺減衰係数の差違による影響も浅水影響もほとんどない。

船速は泊地進入の港内速力と停止時を考え8.0 ktsについて計算したが、この範囲では船速の運動に対する影響はほとんどあらわれない。

表 3.1.1 記号表

FN	Froude数	TR	トリム
H	水深	U	風速 (m/sec)
ha	入射波の振幅	V	船速 (knots)
K	wave number ($2\pi/\lambda$)	X	surging 振幅
L	船長 (404.0m)	Y	swaying
λ	波長	Z	heaving
RS	船体沈下量のエネルギー密度	ϕ	rolling
RW	波のエネルギー密度	θ	pitching
S	船体沈下量	ψ	yawing
T	吃水 (29.6m)	α	波の入射角

3.2 波浪中の船体運動による船体

沈下量

初めに述べたように、泊地の適当な水深を決定するためには浅水域における船体沈下量を計算しておく必要がある。そこで前項で求

めた規則波中での船体運動応答を用いて船首部、中央ビルジ部、船尾部での船体沈下量を計算し図3.2.1に示した。

この図から、横波中において中央ビルジ部が最も沈下量の大きいことがわかる。

次にPierson-Moskowitzの式により風速20 m/sec, 25 m/secにおける波のスペクトルを求めると図3.2.2に示すようになる。今、70万トン型に対し $H/T=1.2$ の海面を想定すると、 $H=36\text{M}$ となり前章の結論により波エネルギースペクトルに対する浅水影響は無視することができる。

そこで浅水域での規則波中の船体沈下応答とこの波のスペクトルをかけ合わせると、同じく図 3.2.2 に示すような船体沈下量のスペクトルが得られる。

ここで、

$$E_s = \int_0^\infty R S(\sqrt{L/\lambda}) d(\sqrt{L/\lambda})$$

とおくと Longuet-Higgins⁽³⁾ により、今、1,000 回の波に遭遇した場合を考えると最大船体沈下量は $2.74\sqrt{ES}$ として推定される。これらの計算結果を表 3.2.1 に示す。

表 3.2.1 波浪中の船体沈下量

U (m/sec)	位置	$ES = \int R S$ (m^2)	最大船体沈下量 (m) $2.74\sqrt{ES}$
2.0	FP	0.085	0.80
	※	0.938~3.334	2.65~5.00
	AP	0.233	1.32
2.5	FP	0.826	2.49
	※	5.729~8.750	6.56~8.10
	AP	1.144	2.93

注 ※における数値は A, C~B を示す。

3.3 平水中で船が航走するときの船体沈下量

船体沈下は船が波浪中で運動するときだけでなく平水中を航走する場合も起る。実測データは測定方法が困難なため巨大型船に対するものが皆無に近いので、12万DWトンタンカーによる実船および模型試験による推定曲線⁽⁴⁾(図 3.3.1 図 3.3.2) を用いて船首沈下量とトリムとを計算した。

8 knots について考えると、それぞれ船長に対して 0.125%, 0.062% となる。そこで船首中央、船尾各点での沈下量を計算すると表 3.3.1 に示すようになる。

但し、本計算は巾方向の水路制限はないものと仮定した。

表 3.3.1 平水中航走時の船体沈下量

	船首沈下量 (m)	トリムによる修正 (m)	船体沈下量 (m)
FP	0.51	0	0.51
※		-0.13	0.38
AP		-0.25	0.26

3.4 泊地水深の限界

以上の計算から浅水域 ($H/T = 1.2$) における船体沈下量を求め、同時にボトムクリアランスを計算したものが表 3.4.1 である。

表 3.4.1 最終的な船体沈下量

U (m/sec)	位置	波浪中の運動による船体沈下 (m)	平水中航走時の船体沈下 (m)	合計した船体沈下 (m)	$H/T = 1.2$ に対するボトムクリアランス (m)
2.0	FP	0.80	0.51	1.31	4.61
	※	2.65~5.00	0.38	3.03~5.38	2.89~0.54
	AP	1.32	0.26	1.58	4.34
2.5	FP	2.49	0.51	3.00	2.92
	※	6.56~8.10	0.38	6.94~8.48	-1.02~-2.56
	AP	2.93	0.26	3.19	2.73

この表からわかるように本委員会では泊地の風速として設定している 20 m/sec においては、船体どの部分も触底しな

いが、風速25 m/sec になると中央ビルジ部が触底する恐れがある。そこで $H/T = 1.2$ における船体の運動を水深が変化してもそのまま使えたと仮定して風速25 m/sec でも触底しないための水深を計算すると、最もシビアな場合で37.7 m, すなわち、 $H/T \doteq 1.3$ となる。

以上により70万トン型に対しては風速20 m/sec での水深は $H/T = 1.2$ でも十分であるが、風速25 m/sec での水深は $H/T > 1.3$ となり、退避中の風速変化、海図上の水深誤差などを考えると、 $H/T \geq 1.3$ が限界であろう。

以上は蔽囲されない泊地についての計算であり、蔽囲された海面のドルフィンなどでは異なる數位となる。表3.4.1にみる通り、横揺減衰係数のとり方によって70万トン型で所要ボトムクリアランスが2.0 M以上の差を示す。今後これらを解明しなければ、より詳細についての論議はできないだろう。

文 献

- (1) 福田淳一他：波浪中の船体運動と船体表面に働く変動、水圧及び横強度に関する理論計算
造船学会論文集 129号 昭46.6。
- (2) 元良誠三：Gravity Dynamometer による波浪中抵抗試験およびSurgingについて
造船協会論文集 94号 昭29.2。
- (3) M. S. Longuet-Higgins : On the Statical Distribution of the Heights of Sea Waves.
Journal of Marine Reserch Vol. 11, No. 3, 1952.
- (4) 日本海難防止協会：超大型船操船の手引き IV章 昭45.3。

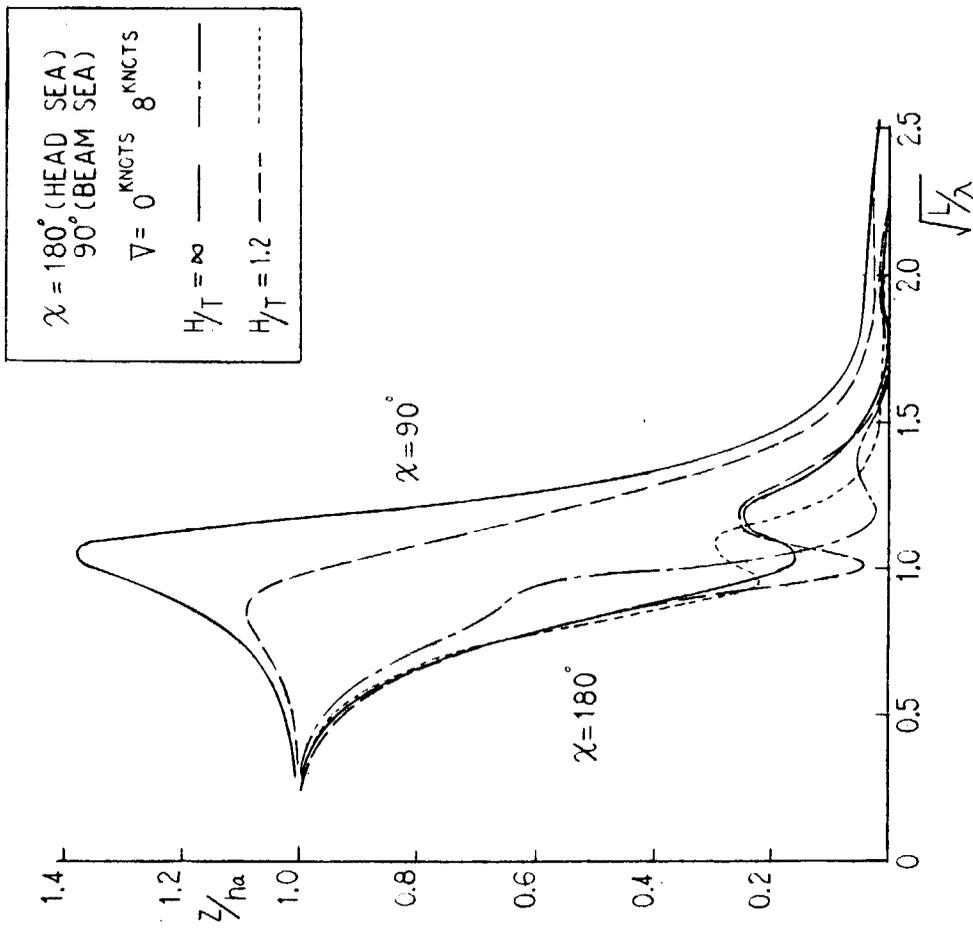


图 3.1.1 Heaving

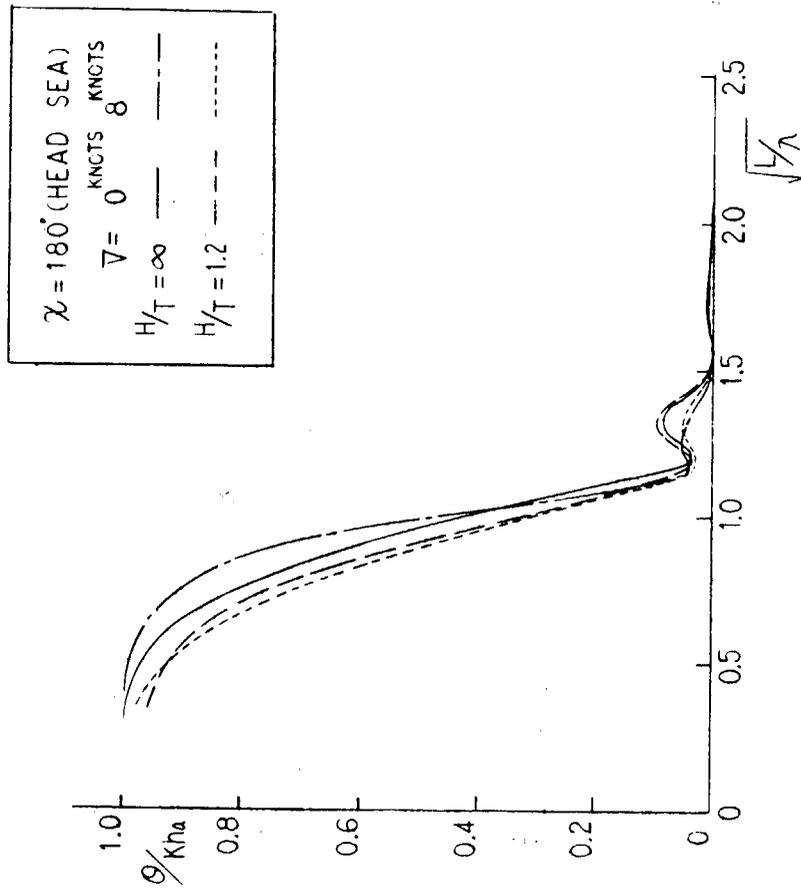
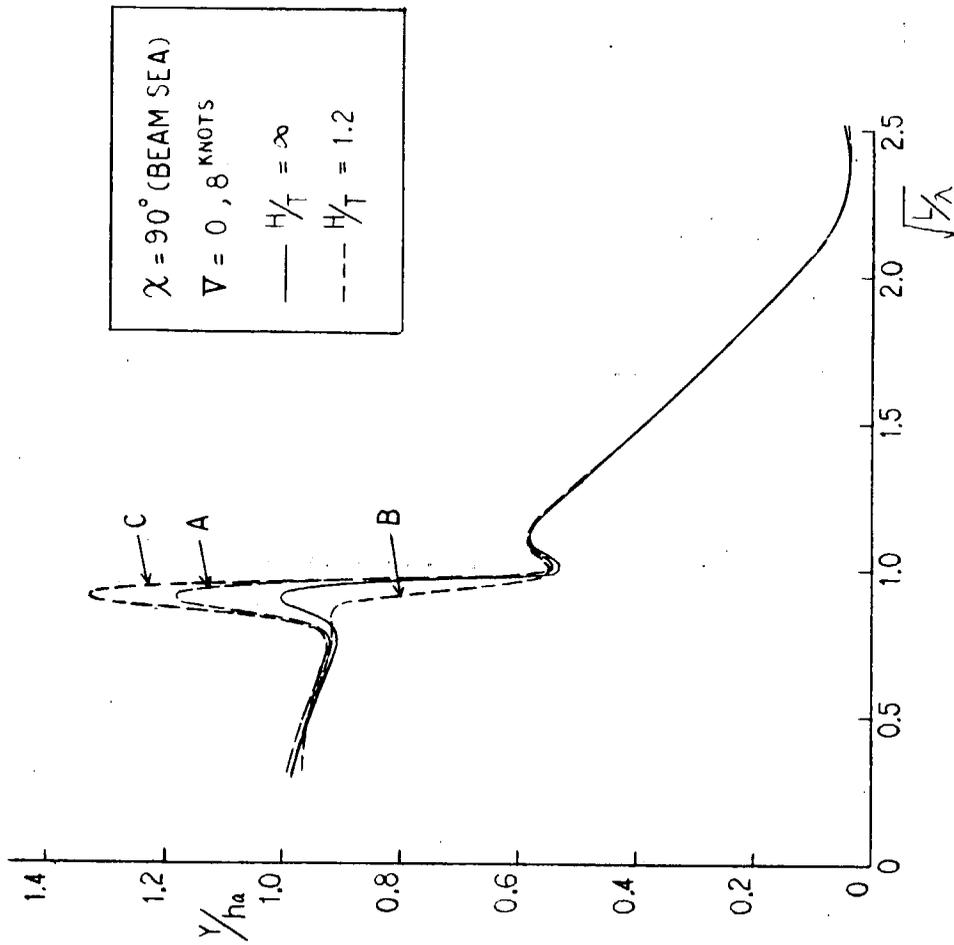
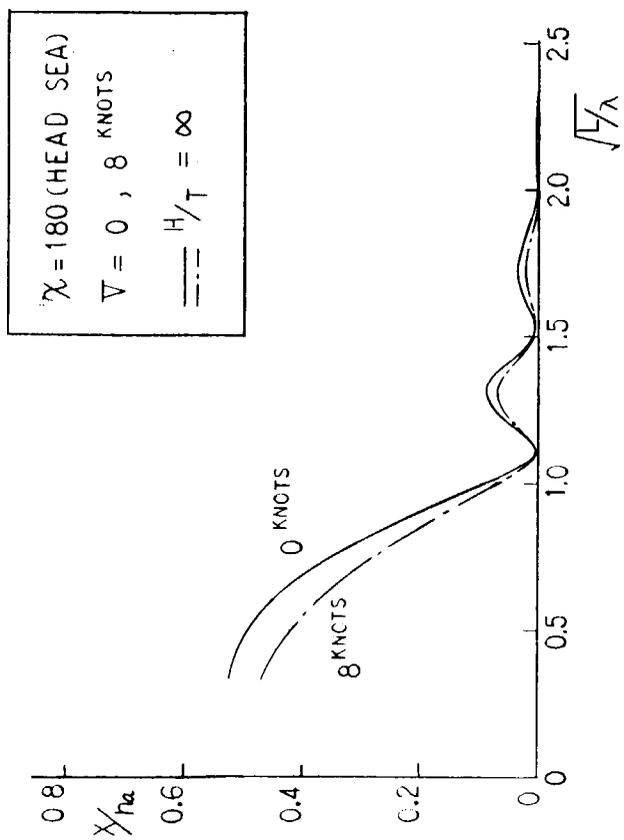


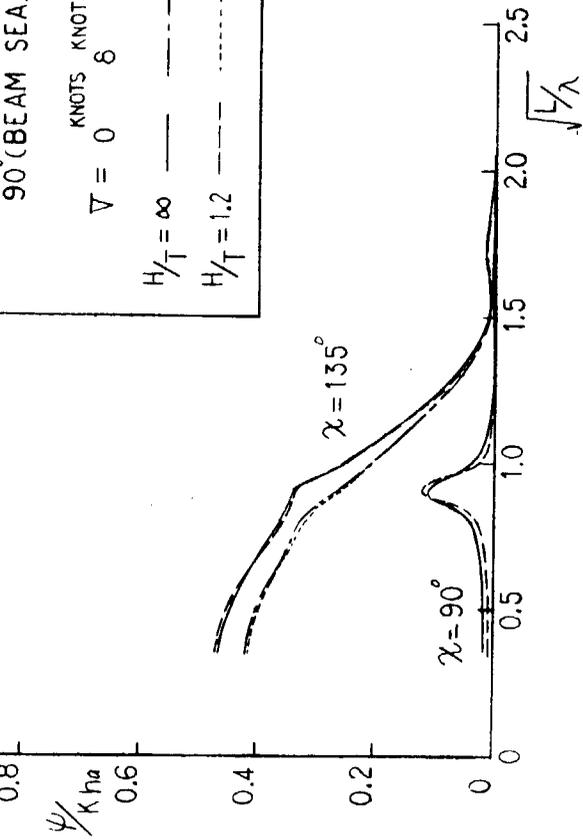
图 3.1.2 Pitching



3.1.4 Swaying

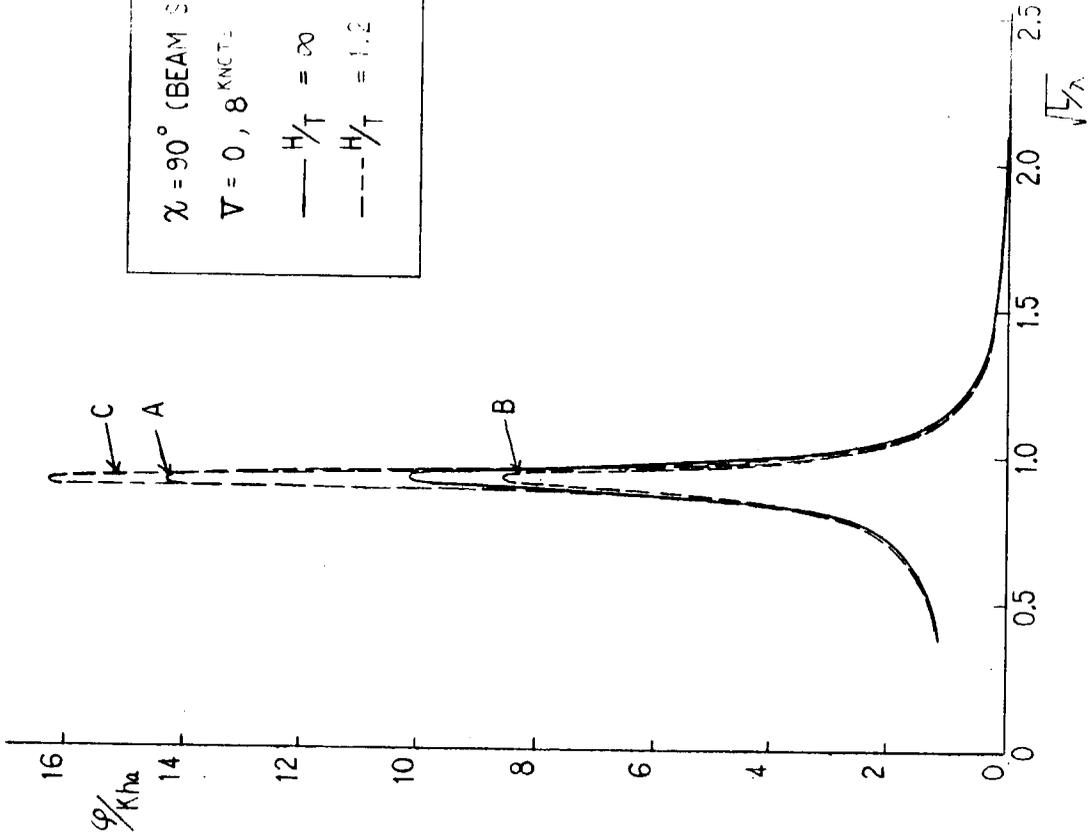


3.1.3 Surging



$\chi = 135^\circ$
 90° (BEAM SEA)
 $V = 0$, 8 KNOTS
 $H/T = \infty$ ———
 $H/T = 1.2$ - - -

3.1.5 Yawing



$\chi = 90^\circ$ (BEAM SEA)
 $V = 0$, 8 KNOTS
 $H/T = \infty$ ———
 $H/T = 1.2$ - - -

3.1.6 Rolling

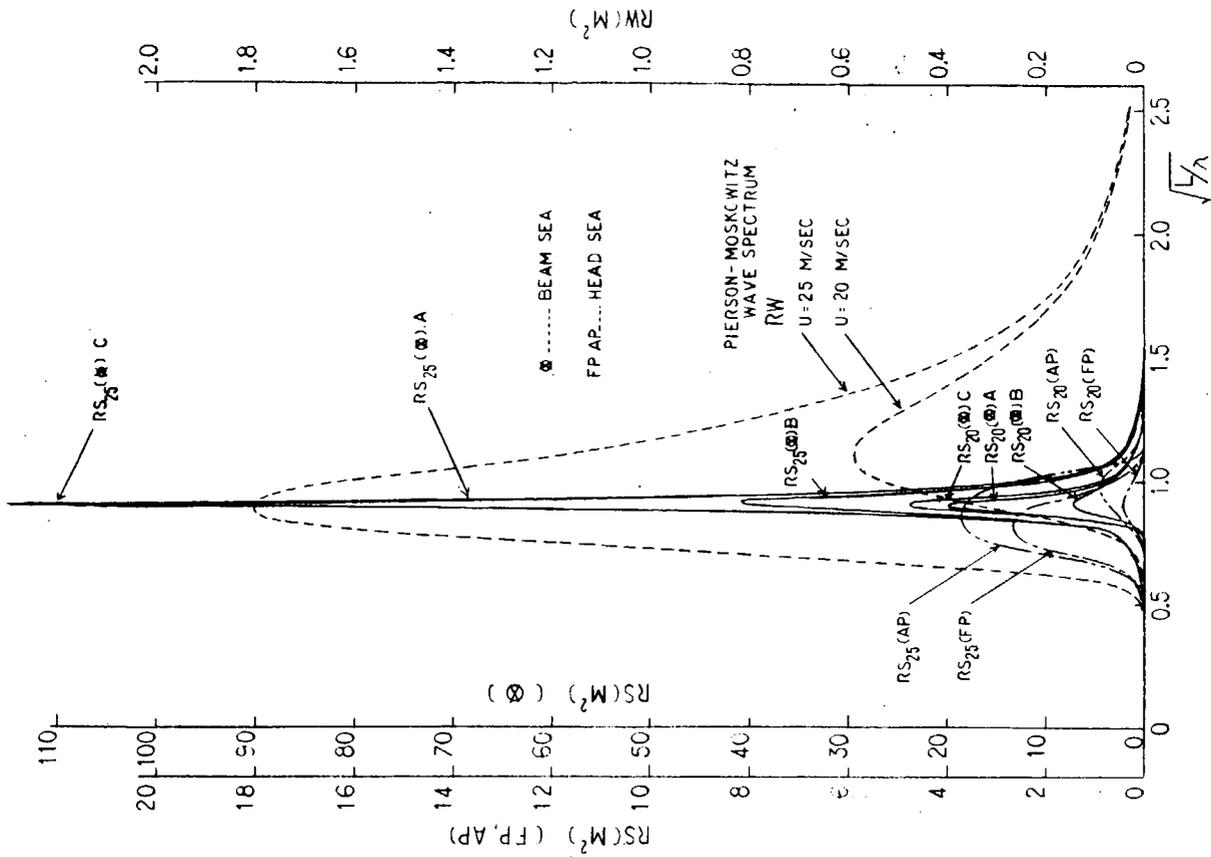


図 3.2.2 波と船体沈下量のスペクトル

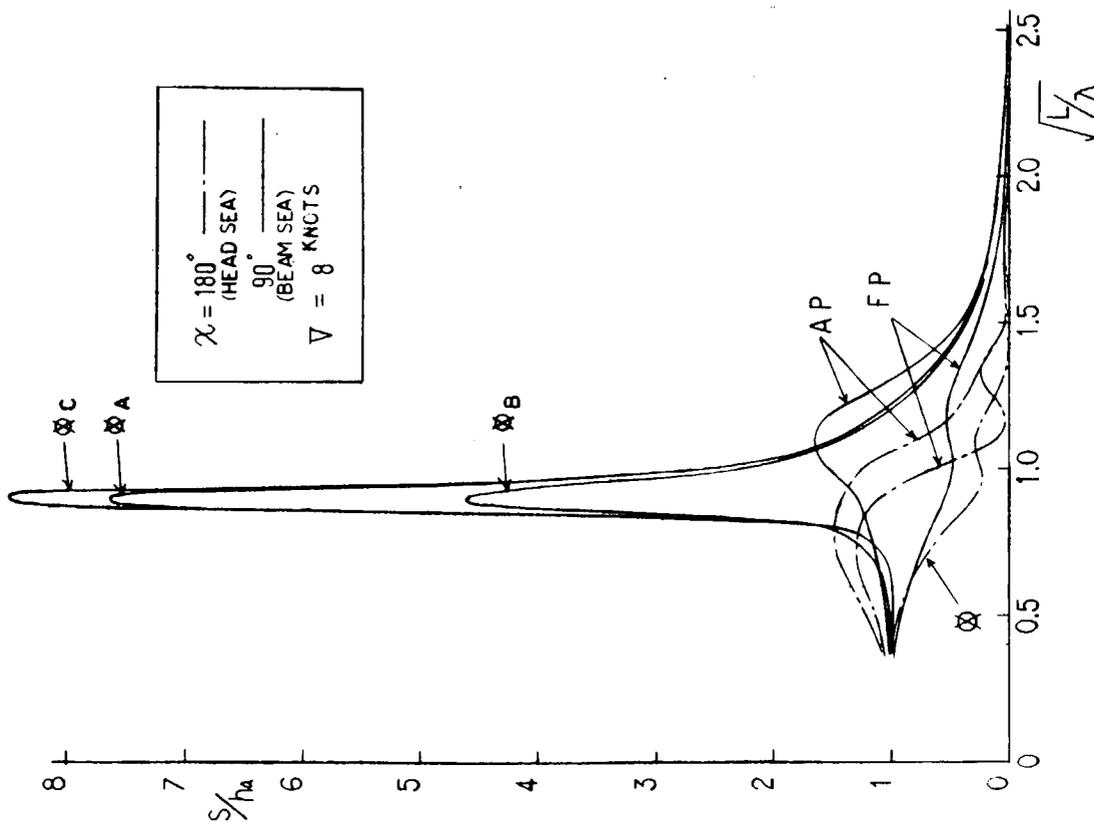


図 3.2.1 波浪中の運動による船体沈下量

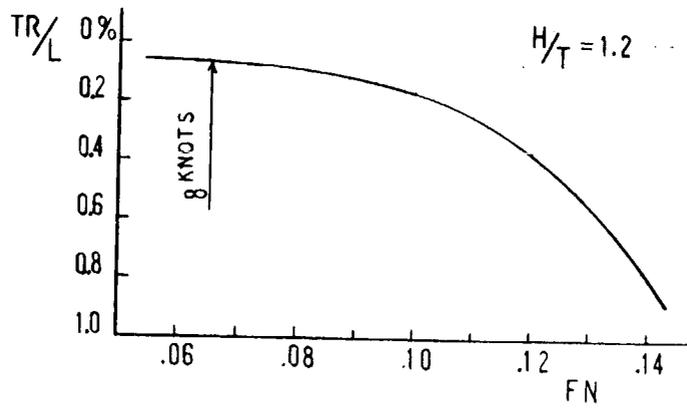


図 3.3.2 平水中航走時のトリム変化

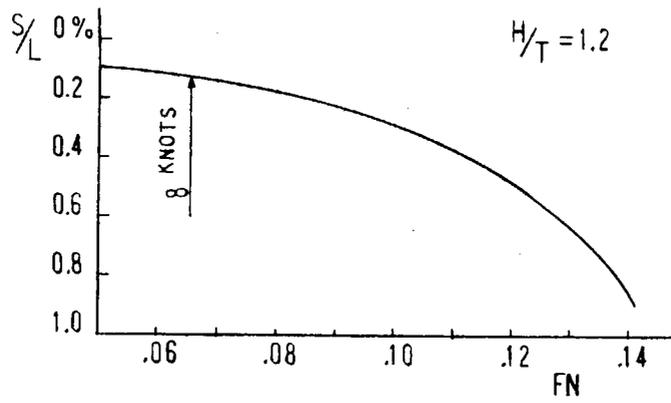


図 3.3.1 平水中航走時の船首沈下

4. 静的係船力計算

4.1 静的係船力計算への取り組み方

4.1.1 静的係船力計算の必要性

従来係船力の計算は専ら静的釣合の条件で行われてきた。ドルフィンにおける係船であっても、船体の運動まで考えて動的な取り扱いをしない限り正しい係船力の算出は出来ない。現在、船舶関係のみならず広く海洋関係においても係留の問題を動的に取扱うことが試みられているが、未だ充分解明されるに至っていない問題が多く、本研究部会においても重要な検討項目となっている。一方、従来の静的計算法は数多くの船に適用された実績から特別な場合を除いては、特に不都合な点も報告されていない。動的計算法を検討するに先立って従来の静的計算法を適用し、多数の実績のある在来船と対比して、巨大船の係留の問題を認識し、係船装置の概略要目などの目安を得ることは重要なことである。この意味において静的計算法による係船力の検討を初年度作業の1つとして取り上げた。

4.1.2 静的係船力計算に取り上げる項目

静的係船力計算に用いる計算式や係数類はSR106（船舶の高度集中制御方式の研究）の一環として開発された電算プログラムに使用されているものによることとする。現在迄にいくつかの計算式や係数が発表されているが、それらの妥当性についての検討は今後の本研究部会の活動にゆずるとして、今回は本邦造船界において比較的多用されているSR106方式によることとし、同時にSR106により開発された電算プログラムを使用出来ることの便を取ることにした。計算は以下の場合につき行なうことにした。

- イ、40万、70万および100万トン型タンカーにつき係船力計算を行ない、大型化の影響を比較の面からとらえる。
- ロ、すでに実績の数多く出ている27万トン型タンカーについても計算を行ない、これに許容出来る外的条件について考察してみる。
- ハ、仮定された外的条件に耐える為に、どの程度の数の係船索が必要になるか算出してみる。
- ニ、100万トンタンカーについては長さ巾比 $L/B=5$ の船型が最有力視されているが、 $L/B=5.5$ 及び0.6の船型についても、主要寸法比の必要索数への影響を見るため計算する。
- ホ、索数が増大すると、多数の索間の張力配分に問題が生じる。船体の前後二箇所のみを錨鎖で繫止する二点係留法が、この問題に対して有効な解答を与えるといわれているので、計算を行なった上考察してみる。

4.2 計算にあたっての仮定及び事前検討

4.2.1 対象船の主要寸法

100万トン及び70万トンの主要寸法はSR152（新構造方式強度計算に関する研究）で採用している値によつた。これらの船はすべてSBT（SEGREGATED BALLAST TANKER）として計画されている。

40万トン型SBTは適当な設計が見当らなかつたので、現在計画されている45万トン型 CONVENTIONAL TANKER をSBTに変更したと想定して主要寸法を定めた。

比較すべき実績船としては、すでに建造実績の多数ある27万トン型 CONVENTIONAL TANKER を採用した。これらに対象船の要目比較表を後述する BALLAST CONDITION の喫水、風圧面積等を含め表4.2.1に示す。

4.2.2 バラスト状態の喫水

27万トン型 CONVENTIONAL TANKER については、通常船主に推奨している、いわゆる NORMAL BALLAST CONDITION における喫水を使用した。

SBTに関しては以下の三条件を満たす最小喫水とした。この喫水では現実のバラスト航走を行なうには無理があるが、IMCOのSEGREGATED BALLASTの要求量を満たす最小の喫水であり、計算結果はSEVERE SIDEに出るのであえて採用した。

表 4.2.1 対象船要目比較表

DW(約mt)		100万	100万	100万	70万	40万	27万
TYPE		SBT	SBT	SBT	SBT	SBT	CONVENT.
L/B		6.0	5.5	5.0	5.0	5.3	5.87
Lbp mld.(m)		495.0	476.0	456.0	404.0	360.4	320.0
B mld. (m)		82.6	86.6	91.1	80.8	68.0	54.5
D mld. (m)		45.9	45.7	45.5	40.3	31.6	27.0
d mld. (m)		33.4	33.4	33.4	29.6	22.5	21.0
Cb		0.84	0.83	0.82	0.82	0.82	0.83
DISP. (mt)		1,178,000	1,173,000	1,168,000	813,000	464,000	312,300
プロペラ数		2	2	2	1	1	1
プロペラ直径(m)		9.5	9.5	9.5	10.3	9.8	9.4
軸心高さ (m)		8.25	8.25	8.25	7.65	6.9	6.0
BALLAST CONDITION	df	10.8	10.0	9.2	7.4	6.6	7.6
	da	13.0	13.0	13.0	12.8	11.8	12.8
	dm	11.9	11.5	11.1	10.1	9.2	10.2
	Cb	0.77	0.76	0.75	0.77	0.77	0.79
ブリッジ前面積 (㎡)		833	833	833	815	706	597
ブリッジ側面積 (㎡)		792	792	792	709	651	713

イ、プロペラは全没水状態であること。

ロ、トリム $\leq 0.015Lbp$ であること。

ハ、平均喫水 $\geq 2+0.02Lbp$ であること。

得られた結果については表 4.2.1 を参照のこと。

4.2.3 船橋の風圧面積

主船体の風圧面積推定式は SR106 の電算プログラムに組み込まれている。{ 4.2.6(1) を参照のこと }

船橋の風圧面積については、40万トン型についてしか図面がないので、70万トン、100万トンについては40万トン型を基礎にして以下の思想で修正して推定した。40万トン型の船橋の側面及び前面図は、図 4.2.1 及び図 4.2.2 を参照のこと。

イ、航海船橋から船首前端への見透し角は約2度30分とする。このため40万トンを基礎に各船型の FORWARD PROFILE を仮定し、この船首高さに対し見透し角約2度30分を確保するよう甲板間高さ及び甲板層数を調整する。

ロ、側面から見た上部構造の長さは船の大きさによっては変化しないとする。

ハ. 前面から見た上部構造の中も船の大きさによっては変化しないとする。但し、ドジャー部の面積には船巾の変化を考慮に入れる。

ニ. L/B 異なる三つの100万トン型に対しては、L/B=5.0の船型についてのみ推定を行ない、L/B=5.5及び0.6の船型にはL/B=5.0の船の上部構造をそのまま乗せる。

このような仮定のもとに計算された船橋風圧面積の内訳を表4.2.2に示す。

表4.2.2 船橋風圧面積の内訳

			100万トン	70万トン	40万トン	
側 面 積	住 居	長さ(m)	14.4	14.4	14.4	
		高さ(m)	3.7 + 6 × 3.0	3.6 + 5 × 3.2	3.4 + 5 × 2.9	
		面積(m ²)	312	282	258	
		長さ(m)	9.9	9.9	9.9	
		高さ(m)	2.7	2.7	2.7	
		面積(m ²)	27	27	27	
	CASING	長さ(m)	16.2	16.2	16.2	
		高さ(m)	18.7	16.4	15.0	
		面積(m ²)	303	266	243	
	煙突面積(m ²)		150	134	123	
	合計側面積 (m ²)			792	709	651
	前 面 積	住 居	巾(m)	33.84	33.84	33.84
			高さ(m)	3.6 + 3 × 3.0	3.6 + 3 × 3.2	3.4 + 3 × 2.9
面積(m ²)			426	447	410	
ドジャー・その他		巾(m)	11.28	11.28	11.28	
		高さ(m)	3 × 3.0 + 2.7	2 × 3.2 + 2.7	2 × 2.9 + 2.7	
		面積(m ²)	132	102	96	
ドジャー・その他(m ²)		275	266	200		
合計前面積 (m ²)			833	815	706	

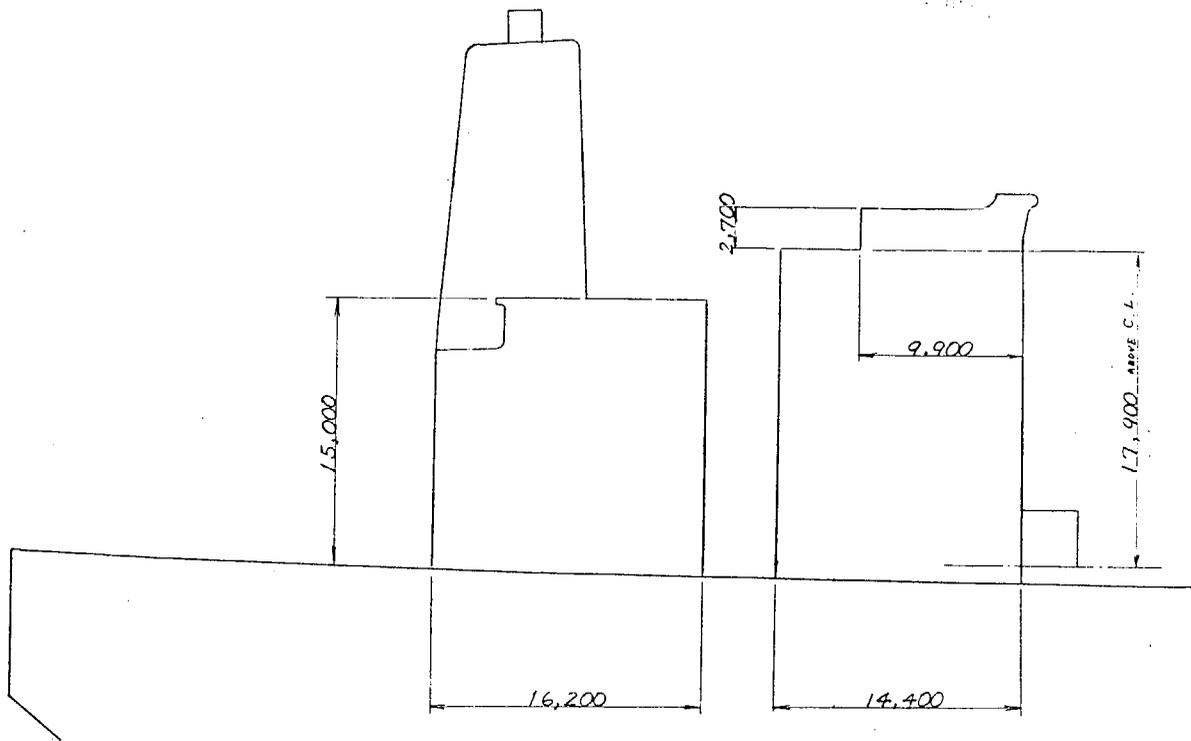


图 4.2.1 40万吨型船橋側面図

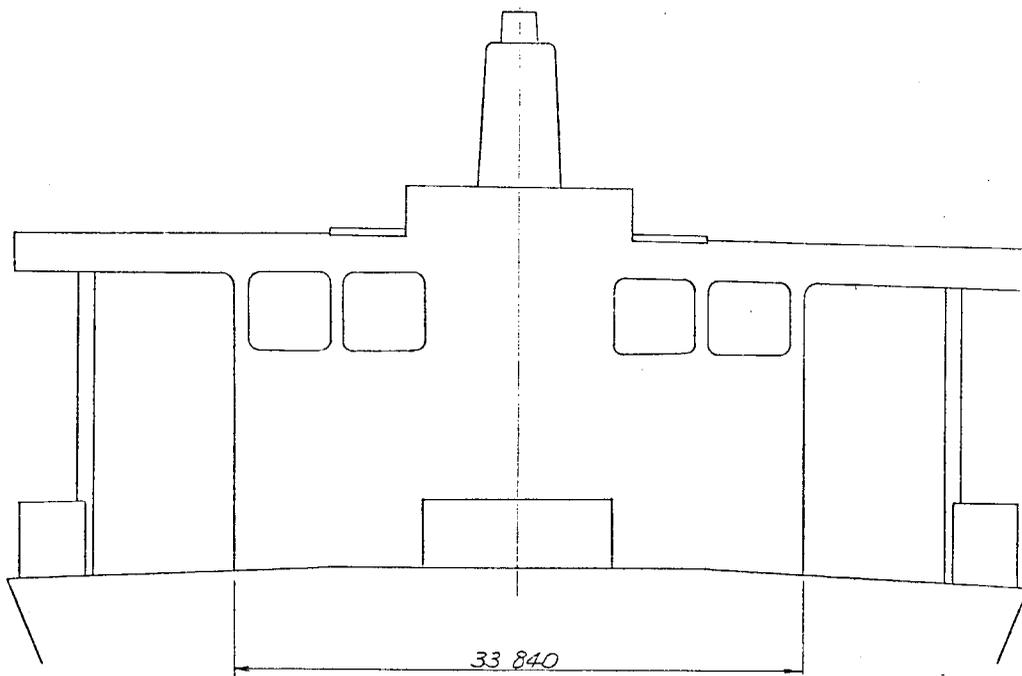


图 4.2.2 40万吨型船橋正面図

4.2.4 係船索配置

係船索に生じる張力の配分は、索の配置によっても相当に変化する。しかしながら過大な VARIATION を制限するため、ある仮定を設けなければならない。現在100万トン級ドルフィンといわれるもので建設中のものもあるが、詳細な資料の入手も容易ではない。

そこで40万トン型を詳細の解っている喜入港4号バースに接岸した場合を図4.2.3の如く想定し、70万トン、100万トンについては主要寸法比で拡大して考えた。拡大するに当たっての仮定の主なものを下記する。

- イ. 索はとりあえず、HEAD, BREAST(FORE), SPRING(FORE), SPRING(AFT), BREAST(AFT), STERN の6グループにまとめて考える。
- ロ. 索の水平面投影長さは40万トン型のそれを L_{bp} の比で延長する。
- ハ. 甲板上索長さは HEAD 及び STERN については船の大きさに関係なく10mと固定するが、それ以外の索についてはBの比で延長する。
- ニ. 舷側金物のドルフィンピット上の高さは、ドルフィンの水面上高さを4mに固定し、船の乾舷に応じて変える。

40万トンの索配置に関する DATA 及び上記仮定に基づき算出された70万トン ($L/B=5$), 100万トン ($L/B=5$) の DATA を下記する。

表 4.2.3 係船索配置データ表

			HEAD	BREAST (FORE)	SPRING (FORE)	SPRING (AFT)	BREAST (AFT)	STERN	
40万トン型	舷側金物	MIDSHIP からの距離	189 m	144.5	113	101	152.3	189	
		中心線からの距離	0 m	30.4	34	33.9	25.1	0	
		BASE LINE 上高さ	36.8m	32.7	31.6	31.6	32.0	32.8	
		ドルフィンピット上の高さ	満載	10.4m	6.7	5.6	5.6	6.0	6.4
			バラスト	26.4m	22.1	20.6	17.5	17.1	17.0
	索	中心線船首方向からの角度	58 度	77.2	169.3	15.8	96.2	122	
		水平面投影長さ	115 m	70.3	49.2	37.2	79.3	115	
		甲板上長さ	10 m	19.1	22.7	22.6	13.8	10	
		種類	NYLON	SWR	SWR	SWR	SWR	NYLON	
	70万トン型($L/B=5$)	舷側金物	MIDSHIP からの距離	212	162	126.7	113.2	170.7	212
中心線からの距離			0	35.2	40.4	39.8	29.3	0	
BASE LINE 上高さ			44.7	40.5	40.3	40.3	40.8	41.9	
ドルフィンピット上の高さ			満載	11.2	7.4	7.2	7.2	7.7	8.4
			バラスト	33.5	29.1	28.4	25.2	24.9	25.1
索		中心線船首方向からの角度	58	77.2	169.3	15.8	96.2	122	
		水平面投影長さ	129	78.8	55.2	41.7	88.9	129	
		甲板上長さ	10	22.7	27.0	26.8	16.4	10	
		種類	NYLON	SWR	SWR	SWR	SWR	NYLON	
100万トン型($L/B=5$)		舷側金物	MIDSHIP からの距離	239	182.8	142.9	127.8	192.7	239
	中心線からの距離		0	36.2	44.4	45.6	30.2	0	
	BASE LINE 上高さ		50.7	45.9	45.5	45.5	46.1	47.3	
	ドルフィンピット上の高さ		満載	13.4	9.0	8.6	8.6	9.2	10.0
			バラスト	37.7	32.8	32.1	29.8	29.9	30.3
	索	中心線船首方向からの角度	58	77.2	169.3	15.8	96.2	122	
		水平面投影長さ	146	88.9	62.2	47.1	100.3	146	
		甲板上長さ	10	25.6	30.4	30.3	18.5	10	
		種類	NYLON	SWR	SWR	SWR	SWR	NYLON	

対象船型 400,000 DWT S.B. TANKER
 LBP × BMD × DMD × d --- 360.4 × 68.0 × 31.6 × 22.5

本線はクルーデンプットの為代表した仮定線

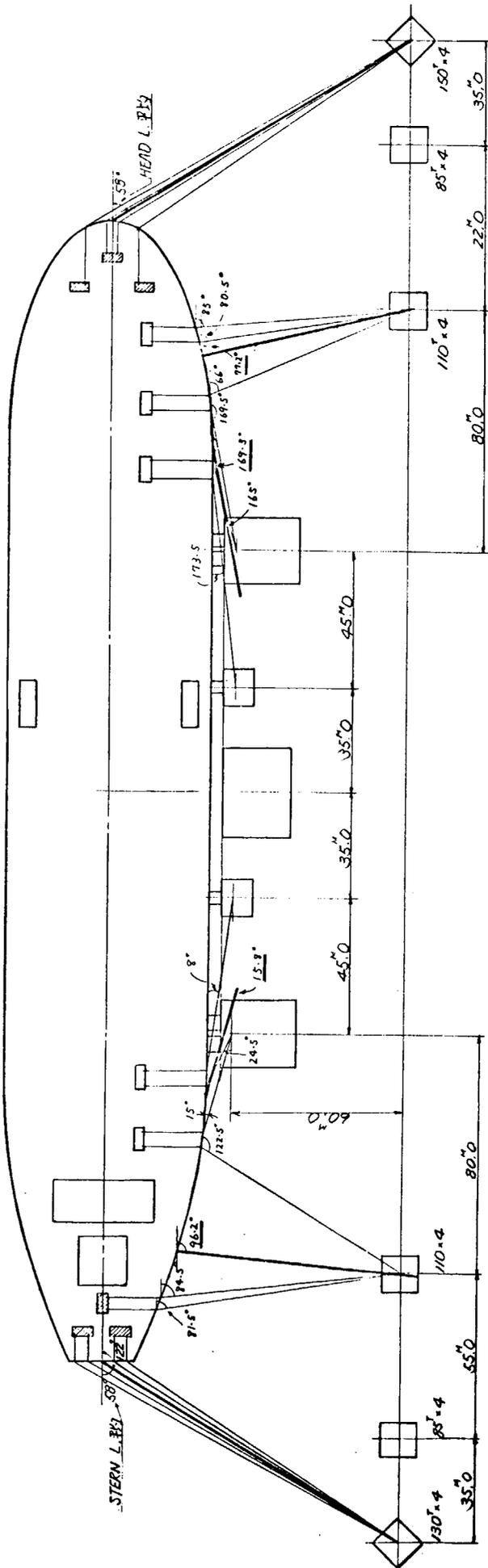


図 4.2.3 40万トン型の喜入港4号パスにおける係船図

4.2.5 索に関するデータ

(1) 鋼 索

本検討に使用した鋼索のデータを表 4.2.4 に示す。

表 4.2.4 鋼索の要目表

ロープの種類		ロープの径 (mm)	断 面 積 (mm ²)	切 断 荷 重 (t)	標 準 重 量 (kg/m)
6×37 (JIS6号)	メッキ種	38	567	72.1	5.19
	A 種	38	567	78.1	5.19
		40	629	86.6	5.75
6×Fi(29) (JIS13号)		38	731	93.6	6.36
		40	810	104	7.04
IWRC A 種		50	1,270	162	11.0
		60	1,850	233	15.8

東京製鋼K.K.の試験によれば、鋼索のヤング率は表 4.2.5 の如くである。

表 4.2.5 鋼索のヤング率

ロープの種類	ロープの径 (mm)	ヤング率(kg/mm ²)	
		新 品	40%破断 にて30分 プリテンシ ョン後
6×37	40	5,800	9,500
	40	5,750	9,100
6×Fi(29)	24	7,750	11,200
IWRC	48	6,700	10,850

上表の如く IWRCの方がヤング率が高いが、製作条件などによっても左右されるということなので、本検討ではロープの構造に関係なく10,000kg/mm²と取った。

SHELL INTERNATIONAL MARINEによれば、型くずれの起きにくいIWRCは切断荷重の60%迄使用しても差支えないとしている。しかし、本検討では安全側をとることも考え、造船機装設計基準JSDS-4“大型船の係船装置計画指針”に従い安全率2.5として検討することにした。

(2) 織 維 索

鋼索と併用した場合の織維索は係船力に対する寄与率が低いのであまり種類を多用せず二種の直径のナイロン索のみとした。

表 4.2.6 繊維索の要目表

ロープの径 (mm)	切断荷重 (t)	重量 (kg/200m)	備考
75	92.0	71.8	27万トン用
80	105.0	80.2	その他用

繊維索の伸び率は4.2.6(3)に述べる如くSR106のプログラムで仮定しているの、それをそのまま使用する。

索の安全率は4.2.5(1)に述べたと同じくJSDS-4により、安全率3.8として検討することにした。

4.2.6 計算式及びOUTPUTの読み方

今回の計算はSR106で開発された電算プログラムによって行なったので、以下にこのプログラム中に使用されている計算式及び係数類を紹介しておく。

(1) 風圧抵抗

$$R_a = \frac{\delta \cdot C_a \cdot V_a^2 (A_f \cos^2 \varphi_a + A_s \sin^2 \varphi_a)}{2.000} \quad (\text{ton}) \quad \dots \quad (4.2.1)$$

$$A_f = B \times (D - d) + A_{fb} \quad (m^2) \quad \dots \quad (4.2.2)$$

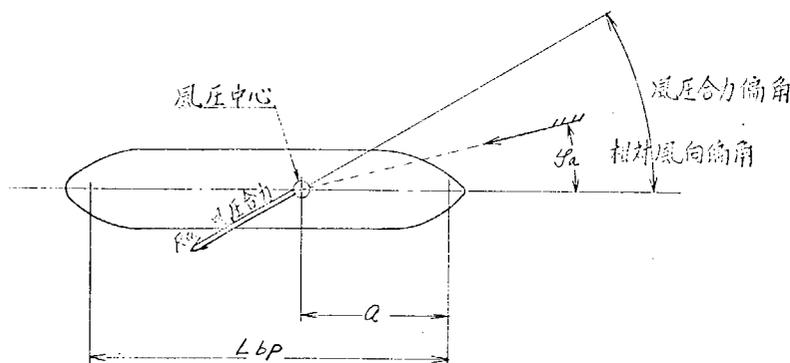
$$A_s = A_{sb} + 1.05 L_s \times (D - d) \quad (m^2) \quad \dots \quad (4.2.3)$$

ここに

- Ls 船の垂線間長 (m)
- B 船巾 (m)
- D 船の深さ (m)
- d 船の喫水 (m)
- Afb 船楼及び甲板室の正面投影面積 (m²)
- Asb 船楼及び甲板室の側面投影面積 (m²)
- δ 空気の密度, 0.1225 kg・sec²/m³ に固定
- Ca 風圧合力係数, 後述する。
- Va 風速 (m/sec)
- φa 相対風向偏角 (deg)

風圧合力係数 Ca は船研山内の「船尾船橋超大型船の風圧力測定実験」の結果により、表4.2.7の如く取っている。

風圧合力偏角及び風圧中心距離比も同一実験により表4.2.7に示す如く取っている。



$$a/L_{bp} = \text{風圧中心距離比}$$

図 4.2.4 風に関する記号

表 4.2.7 風 圧 力 デ ー タ

風向偏角 (度)	満 載 状 態 風 圧 の			バ ラ ス ト 状 態 風 圧 の		
	合 力 偏 角	合 力 係 数	中 心 距 離 比	合 力 偏 角	合 力 係 数	中 心 距 離 比
0	0	1.065	0.00	0	0.82	0.00
5	5	1.030	0.20	17	0.79	0.28
10	10	1.020	0.33	31	0.84	0.33
15	20	1.015	0.38	46	0.925	0.355
20	37	1.010	0.405	55	1.01	0.37
25	47	1.010	0.43	63	1.10	0.385
30	51	1.005	0.45	67	1.155	0.40
35	56	0.995	0.47	71	1.175	0.415
40	60	0.988	0.48	73.7	1.18	0.425
45	64	0.982	0.485	76.3	1.165	0.435
50	68	0.975	0.495	78.6	1.13	0.44
55	70.5	0.973	0.502	80.5	1.105	0.45
60	74	0.969	0.51	82	1.065	0.46
65	77	0.966	0.517	83.5	1.045	0.47
70	80	0.962	0.525	85	1.025	0.48
75	83.5	0.958	0.535	86.5	1.005	0.495
80	86	0.955	0.545	87.5	0.99	0.505
85	88	0.952	0.552	88.5	0.985	0.52
90	90	0.950	0.56	90	0.98	0.53
95	92.5	0.950	0.57	90.5	0.975	0.535
100	95	0.950	0.582	91	0.97	0.545
105	98	0.955	0.595	91.5	0.97	0.55
110	101	0.960	0.61	92.5	0.97	0.57
115	104	0.975	0.63	94.2	0.975	0.585
120	107	1.000	0.65	95.8	0.98	0.60
125	110.5	1.025	0.665	97.5	0.995	0.615
130	114	1.060	0.68	99.5	1.01	0.63
135	118.5	1.095	0.697	102	1.035	0.645
140	123	1.150	0.715	104	1.06	0.665
145	128.5	1.210	0.735	106.5	1.085	0.685
150	134	1.250	0.76	110.5	1.125	0.695
155	139.5	1.265	0.785	115	1.135	0.71
160	145	1.260	0.82	124	1.11	0.72
165	151.5	1.230	0.835	132.5	1.04	0.73
170	158	1.130	0.825	145	0.875	0.735
175	165	1.000	0.815	157	0.72	0.73
180	180	0.985	0.80	180	0.585	0.72

(2) 潮流抵抗

イ. 縦潮流抵抗

$$R_w = \frac{0.1212 A_{ws} \cdot V_{wp} (|V_{wp}| + 0.33)}{1,000} \text{ (ton)} \dots\dots\dots (4.2.4)$$

$$V_{wp} = V_w \cos \beta \dots\dots\dots (4.2.5)$$

$$A_{ws} = (1.7d + C_b \cdot B) L_s \dots\dots\dots (4.2.6)$$

ここに

V_w 潮流速 (m/sec)

β 相対潮流方向偏角 (deg)

A_{ws} 浸水面積 (㎡)

C_b 方形係数

これ以外の記号は(1)のものと同じ

ロ. 横潮流抵抗

$$R_v = \frac{7.32 A_v \cdot V_{wn}^2}{1,000} \text{ (ton)} \dots\dots\dots (4.2.7)$$

$$V_{wn} = V_w \sin \beta \dots\dots\dots (4.2.8)$$

$$A_v = 1.05 L_s \cdot d \dots\dots\dots (4.2.9)$$

ここに

A_v 水線下側面投影面積 (㎡)

これ以外の記号は(1)及び(2)イのものと同じ

ハ. 推進器抵抗

$$R_p = \frac{2.64 D_p^2 \cdot V_{wp} \cdot |V_{wp}| \cdot n}{1,000} \text{ (ton)} \dots\dots\dots (4.2.10)$$

ここに

D_p プロペラの直径 (m)

n プロペラの数

これ以外の記号は(2)ロと同じ

(3) 繊維索の伸び率

ヤング率×断面積の値 EA を下式あらわして使用している。

$$EA = \frac{8 T_{max}}{\log_e \left(\frac{T_{max}}{C} \right)} \text{ (ton)} \dots\dots\dots (4.2.11)$$

$$C = \frac{d^{1.8}}{1,620} \dots\dots\dots (4.2.12)$$

ここに

d 索の直径 (mm)

T_{max} 索の最大使用荷重; (ton)

INPUTされた破断荷重に取る。

(4) OUTPUT の読み方

以後計算の INPUT 及び OUTPUT を挿入している部分では以下によりその内容を読むこと。

INPUTされたDATA:(明白な記号は除く)

- イ. VW 潮流速 (m/sec)
- ロ. TANGI 潮の方向と船体中心とのなす角度(船首側から取る) (deg)
- ハ. VWP 潮流速の前後方向成分 (m/sec)
- ニ. VWN 潮流速の真横方向成分 (m/sec)
- イ, ロ若しくはハ, ニの組合わせでINPUTする。
- ホ. XMAX 前後方向許容移動量 (m)
- ヘ. YMAX 横方向許容移動量 (m)
- ト. ANGMX 許容回頭角 (rad)
- チ. LCF 船の中央から船首側ドルフィン反力点迄の距離 (m)
- リ. LCA 船の中央から船尾側ドルフィン反力点迄の距離 (m)
- ヌ. ROPE NAME
- HEAD HEAD LINE(S)
- BR F or A BREAST LINE(S), FORE or AFT
- SP F or A SPRING LINE(S), FORE or AFT
- STRN STERN LINE(S)
- ル. FROM MID 船内着力端のMIDSHIPからの距離 (m)
- エ. FROM C.L. 船内着力端のCENTER LINEからの距離 (m)
- ワ. HEIGHT 船内着力端のドルフィンピットからの高さ (m)
- カ. LEN DROJ 船外索の水平面投影長さ (m)
- コ. LENG. DECK 船内の索の長さ (m)
- ク. INITIAL-TEN ... 索の初期張力
- MIN. 最小初期張力 (t)
- DIFF. 張力が制限値を超えた時, 初期張力を上げていくピッチ (t)
- MAX. 許容最大張力, 一般には 破断荷重/S.F. であるべきだが, 張力がMAX.を超えると初期張力が自動的に上がってしまうので, この防止のため大きな値を入れることがある。 (t)
- ケ. ROPE KIND
- FR 繊維索
- SWR 鋼索
- ツ. ROPE NO. 同時に4ケースまで計算出来るよう4通りの組み合わせがINPUT出来る。
- ヅ. ANGLE 索の船体中心とのなす角。船首側から取る。2通りの組み合わせがINPUT出来る。
- ネ. DIA. 索の直径 (mm)
- ナ. BREAK TEN 索の破断荷重 (t)
- エ. ROPE-AREA 鋼索の素線合計断面積 (cm²)
- ム. YOUNG 索のヤング率, 繊維索でINPUTなき時は4.2.6(3)によって計算される。(t/cm²)

OUTPUTされたDATA(明白な記号は除く)

- イ. WIND ANG 風向と船体中心線とのなす角度。船首側から取る。 (deg)
- ロ. DX 船体の前後方向移動量 (m)
- ハ. DY 船体の横方向移動量 (m)

- ニ、AMP 船体の回頭角 (rad)
- ホ、R ドルフィンからの反力 (t)
- ヘ、RANG 索の船体中心線 R のなす角度 (deg)
- ト、INI . TEN 無外力時の索の初期張力 (t)

4.2.7 潮流及び風

(1) 潮流

4.2.6(2)に示す如きSR106の計算式によれば、潮流抵抗は潮が船の真横方向から前へ又は後へ偏角をもっても、前後対称となる。しかも縦潮流抵抗及び推進器抵抗に比して横潮流抵抗が極端に大きい。これを極座標グラフに示してみると図4.2.6から4.2.8の如くなる。

これらの図の読み方は下図4.2.5のようになる。

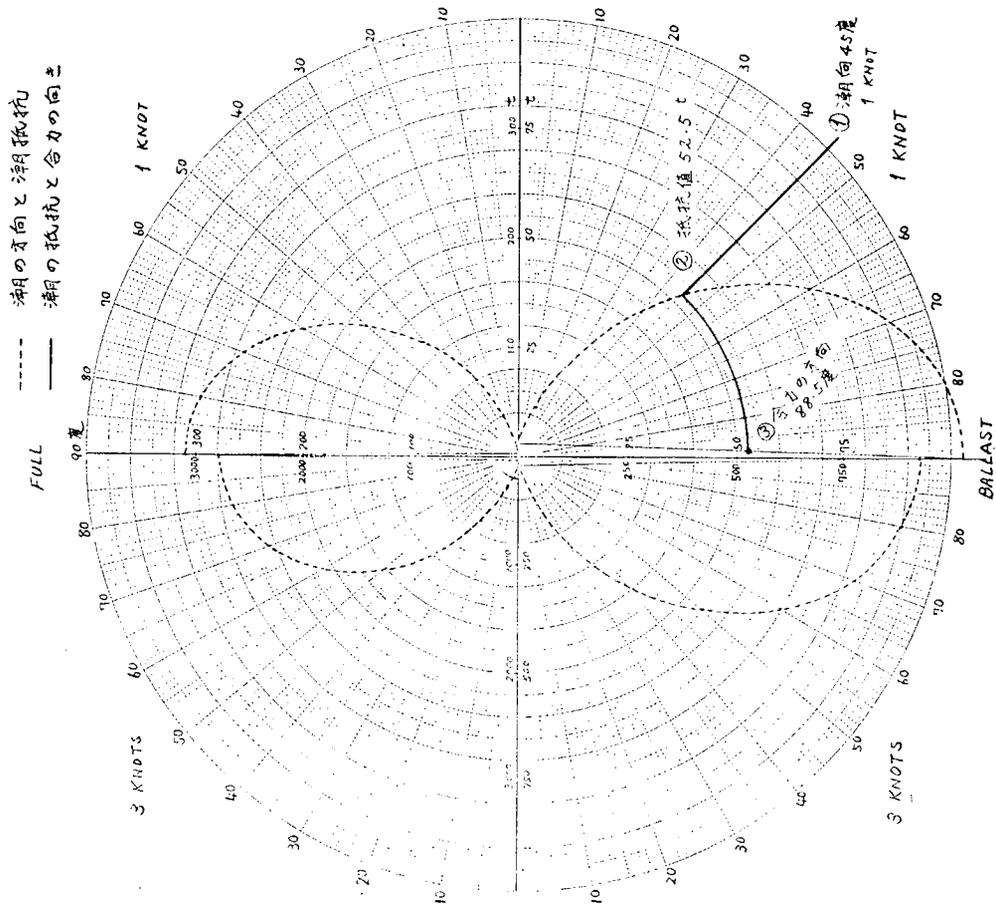


図 4.2.5 潮流抵抗ベクトル図の読み方

----- 潮の方向と潮抵抗
 FULL ----- 潮の抵抗と合力の向き

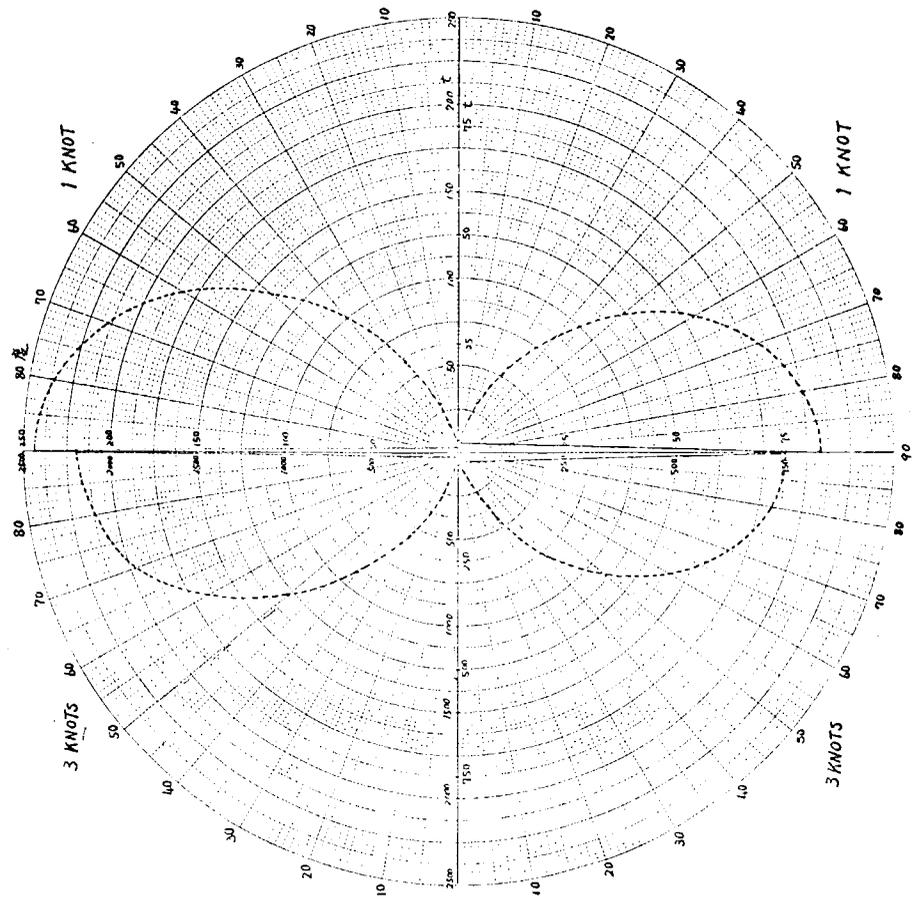


図 4.2.7 7.0 万吨型潮流抵抗ベクトル図
 BALLAST

----- 潮の方向と潮抵抗
 FULL ----- 潮の抵抗と合力の向き

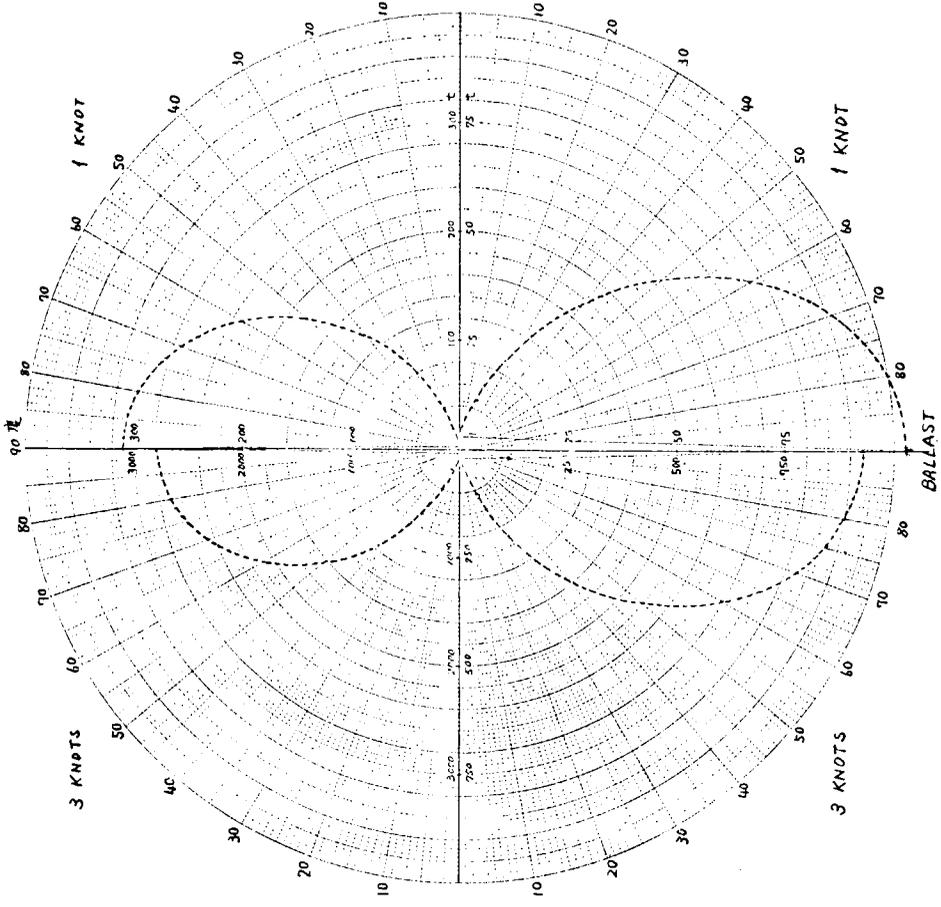


図 4.2.6 10.0 万吨型潮流抵抗ベクトル図
 BALLAST

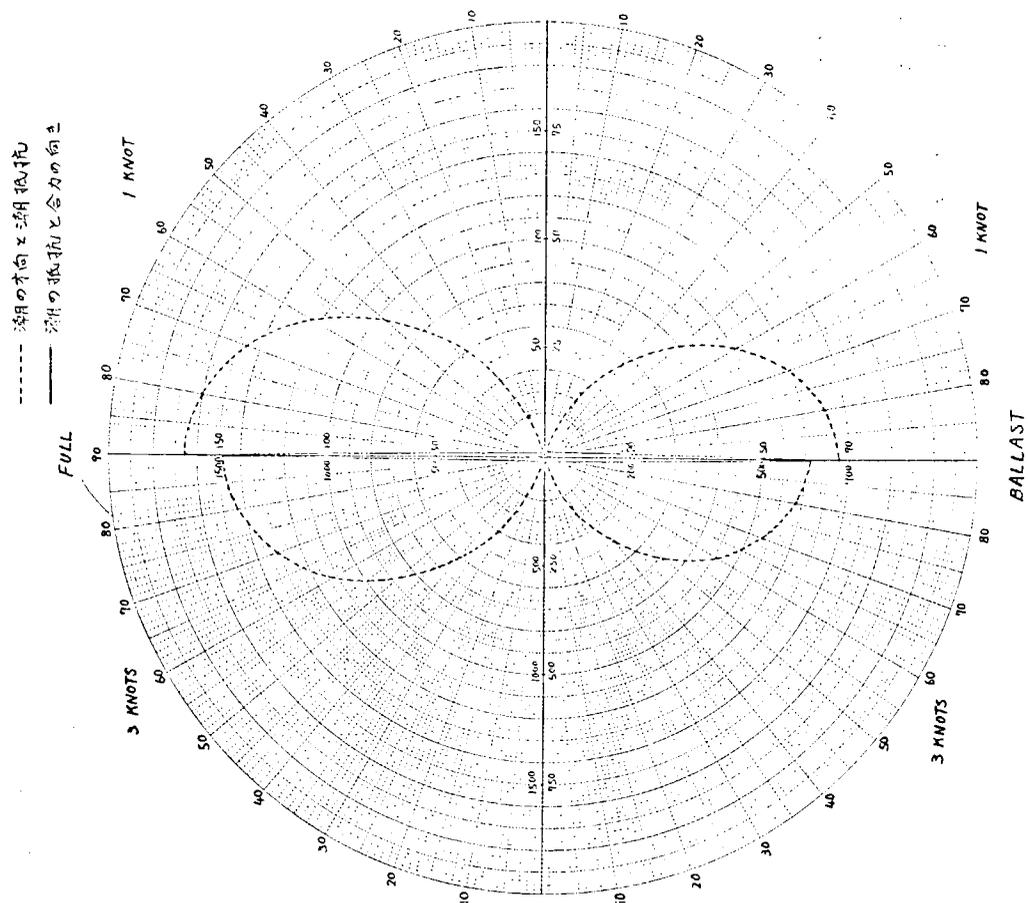


図 4.2.8 40万トン型潮流抵抗ベクトル図

図 4.2.6 から 4.2.8 迄により次の事が言える。

- イ. 潮流抵抗のベクトルは真横方向に非常に大きい。
- ロ. 例えば図 4.2.6 の BALLAST 状態で読んで見ると、1 節真横の潮に対する抵抗ベクトルは 102.9 ton 90 度である。一方、3 節用カーブの上で約 103 ton のベクトルは約 77.5 度の向きであり、これを生じさせる潮向は約 19.5 度となる。今、 19.5 度方向 3 節の潮の真横速度成分は 1 節となる。

このことから潮はその船体の直角方向を向く成分を考慮すれば、大体正しい結果を与えると言える。

これらを考慮し、さらに潮の向きと風の向きのあらゆる組み合わせについて係船力の計算をしたのでは得られるデータが多過ぎて、整理考察がかえって困難になることも考慮し、潮の向きは船体の真横方向から来る場合のみ計算検討することにした。

潮流速については、特に潮流抵抗が大きい満載状態につき船底と海底との間隙が少ないことによる浅水影響なども考慮して決めるべきではある。しかしながら浅水影響に対する現存するデータが信頼し得るものであるとも言いきれないし、また横流抵抗算出式 (4.2.7) は、細長甲板に対する計算式であり、実際の船体に対する抵抗より大きい値を与えるかも知れない。これらの問題は SR155 の今後の活動にゆずる事とし、今回の静的計算は式 (4.2.7) により行なりこととした。

計算に用いる潮流速については、4 節にも及ぶ値も考慮すべきではないかとの意見もあった。しかしながらドルフィンを建設する場合は、極力潮方向に並行に作るべきであるし、又、そうしてもらわなければ超大型船のドルフィン係船は不可能になってしまう。とはいえ潮方向に並行に作ったつものドルフィンでも風向・季節等の変化により方向が偏るかも知れない。そこで大胆に潮流速 3 節これが約 20 度偏ったと考え、船体真横から 1 節の潮が来るものとし

て計算を進めることにした。

なお、この真横から1節という潮は、調査小委員会の調査結果からもほぼ妥当であろうと認められた。

(2) 風

本計算実験小委員会では、当初造船設計委員会第二分科会の資料(JSDS-4)に基づき、係留中の平均風速を15m/secと取り、これに突風率1.5を乗じ瞬間最大風速22.5m/secとし、これが長時間持続するものと考えて計算を進めることにしていた。その後の調査小委員会の調査結果から判断しても、風速22.5m/secはほぼ妥当であろうと思われる。

風向について図4.2.5と同じような整理を行なってみると図4.2.9から4.2.11の如くなる。これらの図から解るように、風については潮についての鋭いベクトルの方向性はないので、検討にあたっては風向を0度から180度迄変化させることにした。

なお、図4.2.9から4.2.11は風速20m/secについて画かれているが、式4.2.1に記載されているように風圧抵抗は風速の自乗に比例するので、いかなる風速に対してもこれらの図から読んで修正して使うことができる。

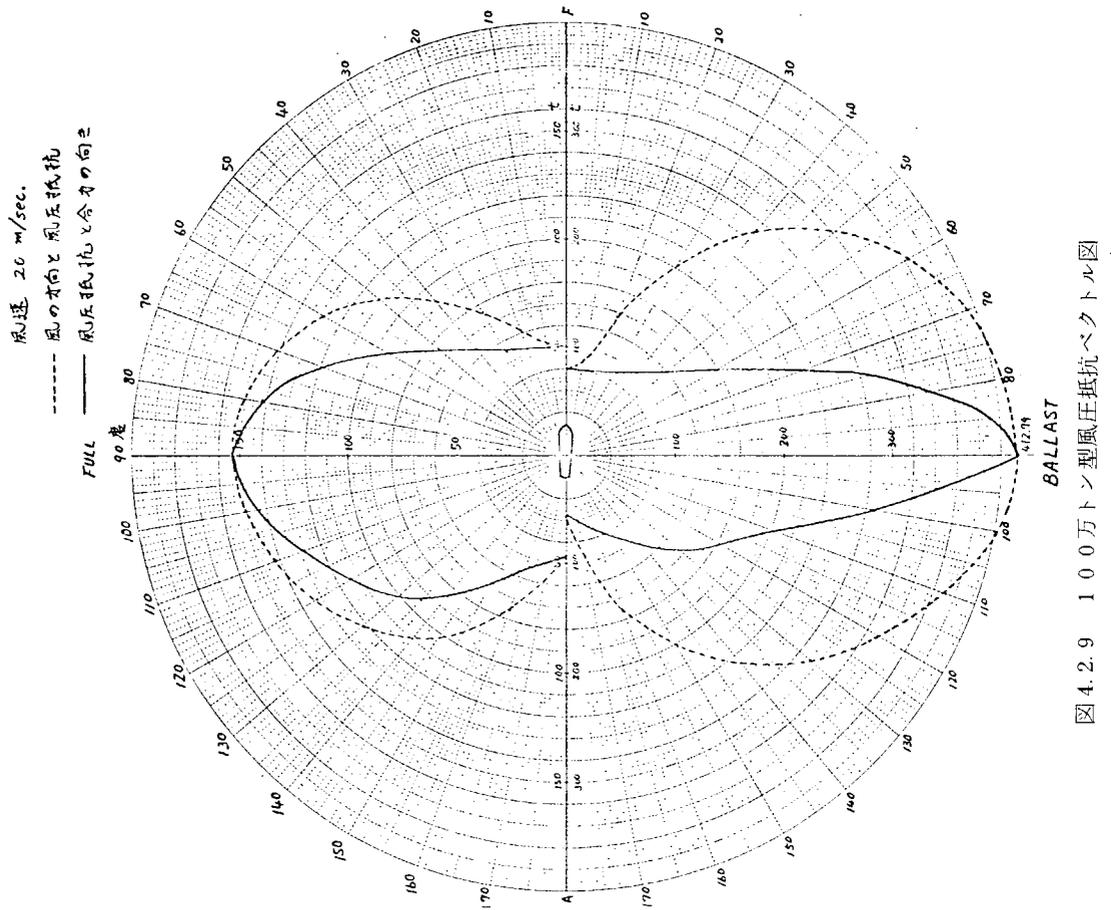
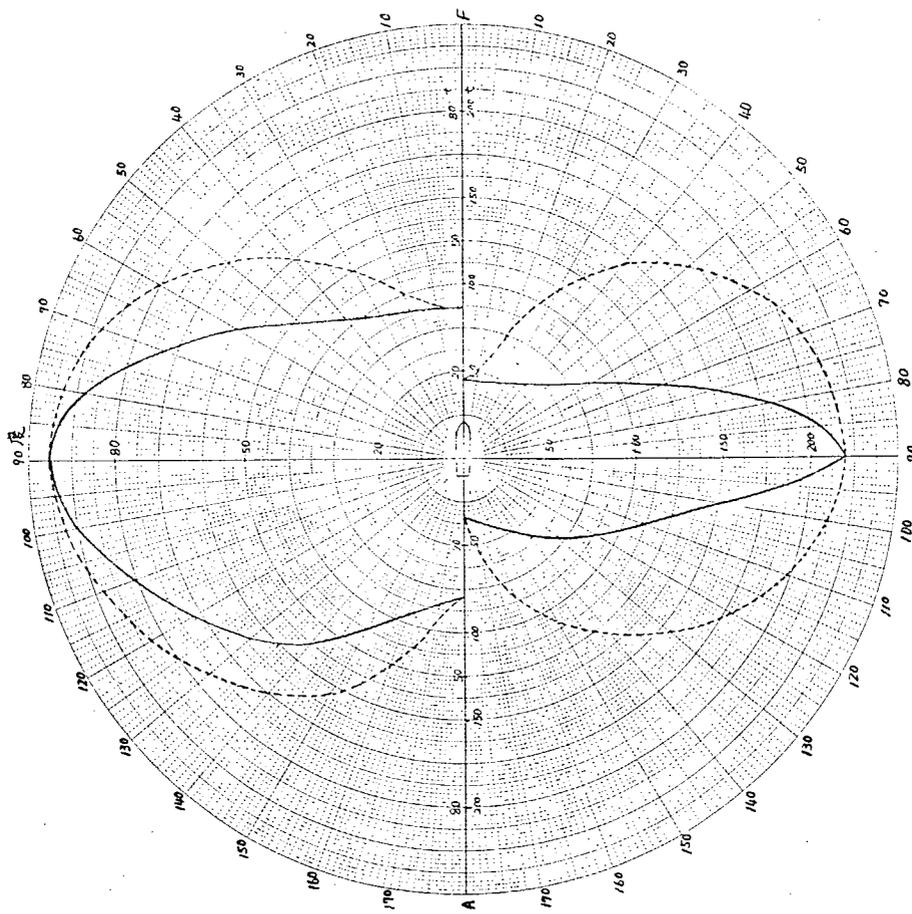


図4.2.9 100トン型風圧抵抗ベクトル図

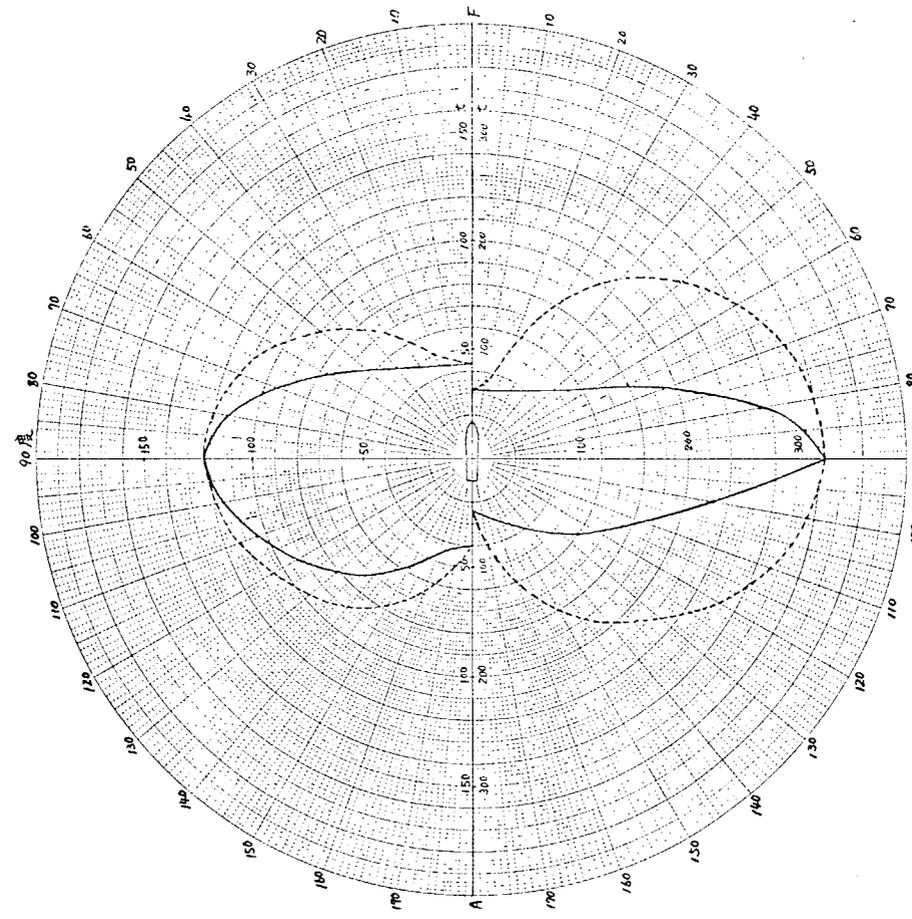
風速 20 m/sec.
 ----- 風の方向と風圧抵抗
 FULL ——— 風圧抵抗と合力の向き



BALLAST

図 4.2.11 40万トン型風圧抵抗ベクトル図

風速 20 m/sec.
 ----- 風の方向と風圧抵抗
 FULL ——— 風圧抵抗と合力の向き



BALLAST

図 4.2.10 70万トン型風圧抵抗ベクトル図

(3) 27万トン型についての潮と風の検討

(1)及び(2)にて潮を1節真横, 風を22.5m/s, あらゆる方向と一応仮定したが, この条件が, 実績ある27万トン型に対しても妥当な条件であれば, 70万から100万トン型に対してもほぼ妥当な条件であると言うことが出来よう。そこで, 次のような計算を行なった。

(a) 計算を行なった状態

- イ. 船の状態 ; 満載, NORMAL BALLAST
- ロ. 風 ; 22.5m/sec, 0度から180度, 5度おき
- ハ. 潮 ; 1.5, 1.0, 0.5節真横から及び0節
- ニ. 索及び索取り; 京葉シーバスへの係留を取り上げ, 図4.2.12の如き索取りを考え, 表4.2.8の如く INPUT している。
; 繊維索は75mm径ナイロン, 鋼索は38mm径6×37メッキ種とする。

表4.2.8 27万トン型索及び索取り INPUT DATA

ROPE NAME	FROM MID	FROM C. L.	HEIGHT		LEN. PROJ.	LENG. DECK	ROPE KIND
			FULL	BALLAST			
HEAD	-166.0	.0	1.1	14.5	96.0	.4	FR
BR F	-120.0	25.5	1.1	14.1	34.0	.8	SWR
SP F	-92.0	27.3	3.6	14.4	36.0	.8	SWR
SP A	67.0	27.3	3.6	14.4	40.0	.8	SWR
BR A	114.0	25.5	1.1	14.1	24.0	.8	SWR
STRN	168.0	.0	1.1	9.3	72.0	.4	FR

(b) 計算結果及び評価

OUTPUT のうち1.0節の場合のみ表4.2.9及び4.2.10として添付する。

これらのOUTPUT から潮流速と最大索張力との関係をグラフに整理すると図4.2.13を得る。今, 使用索の破断荷重を7.21t, 安全率を2.5として許容最大荷重を2.88tと取れば, 許容潮流速は約0.5節となる。

今回の計算に使用した27万トン型の索配置では, 後部 SPRING LINES の負担が軽く, 必ずしもビットの配置に合致した効率の良いものとはなっていない。これを裏がえして言えば27万トン型ももっと効率の高い索取りの出来るバスに行くか, 係船装置の配置をビットの配置に適したものに変えれば, もう少し高い潮流速に耐えられるようになると言えよう。

そこで, 今後の検討に潮流速1節を取ることはやや厳しいが, ほぼ妥当であろうと結論付けた。

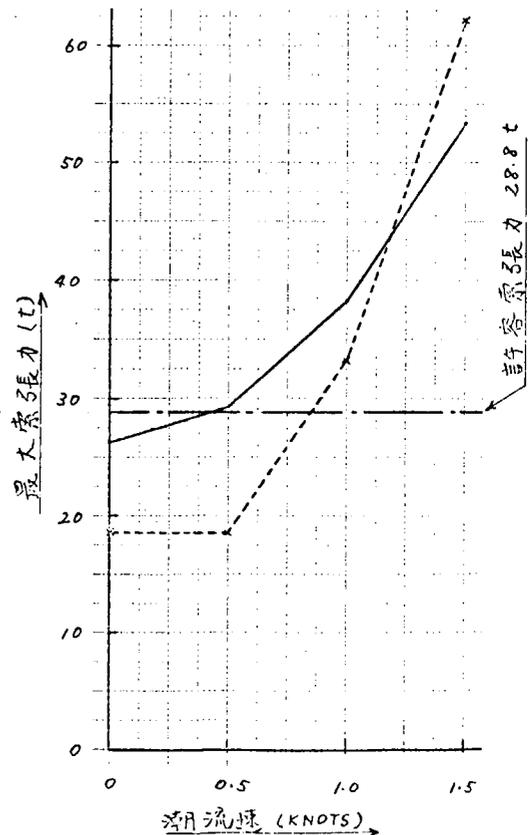


図4.2.13 潮流と最大索張力

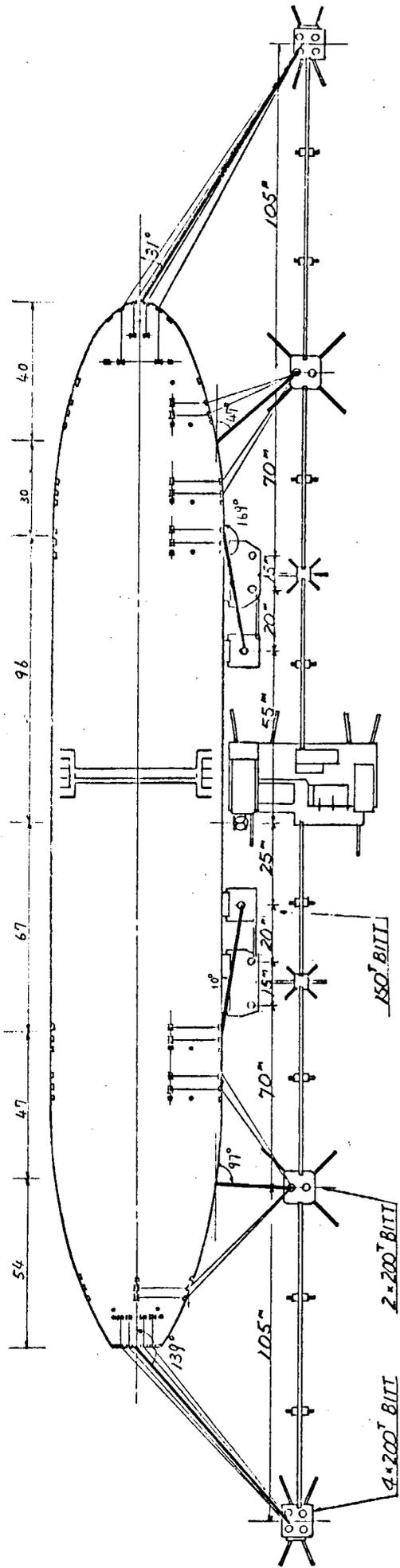


図 4.2.12 27万トン型の京葉シーバースにおける係船図

表 4.2.9 2.7万トン型満載状態 1.0KNOT

WIND ANG. (DEG)		FINAL ROPE TENSION (TON)																			
		50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.	100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.
D X (M)		-0.06	-0.09	-0.05	-0.11	-0.19	-0.24	-0.25	-0.27	-0.30	-0.35										
D Y (M)		0.61	0.66	0.65	0.76	0.80	0.98	1.02	1.08	1.14	1.21										
AMP (RAD)		-0.004	-0.004	-0.004	-0.005	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.007										
φ (TON)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
NAME RVO. RANG. INIT.TEN.																					
HEAD	4.	31.0	10.11	10.12	10.13	10.14	10.15	10.15	10.16	10.16	10.17										
SP F	4.	47.0	15.96	17.63	17.14	18.23	19.89	20.85	21.65	22.02	22.70										
SP E	2.	162.0	11.03	11.28	12.09	14.20	15.43	15.85	16.51	17.22	18.40										
SP A	2.	10.0	3.64	3.12	2.78	1.61	0.91	0.82	0.82	0.82	0.82										
SP B	4.	97.0	9.50	9.61	10.52	11.72	12.74	13.66	14.37	15.20	16.01										
STRN	4.	139.0	10.01	10.01	10.01	10.03	10.04	10.04	10.05	10.06	10.07										
WIND ANG. (DEG)		50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.										
D X (M)		-0.41	-0.46	-0.53	-0.60	-0.68	-0.77	-0.83	-0.88	-0.92	-0.98										
D Y (M)		1.23	1.33	1.43	1.56	1.61	1.55	1.58	1.60	1.60	1.60										
AMP (RAD)		-0.007	-0.007	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.009	-0.009	-0.009										
φ (TON)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
NAME RVO. RANG. INIT.TEN.																					
HEAD	4.	31.0	10.17	10.17	10.17	10.17	10.16	10.15	10.15	10.14	10.13										
SP F	4.	47.0	24.37	24.68	24.91	24.93	24.70	24.40	24.10	23.66	23.02										
SP E	2.	162.0	12.78	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73										
SP A	2.	10.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
SP B	4.	97.0	14.93	17.74	13.52	18.43	20.12	20.96	21.58	21.99	22.50										
STRN	4.	139.0	10.09	10.10	10.11	10.13	10.14	10.16	10.18	10.19	10.21										
WIND ANG. (DEG)		100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.										
D X (M)		-1.02	-1.07	-1.11	-1.14	-1.16	-1.20	-1.22	-1.25	-1.29	-1.33										
D Y (M)		1.52	1.57	1.55	1.51	1.47	1.44	1.40	1.36	1.32	1.23										
AMP (RAD)		-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003										
φ (TON)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
NAME RVO. RANG. INIT.TEN.																					
HEAD	4.	31.0	10.12	10.11	10.10	10.08	10.07	10.06	10.05	10.04	10.02										
SP F	4.	47.0	22.21	21.26	20.27	19.15	18.10	17.13	16.24	15.32	14.37										
SP E	2.	162.0	12.52	11.24	11.52	11.47	11.72	12.01	12.24	12.38	12.46										
SP A	2.	10.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
SP B	4.	97.0	22.73	22.00	22.82	22.66	22.97	23.66	24.29	24.76	25.50										
STRN	4.	139.0	10.23	10.23	10.24	10.25	10.26	10.26	10.26	10.26	10.27										
WIND ANG. (DEG)		150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.													
D X (M)		-1.33	-1.32	-1.29	-1.25	-1.20	-1.13	-1.14													
D Y (M)		1.23	1.17	1.11	1.05	1.01	0.97	0.93													
AMP (RAD)		-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007													
φ (TON)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00													
NAME RVO. RANG. INIT.TEN.																					
HEAD	4.	31.0	10.01	10.01	10.01	10.01	10.01	10.02	10.02	10.02	10.02										
SP F	4.	47.0	17.62	17.01	11.52	11.37	11.59	11.81	11.63	11.63	11.63										
SP E	2.	162.0	12.46	12.46	12.46	12.46	12.46	12.46	12.46	12.46	12.46										
SP A	2.	10.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
SP B	4.	97.0	12.57	12.42	12.29	12.29	12.29	12.29	12.29	12.29	12.29										
STRN	4.	139.0	10.26	10.25	10.24	10.22	10.20	10.13	10.17	10.17	10.17										

表 4.2.10 27万トン型バラスト状態 1.0KNOT

FINAL ROPE TENSION (TON)												
WIND ANG. (DEG)		C										
		10	15	20	25	30	35	40	45			
D X (M)	0.33	.024	.021	.003	.009	-.016	-.026	-.039	-.055			
D Y (M)	.000	.010	.044	.049	.100	.126	.153	.179	.203			
AMP (RAD)	.0000	.0002	.0003	.0006	.0008	.0009	.0010	.0011	.0012			
R (TON)	19.350	9.753	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000			
NAME RNO. RANG. TMT. TEN.												
HEAD	4.	31.0	10.07	10.09	10.13	10.16	10.23	10.26	10.28	10.29		
RF	4.	47.0	9.91	11.56	14.48	18.08	21.73	24.96	27.73	30.34	32.31	
SP	2.	169.0	7.2	7.06	4.43	9.87	13.12	15.45	18.11	21.12	24.57	
SR	2.	10.0	5.0	6.37	7.16	6.53	4.02	2.51	1.63	.42	.00	
PR	4.	97.0	5.0	4.32	7.08	3.03	5.59	7.96	10.31	12.92	15.32	17.63
STRN	4.	139.0	10.0	6.54	9.91	6.53	9.95	9.97	10.00	10.03	10.06	10.10
WIND ANG. (DEG)		50	55	60	65	70	75	80	85	90		
D X (M)	-.073	-.068	-.098	-.110	-.121	-.129	-.134	-.137	-.145	-.145		
D Y (M)	.273	.241	.252	.265	.274	.278	.281	.281	.280	.276		
AMP (RAD)	.0013	.0014	.0014	.0014	.0014	.0014	.0014	.0014	.0013	.0012		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. TMT. TEN.												
HEAD	4.	31.0	10.30	10.30	10.30	10.28	10.27	10.25	10.23	10.22		
RF	4.	47.0	33.90	37.91	35.72	34.74	34.79	34.18	33.08	31.87	31.03	
SP	2.	169.0	30.80	32.38	34.58	36.33	37.14	37.67	37.50	38.33	38.00	
SR	2.	10.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
PR	4.	97.0	19.49	21.51	23.18	25.08	26.79	28.61	29.86	31.46	32.38	32.67
STRN	4.	139.0	10.13	10.17	10.20	10.24	10.27	10.31	10.33	10.36	10.38	10.39
WIND ANG. (DEG)		100	105	110	115	120	125	130	135	140		
D X (M)	-.141	-.139	-.133	-.123	-.131	-.129	-.128	-.128	-.122	-.117		
D Y (M)	.267	.258	.242	.228	.212	.196	.180	.164	.147	.129		
AMP (RAD)	.0311	.0010	.0009	.0009	.0009	.0007	.0006	.0005	.0004	.0003		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. TMT. TEN.												
HEAD	4.	31.0	10.20	10.19	10.16	10.13	10.10	10.07	10.04	10.02	10.00	9.98
RF	4.	47.0	29.51	29.26	29.58	29.08	29.59	28.26	28.92	28.71	28.53	28.51
SP	2.	169.0	34.73	35.92	33.66	32.74	31.43	30.23	29.08	28.34	26.58	25.12
SR	2.	10.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
PR	4.	97.0	32.50	32.07	32.70	31.94	31.15	30.27	29.01	27.66	26.26	24.58
STRN	4.	139.0	10.39	10.36	10.40	10.40	10.40	10.39	10.39	10.39	10.37	10.35
WIND ANG. (DEG)		150	155	160	165	170	175	180				
D X (M)	-.121	-.121	-.128	-.124	-.113	-.099	-.087	-.087				
D Y (M)	.117	.102	.096	.068	.047	.031	.021	.021				
AMP (RAD)	.0003	.0002	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003				
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000				
NAME RNO. RANG. TMT. TEN.												
HEAD	4.	31.0	10.0	9.56	9.94	9.93	9.52	9.93	9.94			
RF	4.	47.0	5.0	7.94	6.29	4.46	3.79	2.42	2.16	2.20		
SP	2.	169.0	5.0	25.36	24.81	25.66	24.85	23.02	20.74	18.93	13-13	
SR	2.	10.0	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		
PR	4.	97.0	5.0	22.56	20.12	16.68	13.20	8.93	5.84	3.85		
STRN	4.	139.0	10.0	10.34	10.32	10.29	10.25	10.19	10.14	10.10		

4.2.8 許容移動量

今、スイベル式ローディングアーム（チクサン式等）の中心間距離が約3mの時アームの可動範囲は船の前後方向に±3m、横方向に-0,+3mであると一般に言われている。他方、船を接舷する時もローディングアームの中心と船の中央とは前後にずれる可能性があるし、荷役中の索の張り直しのため船の位置がずれることも考えられる。これらを考え併せ22.5m/secの風に吹かれた時の許容前後移動量を±1.5mと考えた。横方向（ドルフィンから沖へ離れる方向）の許容移動量も前後移動が起こると減少するので-0m,+1.5mと考えた。これらの許容移動量、1.5mはアームの中心間距離が約3mに対応するものであるので、超大型船を対象としたバースでアームのサイズが増大すると、この許容移動量も大きくなると考えられる。そこで L=375m の船で1.5mの移動が許容されると考え、

$$\begin{aligned} \text{許容前後移動量} & \quad L \text{ の } \pm 0.4 \% \\ \text{許容横移動量} & \quad L \text{ の } -0 \%, +0.4 \% \end{aligned}$$

と取ることとした。

船の回頭角に関しては動的取扱いを行なわない限り、そのものを問題にする必要はないが、喜入港4号バースの主ドルフィン間隔160mに対し L=360m の船が接岸した時、回頭角が 0.018RAD、で、船の中央の横移動量がLの0.4%に達することを考慮し、

$$\text{許容回頭角} \quad 0.015 \text{ RAD}$$

として計算結果を判定することとした。

4.3 計算とその結果

4.3.1 各船型の比較計算

(1) 計算を行なった状態

イ. 対象船 : 100万トン型(L/B=5), 70万トン型(L/B=5), 40万トン型

ロ. 船の状態 : 満載, SB CONDITION

ハ. 風 : 22.5m/sec, 0から180度, 5度おき

ニ. 潮 : 0, 0.5, 1.0, 1.5 節

方向は真横

ホ. 索及び索取り : 繊維索は全状態80mm径ナイロンとする。鋼索は40mm径(6×37)A種として計算し、40mm径(IWRC)A種の時の必要数は強度比で算出する。

索配置は4.2.4に記述した通りとする。

INPUTは表4.3.1に示す如くした。

表4.3.1 索及び索取りの INPUT DATA

船型	ROPE NAME	FROM MID	FROM C. L.	HEIGHT		LEN. PROJ.	LENG. DECK	ROPE KIDE
				FULL	BALLAST			
— ○ ○ 万 ト ン	HEAD	-23.90	.0	13.4	37.7	146.0	10.0	FR
	BR F	-18.28	36.2	9.0	32.8	88.9	25.6	SWR
	SP F	-14.29	44.4	8.6	32.1	62.2	30.4	SWR
	SP A	12.78	45.6	8.6	29.8	47.1	30.3	SWR
	BR A	19.27	30.2	9.2	29.9	100.3	18.5	SWR
	STRN	23.90	.0	10.0	30.3	146.0	10.0	FR

表 4.3.1 つづき

船 型	ROPE NAME	FROM MID	FROM C. L.	HEIGHT		LEN. PROJ.	LENG. DECK	ROPE KIND
				FULL	BALLAST			
七 〇 万 ト ン	HEAD	-212.0	.0	11.2	33.5	129.1	10.0	FR
	BR F	-162.0	35.2	7.4	29.1	78.8	22.7	SWR
	SP F	-126.7	40.4	7.2	28.4	55.2	27.0	SWR
	SP A	113.2	39.8	7.2	25.2	41.7	26.8	SWR
	BR A	170.7	29.3	7.7	24.9	88.9	16.4	SWR
	STRN	212.0	.0	8.4	25.1	129.0	10.0	FR
四 〇 万 ト ン	HEAD	-189.0	.0	10.4	26.4	115.0	10.0	FR
	BR F	-144.5	30.4	6.7	22.1	70.3	19.1	SWR
	SP F	-113.0	34.0	5.6	20.6	49.2	22.7	SWR
	SP A	101.0	33.9	5.6	17.5	37.2	22.6	SWR
	BR A	152.3	25.1	6.0	17.1	79.3	13.8	SWR
	STRN	189.0	.0	6.4	17.0	115.0	10.0	FR

(2) 計算結果

OUTPUT のうち潮流速 1.0 節の場合のみ以下のように添付した。

100 万トン型 FULL 表 4.3.2

BALLAST 表 4.3.3

70 万トン型 FULL 表 4.3.4

BALLAST 表 4.3.5

40 万トン型 FULL 表 4.3.6

BALLAST 表 4.3.7

これらの OUTPUT から最大索張力と安全率 2.5 以内におさめるための必要索数とを算出し、まとめたものを表 4.3.8 から 4.3.10 として添付してある。

なお、100 万トン型の潮流 1.0 節について風向と索張力との関係を作図し、図 4.3.1 及び 4.3.2 として添付している。この図中では張力の変化量の小さい HEAD 及び STERN LINES は省略している。

本計算結果からは次のような事が言えよう。

- イ. 40 万トン型に 40 mm 径 (6 × 37) A 種鋼索を使用すると、鋼索必要数は 13 本となり、100 万トン型に 40 mm 径 (IWRC) A 種鋼索を使用すれば鋼索必要数は 20 本となり、鋼索数を約 50% 増せば係船装置は成り立つ。
- ロ. 鋼索の必要数はほほ長さ比の 3 乗で増加する。
- ハ. 潮流 0 と 0.5 節とでは索の必要数に差はない。
- ニ. 潮流速が低い時は、風圧が必要索数を支配するのでバラスト状態で索数が決る。
- ホ. 潮流速が高い時は、潮抵抗の利きが大きく、満載状態で索数が決る。
- ヘ. 潮方向を真横にしか取っていない関係もあると思われるが、船体の横変位に対し、反力の発生が少ない SPRING LINES の必要数は潮流速の影響をあまり受けない。

表 4.3.2 100万トノ型荷載状態 1.0KNOT

FINAL ROPE TENSION (TON)													
WIND ANG. (DEG)	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.				
D-X (M)	0.073	0.071	0.074	0.066	0.060	0.060	0.056	0.052	0.047				
D-Y (M)	0.160	0.167	0.175	0.191	0.222	0.244	0.259	0.276	0.294				
AMP (RAD)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002				
R (TON)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
INI. TEN.													
NAME	RNO.	RANG.	INI.	TEN.									
HEAD	6.	58.0	10.0	10.27	10.28	10.29	10.32	10.35	10.37	10.39	10.40	10.41	10.43
BR-F	7.	77.2	5.0	15.82	16.45	16.96	18.06	19.80	20.50	21.64	22.39	23.23	24.13
SP-F	5.	169.3	5.0	2.94	3.26	3.46	3.53	4.53	5.25	5.38	5.80	6.21	6.79
SP-A	5.	15.8	5.0	13.01	12.89	13.16	13.49	13.32	13.28	13.66	13.83	14.00	14.01
BR-A	7.	96.2	5.0	11.38	11.51	11.80	12.43	13.81	14.99	15.82	16.93	17.95	19.01
STRN	6.	122.0	10.0	10.08	10.09	10.09	10.10	10.13	10.16	10.18	10.21	10.23	10.26
WIND ANG. (DEG)													
D-X (M)	50.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.				
D-Y (M)	0.338	0.333	0.321	0.310	0.304	0.291	0.285	0.276	0.267				
AMP (RAD)	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001				
R (TON)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
INI. TEN.													
NAME	RNO.	RANG.	INI.	TEN.									
HEAD	6.	58.0	10.0	10.44	10.45	10.46	10.46	10.45	10.44	10.43	10.42	10.40	10.38
BR-F	7.	77.2	5.0	24.85	25.56	26.10	26.54	26.76	26.71	26.55	26.34	25.96	25.37
SP-F	5.	169.3	5.0	7.51	8.00	8.66	9.68	10.57	11.65	12.43	13.06	13.65	14.33
SP-A	5.	15.8	5.0	13.87	13.59	13.21	12.68	11.87	11.27	10.72	10.14	9.36	8.45
BR-A	7.	96.2	5.0	20.24	21.31	22.54	23.68	24.79	25.93	26.65	27.47	27.98	28.45
STRN	6.	122.0	10.0	10.29	10.31	10.35	10.38	10.41	10.45	10.48	10.50	10.52	10.54
WIND ANG. (DEG)													
D-X (M)	100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.			
D-Y (M)	0.084	0.098	0.111	0.123	0.134	0.143	0.151	0.157	0.166	0.172			
AMP (RAD)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004			
R (TON)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
INI. TEN.													
NAME	RNO.	RANG.	INI.	TEN.									
HEAD	6.	58.0	10.0	10.36	10.33	10.30	10.26	10.23	10.21	10.18	10.16	10.13	10.11
BR-F	7.	77.2	5.0	24.58	23.66	22.61	21.48	20.36	19.35	18.41	17.42	16.44	15.50
SP-F	5.	169.3	5.0	14.91	15.56	16.07	16.49	16.85	17.20	17.47	17.65	17.98	18.20
SP-A	5.	15.8	5.0	8.58	7.66	6.79	6.02	5.29	4.45	3.69	2.94	2.03	1.17
BR-A	7.	96.2	5.0	28.78	29.04	29.11	29.24	29.28	28.93	28.48	27.83	27.16	26.31
STRN	6.	122.0	10.0	10.56	10.57	10.58	10.60	10.60	10.60	10.60	10.59	10.58	10.57
WIND ANG. (DEG)													
D-X (M)	150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.						
D-Y (M)	0.173	0.159	0.148	0.132	0.115	0.110							
AMP (RAD)	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001							
R (TON)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000							
INI. TEN.													
NAME	RNO.	RANG.	INI.	TEN.									
HEAD	6.	58.0	10.0	10.09	10.08	10.08	10.08	10.10	10.11	10.11			
BR-F	7.	77.2	5.0	14.60	13.91	13.32	13.08	13.12	13.17	12.90			
SP-F	5.	169.3	5.0	16.07	17.64	17.03	16.41	15.48	14.54	14.30			
SP-A	5.	15.8	5.0	6.1	3.4	3.1	2.9	1.11	1.11	1.11			
BR-A	7.	96.2	5.0	25.13	23.67	22.22	20.48	18.56	16.93	15.09			
STRN	6.	122.0	10.0	10.54	10.51	10.47	10.42	10.37	10.32	10.28			

表 4.3.3 1,000万トン型バラスタ状態 1.0KNOT

FINAL ROPE TENSION (TON)																				
WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.										
D X (M)	.288	.267	.271	.258	.249	.212	.197	.180	.170	.150										
D Y (M)	.000	.000	.011	.037	.084	.169	.244	.317	.365	.446										
AMP (RAD)	.0000	.0000	.0001	.0003	.0005	.0006	.0007	.0007	.0008	.0008										
R (TON)	96.773	65.627	42.752	13.724	.000	.000	.000	.000	.000	.000										
INI.TEN.																				
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.								50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.
HEAD	6.	58.0	10.0	10.19	10.18	10.22	10.30	10.39	10.49	10.58	10.65	10.72	10.78							
BR F	7.	77.2	5.0	8.13	7.90	9.37	12.46	15.97	20.64	24.82	28.35	31.75	34.48							
SP F	5.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
SP A	5.	15.8	5.0	22.12	20.88	20.78	19.28	18.71	17.37	17.36	17.39	17.39	17.65							
BR A	7.	96.2	5.0	3.48	3.59	3.15	2.26	3.04	6.23	9.24	12.55	15.63	18.73							
STRN	6.	122.0	10.0	9.81	9.82	9.80	9.78	9.79	9.87	9.95	10.03	10.10	10.18							
INI.TEN.																				
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.								100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.
HEAD	6.	58.0	10.0	10.82	10.84	10.84	10.84	10.83	10.79	10.76	10.72	10.67	10.64							
BR F	7.	77.2	5.0	36.63	36.31	38.98	39.81	40.93	39.35	38.81	37.70	36.46	35.48							
SP F	5.	169.3	5.0	6.26	7.90	9.22	10.68	12.15	13.46	14.36	15.14	16.40	16.63							
SP A	5.	15.8	5.0	17.04	16.64	16.12	15.58	14.82	13.99	13.41	12.94	11.69	11.23							
BR A	7.	96.2	5.0	21.20	24.04	26.30	28.80	31.18	33.61	35.28	37.34	38.67	38.82							
STRN	6.	122.0	10.0	10.25	10.33	10.39	10.47	10.54	10.62	10.67	10.74	10.79	10.81							
INI.TEN.																				
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.								100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.
HEAD	6.	58.0	10.0	10.59	10.55	10.45	10.37	10.29	10.21	10.14	10.06	10.00	9.94							
BR F	7.	77.2	5.0	33.66	32.13	28.92	25.97	22.95	20.11	17.24	14.53	11.80	9.24							
SP F	5.	169.3	5.0	16.59	16.56	16.49	16.99	17.15	17.28	17.36	17.59	17.18	16.81							
SP A	5.	15.8	5.0	10.83	10.28	9.58	8.16	6.89	5.68	4.36	2.89	2.04	1.10							
BR A	7.	96.2	5.0	38.91	38.31	38.55	38.18	37.24	36.17	34.63	33.02	31.21	29.09							
STRN	6.	122.0	10.0	10.62	10.81	10.84	10.85	10.84	10.83	10.81	10.79	10.75	10.71							
INI.TEN.																				
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.								150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.			
HEAD	6.	58.0	10.0	10.245	10.268	10.318	10.321	10.293	10.245	10.201										
BR F	7.	77.2	5.0	7.21	4.91	2.37	1.55	1.12	2.33	2.81										
SP F	5.	169.3	5.0	17.66	18.62	21.21	21.28	20.40	18.41	16.02										
SP A	5.	15.8	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00										
BR A	7.	96.2	5.0	26.61	23.41	18.99	14.55	9.72	6.33	6.06										
STRN	6.	122.0	10.0	10.66	10.60	10.52	10.42	10.28	10.17	10.14										

表 4.3.4 70万トン型満載状態 1.0KNOT

FINAL ROPE TENSION (TON)												
WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.		
D-X (M)	.070	.068	.070	.070	.061	.054	.054	.050	.046	.041		
D-Y (M)	.139	.145	.152	.167	.193	.212	.224	.239	.253	.269		
AMP (RAD)	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. INI. TEN.												
HEAD 4.	58.0	10.0	10.26	10.29	10.31	10.35	10.38	10.39	10.40	10.41		
BR F 6.	77.2	5.0	15.69	16.33	16.83	17.92	19.61	21.30	22.72	23.52		
SP F 4.	169.3	5.0	2.50	2.85	2.87	3.13	4.29	5.06	6.08	6.67		
SP A 4.	15.8	5.0	13.46	13.31	13.56	13.84	13.55	13.42	13.73	13.82		
BR A 6.	96.2	5.0	11.21	11.35	11.64	12.29	13.67	14.83	15.63	16.67		
STRN 4.	122.0	10.0	10.08	10.08	10.10	10.13	10.16	10.17	10.20	10.22		
WIND ANG. (DEG)												
	50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.		
D-X (M)	.033	.028	.018	.008	.004	.019	.031	.041	.050	.062		
D-Y (M)	.284	.298	.312	.325	.335	.344	.351	.354	.356	.355		
AMP (RAD)	.0002	.0002	.0001	.0001	.0001	.0001	.0000	.0000	.0000	.0001		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. INI. TEN.												
HEAD 4.	58.0	10.0	10.42	10.43	10.44	10.43	10.42	10.41	10.40	10.38		
BR F 6.	77.2	5.0	24.15	24.79	25.26	25.83	25.83	25.59	25.39	25.03		
SP F 4.	169.3	5.0	7.38	7.87	8.71	9.52	10.39	11.45	12.22	12.84		
SP A 4.	15.8	5.0	13.68	13.69	13.30	12.68	12.32	11.49	10.87	10.32		
BR A 6.	96.2	5.0	19.76	20.75	21.89	22.95	23.97	25.03	25.88	26.46		
STRN 4.	122.0	10.0	10.26	10.30	10.33	10.36	10.39	10.43	10.46	10.48		
WIND ANG. (DEG)												
	100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.		
D-X (M)	.073	.086	.097	.108	.118	.126	.134	.140	.148	.155		
D-Y (M)	.352	.348	.341	.333	.326	.316	.306	.294	.282	.268		
AMP (RAD)	.0001	.0002	.0002	.0003	.0003	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. INI. TEN.												
HEAD 4.	58.0	10.0	10.34	10.31	10.28	10.25	10.20	10.17	10.15	10.11		
BR F 6.	77.2	5.0	23.74	22.89	21.92	20.85	19.83	18.01	17.08	16.17		
SP F 4.	169.3	5.0	14.67	13.33	11.85	10.29	8.67	7.06	5.62	4.31		
SP A 4.	15.8	5.0	8.18	7.26	6.40	5.62	4.90	4.06	3.29	2.53		
BR A 6.	96.2	5.0	27.70	27.96	28.06	28.22	28.29	28.01	27.65	27.10		
STRN 4.	122.0	10.0	10.53	10.54	10.56	10.57	10.58	10.58	10.57	10.54		
WIND ANG. (DEG)												
	150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.					
D-X (M)	.157	.156	.151	.143	.124	.108	.104					
D-Y (M)	.253	.235	.219	.202	.187	.173	.155					
AMP (RAD)	.0004	.0004	.0003	.0003	.0002	.0001	.0000					
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000					
NAME RNO. RANG. INI. TEN.												
HEAD 4.	58.0	10.0	10.09	10.08	10.07	10.07	10.09	10.10	10.11			
BR F 6.	77.2	5.0	14.40	13.69	13.10	12.84	12.92	12.97	12.69			
SP F 4.	169.3	5.0	18.28	16.17	14.69	13.19	11.96	10.99	10.11			
SP A 4.	15.8	5.0	.08	.00	.00	.00	.49	.00	.00			
BR A 6.	96.2	5.0	24.76	23.41	22.06	20.38	18.55	16.91	15.04			
STRN 4.	122.0	10.0	10.53	10.50	10.47	10.43	10.37	10.32	10.28			

表 4.3.5 70万トン型バラスタ状態 1.0KNOT

FINAL ROPE TENTION (TON)												
WIND ANG. (DEG)	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.			
D X (M)	.253	.235	.221	.207	.184	.164	.152	.143	.125			
D Y (M)	.000	.000	.036	.088	.157	.218	.276	.330	.379			
AMP (RAD)	.0000	.0000	.0001	.0004	.0005	.0006	.0007	.0007	.0007			
R (TON)	68.591	42.811	26.222	2.691	.000	.000	.000	.000	.000			
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD	4.	58.0	10.0	10.18	10.23	10.31	10.39	10.48	10.56	10.63	10.69	10.74
BR F	6.	77.2	5.0	6.10	7.87	9.88	12.79	16.41	20.76	24.50	27.68	30.21
SP F	4.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.17	1.69	3.02	4.65
SP A	4.	15.8	5.0	22.38	21.09	20.64	19.03	18.44	16.99	17.07	17.23	17.50
BR A	6.	96.2	5.0	3.48	3.59	2.99	2.16	3.97	6.93	9.68	12.69	15.50
STRN	4.	122.0	10.0	9.81	9.82	9.80	9.78	9.82	9.90	9.96	10.03	10.10
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD	4.	58.0	10.0	10.77	10.79	10.79	10.78	10.74	10.72	10.67	10.63	10.60
BR F	6.	77.2	5.0	35.12	36.61	37.17	37.89	38.11	37.41	36.89	35.85	34.70
SP F	4.	169.3	5.0	6.40	7.96	9.21	10.60	11.99	13.24	14.09	14.83	16.03
SP A	4.	15.8	5.0	16.60	16.13	15.56	14.98	14.18	13.53	12.73	12.23	10.99
BR A	6.	96.2	5.0	20.57	23.15	25.20	27.53	29.64	31.87	33.39	35.28	36.51
STRN	4.	122.0	10.0	10.23	10.31	10.37	10.44	10.50	10.57	10.62	10.69	10.73
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD	4.	58.0	10.0	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
BR F	6.	77.2	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
SP F	4.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
SP A	4.	15.8	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
BR A	6.	96.2	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
STRN	4.	122.0	10.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD	4.	58.0	10.0	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
BR F	6.	77.2	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
SP F	4.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
SP A	4.	15.8	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
BR A	6.	96.2	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
STRN	4.	122.0	10.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00

FINAL ROPE TENTION (TON)												
WIND ANG. (DEG)	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.			
D X (M)	.105	.084	.065	.043	.020	.007	.025	.045	.071	.079		
D Y (M)	.419	.457	.481	.510	.532	.546	.553	.563	.564	.557		
AMP (RAD)	.0008	.0007	.0007	.0006	.0005	.0004	.0003	.0001	.0000	.0000		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD	4.	58.0	10.0	10.77	10.79	10.79	10.78	10.74	10.72	10.67	10.63	10.60
BR F	6.	77.2	5.0	35.12	36.61	37.17	37.89	38.11	37.41	36.89	35.85	34.70
SP F	4.	169.3	5.0	6.40	7.96	9.21	10.60	11.99	13.24	14.09	14.83	16.03
SP A	4.	15.8	5.0	16.60	16.13	15.56	14.98	14.18	13.53	12.73	12.23	10.99
BR A	6.	96.2	5.0	20.57	23.15	25.20	27.53	29.64	31.87	33.39	35.28	36.51
STRN	4.	122.0	10.0	10.23	10.31	10.37	10.44	10.50	10.57	10.62	10.69	10.73
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD	4.	58.0	10.0	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
BR F	6.	77.2	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
SP F	4.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
SP A	4.	15.8	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
BR A	6.	96.2	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
STRN	4.	122.0	10.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD	4.	58.0	10.0	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
BR F	6.	77.2	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
SP F	4.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
SP A	4.	15.8	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
BR A	6.	96.2	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
STRN	4.	122.0	10.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00

FINAL ROPE TENTION (TON)											
WIND ANG. (DEG)	150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.				
D X (M)	.217	.239	.284	.288	.265	.224	.185				
D Y (M)	.224	.180	.125	.073	.023	.004	.000				
AMP (RAD)	.0008	.0007	.0006	.0005	.0002	.0000	.0000				
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000				
NAME RNO. RANG. INI.TEN.											
HEAD	4.	58.0	10.0	9.91	9.85	9.79	9.76	9.77	9.83	9.86	
BR F	6.	77.2	5.0	7.88	5.77	3.36	1.63	.98	2.14	2.74	
SP F	4.	169.3	5.0	17.90	18.95	21.66	21.65	20.65	18.68	16.40	
SP A	4.	15.8	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
BR A	6.	96.2	5.0	25.99	23.12	19.09	14.99	10.14	6.91	6.11	
STRN	4.	122.0	10.0	10.64	10.59	10.52	10.42	10.29	10.18	10.14	
NAME RNO. RANG. INI.TEN.											
HEAD	4.	58.0	10.0	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	
BR F	6.	77.2	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
SP F	4.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
SP A	4.	15.8	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
BR A	6.	96.2	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
STRN	4.	122.0	10.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	

表 4.3.6 40万トン型満載状態 1.0KNOT

FINAL ROPE TENSION (TON)												
WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.		
U X (M)	.072	.071	.073	.074	.065	.058	.057	.053	.049	.043		
U Y (M)	.132	.142	.151	.170	.205	.230	.246	.266	.285	.305		
AMP (RAD)	.0002	.0003	.0003	.0003	.0004	.0004	.0003	.0003	.0003	.0003		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD 4.	58.0	10.30	10.33	10.34	10.38	10.43	10.46	10.48	10.49	10.51	10.53	
BR F 3.	77.2	5.0	17.37	18.36	19.12	20.77	23.35	24.90	25.90	26.89	28.03	29.24
SP F 3.	169.3	5.0	2.09	2.51	2.60	3.01	4.45	5.43	5.72	6.31	6.88	7.03
SP A 3.	15.8	5.0	14.45	14.34	14.66	15.08	15.01	15.04	15.48	15.71	15.95	16.03
BR A 3.	96.2	5.0	10.93	11.14	11.60	12.58	14.65	16.40	17.60	19.18	20.62	22.09
STRN 4.	122.0	10.0	10.06	10.06	10.07	10.09	10.13	10.17	10.20	10.24	10.27	10.30
WIND ANG. (DEG)												
	50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.		
D X (M)	.035	.030	.019	.009	.003	.018	.031	.040	.050	.062		
D Y (M)	.325	.344	.362	.378	.392	.404	.412	.416	.418	.417		
AMP (RAD)	.0003	.0002	.0002	.0002	.0001	.0000	.0000	.0000	.0001	.0001		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD 4.	58.0	10.0	10.56	10.56	10.57	10.56	10.55	10.52	10.50	10.47		
BR F 3.	77.2	5.0	30.19	31.14	31.85	32.42	32.70	32.61	32.35	32.04	31.51	30.67
SP F 3.	169.3	5.0	8.51	9.14	10.13	11.08	12.08	13.26	14.11	14.78	15.39	16.09
SP A 3.	15.8	5.0	15.97	16.11	15.83	15.52	15.26	13.69	13.15	12.55	11.75	
BR A 3.	96.2	5.0	23.81	25.29	27.00	28.58	30.11	31.69	32.98	33.83	34.54	35.22
STRN 4.	122.0	10.0	10.35	10.38	10.43	10.47	10.51	10.56	10.60	10.62	10.65	10.67
WIND ANG. (DEG)												
	100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.		
D X (M)	.073	.086	.097	.108	.118	.127	.134	.140	.148	.154		
D Y (M)	.413	.407	.397	.388	.377	.364	.351	.334	.318	.301		
AMP (RAD)	.0003	.0003	.0004	.0004	.0005	.0006	.0006	.0006	.0007	.0007		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD 4.	58.0	10.0	10.44	10.40	10.36	10.31	10.27	10.24	10.17	10.14	10.11	
BR F 3.	77.2	5.0	29.56	28.28	26.82	25.20	23.66	22.25	20.93	19.54	18.16	16.80
SP F 3.	169.3	5.0	16.66	17.30	17.79	18.18	18.52	18.84	19.07	19.22	19.53	19.74
SP A 3.	15.8	5.0	10.92	9.94	8.98	8.11	7.29	6.33	5.44	4.53	3.43	2.35
BR A 3.	96.2	5.0	35.70	36.09	36.24	36.48	36.60	36.19	35.65	34.83	34.00	32.91
STRN 4.	122.0	10.0	10.69	10.72	10.73	10.75	10.76	10.76	10.76	10.75	10.73	10.72
WIND ANG. (DEG)												
	150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.					
D X (M)	.155	.150	.144	.134	.117	.101	.095					
D Y (M)	.280	.257	.235	.214	.193	.174	.150					
AMP (RAD)	.0007	.0006	.0006	.0005	.0005	.0002	.0001					
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000					
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD 4.	58.0	10.0	10.08	10.07	10.06	10.06	10.10	10.10				
BR F 3.	77.2	5.0	15.50	14.47	13.58	13.20	13.33	12.92				
SP F 3.	169.3	5.0	19.56	19.06	18.37	17.64	16.56	15.43				
SP A 3.	15.8	5.0	1.56	1.05	.81	.76	1.14	.39				
BR A 3.	96.2	5.0	31.35	29.35	27.33	24.81	21.96	19.49				
STRN 4.	122.0	10.0	10.68	10.64	10.59	10.53	10.45	10.38				

表 4.3.7 40万トン型パラスタ状態 1.0KNOT

FINAL ROPE TENSION (TON)														
WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.				
D X (M)	.175	.161	.163	.157	.145	.131	.121	.114	.100	.45.				
D Y (M)	.000	.006	.024	.047	.102	.175	.239	.302	.361	.415				
AMP (RAD)	.0000	.0001	.0003	.0006	.0007	.0008	.0009	.0010	.0010	.0010				
R (TON)	45.950	30.386	19.425	3.228	.000	.000	.000	.000	.000	.000				
NAME RNO. RANG. INI. IEN.														
HEAD	4.	58.0	10.0	10.15	10.16	10.24	10.34	10.44	10.56	10.66	10.75	10.83	10.89	
BR F	3.	77.2	5.0	7.51	8.35	11.24	15.05	19.69	25.14	29.82	33.90	37.83	40.96	
SP F	3.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	1.13	2.34	4.07	5.62	7.37	
SP A	3.	15.8	5.0	20.07	18.61	18.10	16.65	16.09	16.02	17.16	17.73	18.37	18.53	
BR A	3.	96.2	5.0	3.77	3.56	2.70	1.59	3.64	7.31	10.70	14.56	18.15	21.76	
STRN	4.	122.0	10.0	9.85	9.82	9.79	9.63	9.51	9.98	10.07	10.15	10.23		
NAME RNO. RANG. INI. IEN.														
HEAD	4.	58.0	10.0	10.93	10.96	10.96	10.96	10.95	10.91	10.87	10.82	10.77	10.74	
BR F	3.	77.2	5.0	43.41	45.31	46.01	46.91	47.20	46.28	45.61	44.26	42.79	41.64	
SP F	3.	169.3	5.0	9.15	10.76	12.00	13.39	14.74	15.91	16.71	17.40	18.43	18.57	
SP A	3.	15.8	5.0	18.22	18.09	17.78	17.50	16.98	16.37	15.93	15.58	14.53	14.09	
BR A	3.	96.2	5.0	24.62	27.93	30.55	33.53	36.24	39.10	41.04	43.48	45.06	45.24	
STRN	4.	122.0	10.0	10.30	10.33	10.46	10.54	10.62	10.70	10.76	10.83	10.89	10.90	
NAME RNO. RANG. INI. IEN.														
HEAD	4.	58.0	10.0	100.93	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.	
BR F	3.	77.2	5.0	39.50	37.71	33.92	30.46	26.92	23.60	20.24	17.06	13.85	10.63	
SP F	3.	169.3	5.0	18.44	18.29	18.07	18.29	18.21	18.11	17.94	17.92	17.35	16.82	
SP A	3.	15.8	5.0	13.67	13.08	12.34	10.95	9.66	8.41	7.05	5.54	4.56	3.98	
BR A	3.	96.2	5.0	45.39	44.72	45.07	44.71	43.69	42.53	40.82	39.04	37.04	34.68	
STRN	4.	122.0	10.0	10.92	10.91	10.94	10.95	10.94	10.93	10.91	10.88	10.85	10.80	
NAME RNO. RANG. INI. IEN.														
HEAD	4.	58.0	10.0	150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.				
BR F	3.	77.2	5.0	6.54	6.03	2.93	.64	1.05	2.42	3.18				
SP F	3.	169.3	5.0	16.91	16.52	18.64	18.65	18.16	16.45	14.55				
SP A	3.	15.8	5.0	1.78	.33	.00	.00	.00	.00	.00				
BR A	3.	96.2	5.0	31.97	28.55	23.35	17.95	11.90	7.63	5.89				
STRN	4.	122.0	10.0	10.75	10.67	10.58	10.46	10.30	10.17	10.11				

表 4.3.8 100万トン型索張力と索必要数

		HEAD	BREAST (F)	SPRING (F)	SPRING (A)	BREAST (A)	STERN	SWR TOTAL
仮定したロープの径×数		80×6	40×7	40×5	40×5	40×7	80×6	24
ロープの種類		ナイロン	6×37 A種	6×37 A種	6×37 A種	6×37 A種	ナイロン	—
潮 0	最大張力, 満載 (t)	10.07	6.20	16.67	12.56	9.88	10.17	—
	最大張力, バラスト (t)	10.67	32.35	22.36	22.12	31.76	10.68	—
	40φ(6×37)の必要数	—	7	4	4	7	—	22
	40φ(IWRC)の必要数	—	6	3	3	6	—	18
潮 0.5KTS	最大張力, 満載 (t)	10.13	10.37	15.91	12.56	13.88	10.27	—
	最大張力, バラスト (t)	10.27	34.28	22.03	22.12	33.55	10.72	—
	40φ(6×37)の必要数	—	7	4	4	7	—	22
	40φ(IWRC)の必要数	—	6	3	3	6	—	18
潮 1.0KT	最大張力, 満載 (t)	10.46	26.76	18.20	14.01	29.28	10.60	—
	最大張力, バラスト (t)	10.84	40.09	21.28	22.12	38.91	10.85	—
	40φ(6×37)の必要数	—	9	4	4	8	—	25
	40φ(IWRC)の必要数	—	7	3	3	7	—	20
潮 1.5KTS	最大張力, 満載 (t)	11.00	54.07	28.67	20.00	54.94	11.17	—
	最大張力, バラスト (t)	11.06	49.76	23.07	21.13	47.85	11.05	—
	40φ(6×37)の必要数	—	11	5	4	12	—	32
	40φ(IWRC)の必要数	—	10	4	3	10	—	27

表 4.3.9 70万トン型索張力と索必要数

		HEAD	BREAST (F)	SPRING (F)	SPRING (A)	BREAST (A)	STERN	SWR TOTAL
仮定したロープの径×数		80×4	40×6	40×4	40×4	40×6	80×4	20
ロープの種類		ナイロン	6×37 A種	6×37 A種	6×37 A種	6×37 A種	ナイロン	—
潮 0	最大張力, 満載 (t)	10.07	6.32	17.33	11.81	10.16	10.18	—
	最大張力, バラスト (t)	10.63	30.79	22.52	22.38	30.01	10.64	—
	40φ(6×37)の必要数	—	6	3	3	6	—	18
	40φ(IWRC)の必要数	—	5	3	3	5	—	16
潮 0.5KTS	最大張力, 満載 (t)	10.14	10.73	16.47	13.34	14.09	10.27	—
	最大張力, バラスト (t)	10.67	32.62	22.20	22.38	31.70	10.67	—
	40φ(6×37)の必要数	—	6	3	3	6	—	18
	40φ(IWRC)の必要数	—	5	3	3	5	—	16
潮 1.0KT	最大張力, 満載 (t)	10.44	25.83	18.32	13.93	28.29	10.58	—
	最大張力, バラスト (t)	10.79	38.11	21.85	22.38	36.75	10.79	—
	40φ(6×37)の必要数	—	7	3	3	7	—	20
	40φ(IWRC)の必要数	—	6	3	3	6	—	18
潮 1.5KTS	最大張力, 満載 (t)	10.94	50.98	28.13	19.30	51.95	11.10	—
	最大張力, バラスト (t)	11.00	47.27	23.65	21.23	45.17	10.98	—
	40φ(6×37)の必要数	—	9	4	3	9	—	25
	40φ(IWRC)の必要数	—	8	3	3	8	—	22

表 4.3.10 40万トン型索張力と索必要数

		HEAD	BREAST (F)	SPRING (F)	SPRING (A)	BREAST (A)	STERN	SWR TOTAL
仮定したロープの径×数		80×4	40×3	40×3	40×3	40×3	80×4	12
ロープの種類		ナイロン	6×37 A種	6×37 A種	6×37 A種	6×37 A種	ナイロン	—
潮0	最大張力, 満載(t)	10.08	6.47	17.89	14.44	13.02	10.25	—
	最大張力, バラスト(t)	10.72	35.87	20.03	20.07	35.00	10.73	—
	40φ(6×37)の必要数	—	4	2	2	4	—	12
	40φ(IWRC)の必要数	—	3	2	2	3	—	10
潮0.5KTS	最大張力, 満載(t)	10.18	128.7	17.07	14.44	18.09	10.37	—
	最大張力, バラスト(t)	10.78	38.70	19.68	20.07	37.60	10.78	—
	40φ(6×37)の必要数	—	4	2	2	4	—	12
	40φ(IWRC)の必要数	—	3	2	2	3	—	10
潮1.0KT	最大張力, 満載(t)	10.57	32.70	19.74	16.11	36.60	10.76	—
	最大張力, バラスト(t)	10.96	47.20	18.85	20.07	49.39	10.95	—
	40φ(6×37)の必要数	—	5	2	2	4	—	13
	40φ(IWRC)の必要数	—	4	2	2	4	—	12
潮1.5KTS	最大張力, 満載(t)	11.22	65.75	31.77	24.33	67.46	11.42	—
	最大張力, バラスト(t)	11.26	61.37	23.38	21.68	58.38	11.23	—
	40φ(6×37)の必要数	—	6	3	3	6	—	18
	40φ(IWRC)の必要数	—	5	3	2	5	—	15

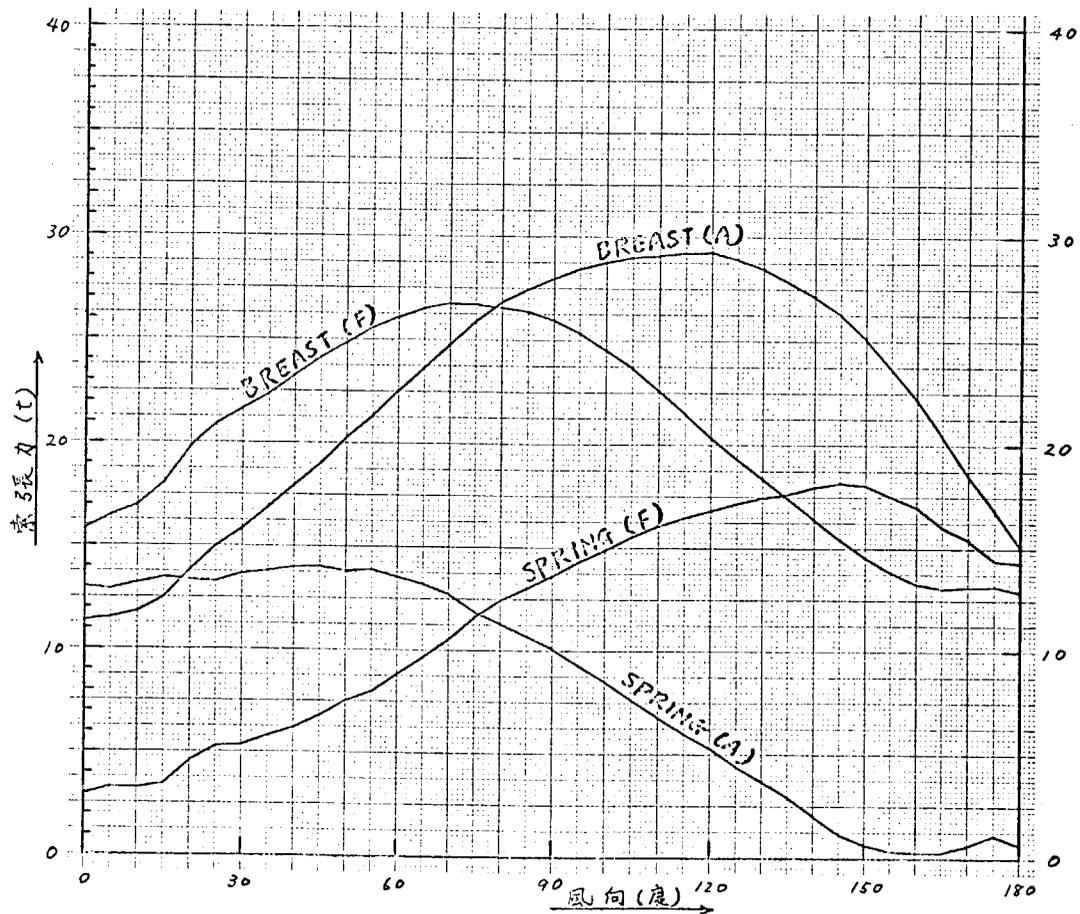


図 4.3.1 100万トン型満載状態(1.0節)風向—索張力図

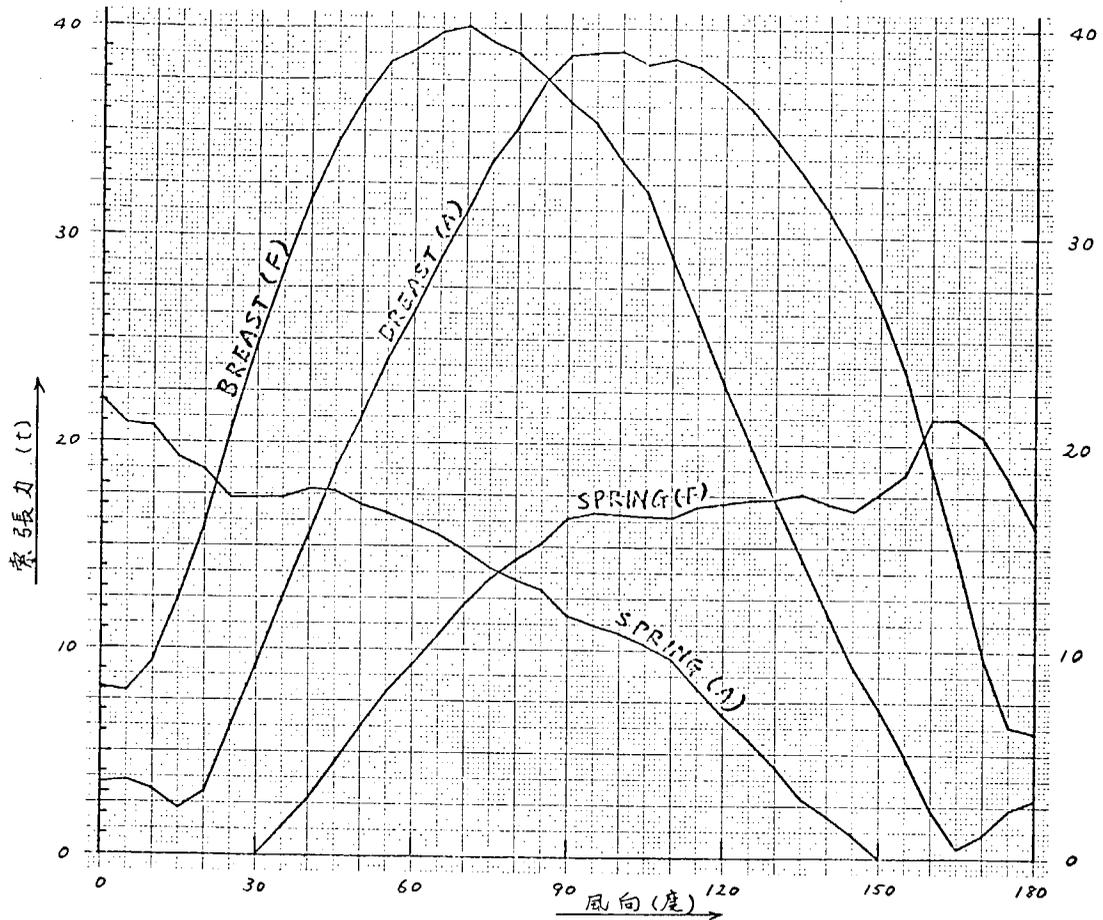


図 4.3.2 100万トン型バラスト状態(1.0節)風向-索張力図

4.3.2 100万トン型のL/Bを変化させた場合

(1) 計算を行なった状態

- イ. 対象船 ; 100万トン型, L/B=5.5 及び 6.0
- ロ. 船の状態 ; 満載, SB CONDITION
- ハ. 風 ; 22.5m/sec., 0度から180度 5度おき
- ニ. 潮 ; 1節, 真横から
- ホ. 索 ; 表 4.3.11 を参照のこと

鋼索は 40φ(6×37) A種, 繊維索は 80mm 径ナイロンという想定である。

(2) 計算結果

OUTPUT は以下の如くである。

L/B=5.5	FULL	表 4.3.12
	BALLAST	表 4.3.13
L/B=6.0	FULL	表 4.3.14
	BALLAST	表 4.3.15

なお, L/B=0.5 の場合については, 表 4.3.2 及び 4.3.3 を参照のこと。

この計算結果から鋼索の安全率を 2.5 とおさえて, 索の種類及び径を変化させた時の索必要数を計算し, 表 4.3.16 から 18 に示す。

表 4.3.11 100万トン型索及び索取り INPUT DATA

L/B	ROPE NAME	FROM MID	FROM C. L.	HEIGHT		LEN. PROJ.	LENG. DECK	ROPE KIND
				FULL	BALLAST			
5.5	HEAD	-2497	.0	13.6	37.4	151.9	10.0	FR
	BR F	-190.9	38.7	9.2	32.6	92.9	24.3	SWR
	SP F	-149.3	43.3	8.8	31.9	65.0	28.9	SWR
	SP A	133.4	43.2	8.8	29.6	49.1	28.9	SWR
	BR A	201.2	32.0	9.4	29.7	104.8	17.6	SWR
	STRN	249.7	.0	10.2	30.1	151.9	10.0	FR
6.0	HEAD	-259.5	.0	13.8	37.3	158.0	10.0	FR
	BR F	-198.4	36.9	9.4	32.4	96.5	23.2	SWR
	SP F	-155.1	41.2	9.0	31.7	67.6	27.6	SWR
	SP A	138.7	41.2	9.0	29.4	51.1	27.5	SWR
	BR A	209.1	30.5	9.6	29.5	108.9	16.8	SWR
	STRN	259.5	.0	10.4	29.9	158.0	10.0	FR

表 4.3.12 100万トン型 (L/B=5.5) 満載状態

FINAL ROPE TENSION (TON)												
WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.		
D X (M)	.069	.067	.070	.072	.064	.058	.059	.055	.052	.046		
D Y (M)	.182	.190	.197	.214	.245	.269	.285	.304	.324	.345		
AMP (RAD)	.0001	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO, RANG, INI, TEN,												
HEAD 6.	58.0	10.29	10.30	10.33	10.36	10.38	10.40	10.41	10.43	10.45		
BR F 7.	77.2	17.29	17.80	18.91	20.70	21.85	22.66	23.48	24.40	25.38		
SP F 5.	169.3	3.47	3.77	3.91	4.95	5.65	5.76	6.17	6.58	7.17		
SP A 5.	15.8	13.18	13.08	13.58	13.77	13.65	13.67	14.12	14.34	14.57		
BR A 7.	96.2	12.37	12.50	12.77	13.39	14.76	15.96	16.82	17.96	19.04		
STRN 6.	122.0	10.11	10.11	10.12	10.16	10.18	10.20	10.23	10.25	10.28		
WIND ANG. (DEG)												
D X (M)	.037	.032	.020	.008	.006	.025	.039	.051	.063	.077		
D Y (M)	.365	.384	.404	.421	.435	.448	.456	.461	.463	.463		
AMP (RAD)	.0002	.0002	.0001	.0001	.0001	.0000	.0000	.0000	.0001	.0001		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO, RANG, INI, TEN,												
HEAD 6.	58.0	10.47	10.48	10.48	10.48	10.47	10.45	10.44	10.43	10.40		
BR F 7.	77.2	26.94	27.55	28.04	28.30	28.28	28.12	27.92	27.54	26.91		
SP F 5.	169.3	7.91	8.43	9.32	10.19	11.27	13.10	13.76	14.38	15.09		
SP A 5.	15.8	14.51	14.60	14.26	13.87	13.32	12.48	11.85	11.27	10.64		
BR A 7.	96.2	21.46	22.59	23.90	25.11	26.26	27.49	28.45	29.11	29.64		
STRN 6.	122.0	10.31	10.34	10.37	10.41	10.44	10.48	10.51	10.53	10.57		
WIND ANG. (DEG)												
D X (M)	.091	.106	.119	.132	.143	.152	.160	.166	.174	.180		
D Y (M)	.458	.452	.442	.432	.421	.407	.393	.376	.359	.340		
AMP (RAD)	.0002	.0002	.0003	.0003	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO, RANG, INI, TEN,												
HEAD 6.	58.0	10.38	10.35	10.32	10.28	10.25	10.22	10.20	10.18	10.15		
BR F 7.	77.2	26.09	25.13	24.02	22.81	21.65	20.59	19.60	18.56	17.55		
SP F 5.	169.3	15.70	16.38	16.90	17.33	17.64	18.02	18.27	18.42	18.71		
SP A 5.	15.8	9.00	8.02	7.09	6.27	5.50	4.81	4.23	3.85	3.25		
BR A 7.	96.2	30.46	30.71	30.76	30.87	30.86	30.45	29.93	29.18	28.42		
STRN 6.	122.0	10.59	10.61	10.62	10.63	10.64	10.64	10.63	10.62	10.59		
WIND ANG. (DEG)												
D X (M)	.179	.173	.163	.151	.134	.117	.111					
D Y (M)	.319	.297	.275	.255	.236	.220	.200					
AMP (RAD)	.0004	.0004	.0003	.0002	.0002	.0001	.0000					
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000					
NAME RNO, RANG, INI, TEN,												
HEAD 6.	58.0	10.11	10.10	10.10	10.10	10.12	10.13	10.13	10.13	10.13		
BR F 7.	77.2	15.65	14.95	14.36	14.12	14.16	14.21	13.95	13.95	13.95		
SP F 5.	169.3	18.67	18.16	17.47	16.78	15.81	14.85	14.60	14.60	14.60		
SP A 5.	15.8	11.71	11.48	11.54	11.54	11.54	11.43	11.43	11.43	11.43		
BR A 7.	96.2	26.16	24.60	23.06	21.25	19.32	17.70	15.88	15.88	15.88		
STRN 6.	122.0	10.56	10.52	10.48	10.43	10.38	10.33	10.29	10.29	10.29		

表 4.3.13 100万トン型 (L/B=5.5) パラスタ状態

FINAL ROPE TENTION (TON)												
WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.		
D X (M)	.265	.246	.251	.241	.232	.198	.187	.175	.165	.146		
D Y (M)	.000	.000	.013	.039	.095	.182	.281	.336	.409	.475		
AMP (RAD)	.0000	.0000	.0001	.0003	.0005	.0006	.0007	.0007	.0008	.0008		
R (TON)	87.117	57.348	36.500	8.230	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. INI. TEN.												
HEAD	6.	58.0	10.17	10.16	10.21	10.29	10.37	10.46	10.57	10.65	10.73	10.78
BR F	7.	77.2	7.84	7.64	9.36	12.43	16.19	21.01	25.27	28.97	32.58	35.51
SP F	5.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.16	1.74	3.15	4.89
SP A	5.	15.8	5.0	20.92	19.80	19.73	18.48	18.16	17.01	17.32	18.20	18.17
BR A	7.	96.2	5.0	3.63	3.73	3.22	2.34	3.68	6.87	9.90	13.26	16.44
STRN	6.	122.0	10.0	9.84	9.82	9.79	9.82	9.90	9.97	10.05	10.12	10.20
WIND ANG. (DEG)												
D X (M)	50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.		
D Y (M)	.123	.099	.076	.050	.022	.010	.032	.056	.088	.096		
AMP (RAD)	.528	.580	.614	.653	.683	.703	.716	.727	.729	.720		
R (TON)	.0008	.0007	.0007	.0006	.0005	.0004	.0002	.0001	.0000	.0001		
NAME RNO. RANG. INI. TEN.												
HEAD	6.	58.0	10.82	10.85	10.86	10.85	10.81	10.78	10.74	10.69	10.66	
BR F	7.	77.2	37.84	39.68	40.46	41.40	41.75	41.05	40.53	39.40	38.14	37.14
SP F	5.	169.3	5.0	6.76	8.95	11.33	12.85	14.21	15.14	15.95	17.24	17.47
SP A	5.	15.8	5.0	17.61	17.23	16.75	16.24	15.48	14.64	13.56	12.27	11.79
BR A	7.	96.2	5.0	22.23	25.19	27.56	30.23	32.65	35.19	36.92	39.06	40.57
STRN	6.	122.0	10.0	10.27	10.35	10.42	10.49	10.57	10.65	10.70	10.77	10.84
WIND ANG. (DEG)												
D X (M)	100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.		
D Y (M)	.108	.115	.132	.157	.174	.190	.204	.219	.223	.225		
AMP (RAD)	.701	.677	.643	.607	.563	.519	.471	.423	.372	.319		
R (TON)	.0002	.0002	.0004	.0005	.0006	.0007	.0008	.0008	.0009	.0009		
NAME RNO. RANG. INI. TEN.												
HEAD	6.	58.0	10.61	10.56	10.47	10.39	10.30	10.23	10.15	10.08	10.01	9.95
BR F	7.	77.2	35.26	33.66	30.33	27.27	24.14	21.19	18.22	15.41	12.58	9.95
SP F	5.	169.3	5.0	17.40	17.35	17.25	17.72	17.85	17.94	18.10	17.60	17.13
SP A	5.	15.8	5.0	11.37	10.74	10.05	8.56	7.23	5.96	4.60	3.08	2.21
BR A	7.	96.2	5.0	40.63	40.00	40.21	39.77	38.73	37.54	35.66	34.08	32.10
STRN	6.	122.0	10.0	10.65	10.67	10.66	10.67	10.67	10.65	10.63	10.60	10.71
WIND ANG. (DEG)												
D X (M)	150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.					
D Y (M)	.242	.262	.308	.307	.277	.229	.187					
AMP (RAD)	.271	.212	.141	.076	.025	.002	.000					
R (TON)	.0008	.0008	.0006	.0005	.0002	.0000	.0000					
NAME RNO. RANG. INI. TEN.												
HEAD	6.	58.0	10.0	9.90	9.85	9.79	9.76	9.79	9.85	9.88		
BR F	7.	77.2	5.0	7.90	5.58	3.04	1.25	1.30	2.48	2.99		
SP F	5.	169.3	5.0	17.72	18.52	20.86	20.73	19.53	17.52	15.26		
SP A	5.	15.8	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		
BR A	7.	96.2	5.0	27.11	23.72	19.14	14.64	9.73	6.45	5.97		
STRN	6.	122.0	10.0	10.66	10.59	10.51	10.40	10.26	10.16	10.12		

表 4.3.14 100万トン型 (L/B=6.0) 満載状態

FINAL ROPE TENSION (TON)												
WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.		
D-X (M)	.065	.063	.066	.069	.072	.075	.078	.081	.084	.087	.090	.093
D Y (M)	.204	.212	.219	.227	.234	.241	.248	.255	.262	.269	.276	.283
AMP. (RAD)	.0001	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD 6.	58.0	10.0	10.30	10.34	10.37	10.39	10.41	10.43	10.45	10.46		
BR-F 7.	77.2	5.0	17.46	18.08	18.60	19.72	21.55	22.77	23.63	24.52	25.51	26.56
SP F 5.	169.3	5.0	3.96	4.25	4.19	4.33	4.52	4.60	4.78	4.84	5.02	5.21
SP-A 5.	15.8	5.0	13.35	13.26	13.60	14.03	13.98	14.05	14.58	14.84	15.12	15.21
BR A 7.	96.2	5.0	13.32	13.43	13.70	14.31	15.67	16.89	17.78	18.97	20.10	21.28
STRN 6.	122.0	10.0	10.13	10.13	10.14	10.18	10.20	10.22	10.25	10.27	10.30	
WIND ANG. (DEG)												
	50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.		
D-X (M)	.037	.031	.019	.006	.009	.029	.044	.056	.069	.083		
D Y (M)	.399	.419	.440	.459	.475	.489	.498	.504	.506	.505		
AMP. (RAD)	.0002	.0002	.0001	.0001	.0001	.0000	.0000	.0000	.0001	.0001		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD 6.	58.0	10.0	10.48	10.49	10.50	10.50	10.49	10.47	10.46	10.45	10.43	
BR-F 7.	77.2	5.0	27.42	28.27	28.94	29.48	29.79	29.84	29.44	29.05	28.41	
SP F 5.	169.3	5.0	8.29	8.83	9.76	10.68	11.67	12.66	13.74	14.44	15.09	15.64
SP-A 5.	15.8	5.0	15.13	15.24	14.91	14.52	13.95	13.07	12.41	11.80	11.14	10.27
BR A 7.	96.2	5.0	22.64	23.85	25.22	26.50	27.74	29.00	30.02	30.70	31.26	31.75
STRN 6.	122.0	10.0	10.33	10.36	10.40	10.43	10.47	10.51	10.54	10.56	10.58	10.60
WIND ANG. (DEG)												
	100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.		
D-X (M)	.098	.113	.127	.140	.151	.161	.169	.175	.182	.187		
D Y (M)	.500	.494	.483	.471	.459	.444	.428	.409	.391	.370		
AMP. (RAD)	.0002	.0002	.0003	.0003	.0003	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD 6.	58.0	10.0	10.40	10.37	10.34	10.30	10.27	10.24	10.22	10.19	10.17	10.15
BR-F 7.	77.2	5.0	27.54	26.54	25.38	24.11	22.90	21.78	20.74	19.66	18.61	17.61
SP F 5.	169.3	5.0	16.47	17.18	17.72	18.15	18.51	18.84	19.07	19.19	19.44	19.56
SP-A 5.	15.8	5.0	9.40	8.36	7.39	6.52	5.71	4.78	3.96	3.16	2.21	1.34
BR A 7.	96.2	5.0	32.09	32.36	32.35	32.43	32.39	31.91	31.31	30.48	29.62	28.55
STRN 6.	122.0	10.0	10.62	10.64	10.65	10.66	10.67	10.66	10.65	10.64	10.63	10.61
WIND ANG. (DEG)												
	150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.					
D-X (M)	.186	.178	.167	.154	.136	.119	.113					
D Y (M)	.347	.323	.300	.279	.253	.222						
AMP. (RAD)	.0004	.0004	.0003	.0002	.0001	.0000						
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000						
NAME RNO. RANG. INI.TEN.												
HEAD 6.	58.0	10.0	10.13	10.12	10.12	10.14	10.15					
BR-F 7.	77.2	5.0	16.67	15.95	15.35	15.12	15.16					
SP F 5.	169.3	5.0	19.28	18.70	17.93	17.17	16.15	15.16	14.90			
SP-A 5.	15.8	5.0	.82	.62	.69	.77	1.20	1.73	1.26			
BR A 7.	96.2	5.0	27.15	25.48	23.86	21.99	20.03	18.42	16.63			
STRN 6.	122.0	10.0	10.58	10.54	10.49	10.44	10.39	10.34	10.30			

表 4.3.15 100万トン型(L-6.0)の各主状値

FINAL ROPE TENSION (TON)													
WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.			
D X (M)	.245	.228	.234	.227	.217	.185	.182	.170	.161	.142			
D Y (M)	.000	.000	.016	.041	.107	.197	.277	.357	.433	.504			
AMP (RAD)	.0000	.0000	.0001	.0004	.0005	.0006	.0007	.0007	.0007	.0007			
K (TON)	77.482	48.940	30.110	2.479	.000	.000	.000	.000	.000	.000			
INI.TEN.													
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.										
HEAD	6.	58.0	10.0	10.15	10.14	10.20	10.27	10.36	10.47	10.56	10.64	10.72	10.78
BR F	7.	77.2	5.0	7.59	7.41	9.40	12.46	16.46	21.37	25.73	29.61	33.40	36.51
SP F	5.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.50	2.09	3.52	5.30
SP A	5.	15.8	5.0	19.67	18.65	18.60	17.76	17.68	16.70	17.51	18.02	18.61	18.65
BR A	7.	96.2	5.0	3.76	3.85	3.26	2.38	4.34	7.53	10.56	14.00	17.20	20.61
STRN	6.	122.0	10.0	9.85	9.86	9.81	9.81	9.65	9.93	9.99	10.07	10.14	10.22
IND. ANG. (DEG)													
D X (M)	.119	.094	.071	.045	.016	.016	.016	.016	.016	.016	.016	.016	.016
D Y (M)	.561	.616	.653	.695	.728	.749	.764	.775	.788	.798	.805	.811	.815
AMP (RAD)	.0006	.0007	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005
K (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
INI.TEN.													
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.										
HEAD	6.	58.0	10.0	10.83	10.86	10.86	10.87	10.86	10.82	10.80	10.75	10.70	10.67
BR F	7.	77.2	5.0	39.00	40.99	41.88	42.91	44.23	42.67	42.17	41.03	39.76	38.73
SP F	5.	169.3	5.0	7.22	8.96	10.38	11.54	13.52	14.92	15.69	16.72	18.04	18.27
SP A	5.	15.8	5.0	18.14	17.82	17.35	16.65	16.09	15.25	14.65	14.15	12.63	12.34
BR A	7.	96.2	5.0	23.29	26.36	28.83	31.59	34.11	36.73	38.52	40.72	42.13	42.26
STRN	6.	122.0	10.0	10.29	10.37	10.44	10.52	10.59	10.68	10.73	10.80	10.85	10.86
IND. ANG. (DEG)													
D X (M)	.114	.121	.136	.163	.180	.195	.208	.223	.225	.225	.225	.225	.226
D Y (M)	.746	.722	.687	.648	.601	.555	.503	.451	.397	.341	.285	.229	.175
AMP (RAD)	.0002	.0002	.0004	.0006	.0007	.0007	.0008	.0008	.0008	.0009	.0009	.0009	.0009
K (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
INI.TEN.													
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.										
HEAD	6.	58.0	10.0	10.62	10.58	10.49	10.40	10.32	10.24	10.17	10.10	10.03	9.97
BR F	7.	77.2	5.0	36.76	35.13	31.69	28.54	25.30	22.27	19.20	16.30	13.39	10.69
SP F	5.	169.3	5.0	18.20	16.13	16.01	18.46	16.55	16.58	18.54	16.65	18.06	17.50
SP A	5.	15.8	5.0	11.90	11.28	10.51	8.96	7.59	6.27	4.86	3.50	2.41	1.43
BR A	7.	96.2	5.0	42.33	41.63	41.80	41.29	40.16	36.86	37.04	35.10	32.96	30.46
STRN	6.	122.0	10.0	10.86	10.87	10.89	10.90	10.89	10.87	10.84	10.81	10.77	10.71
IND. ANG. (DEG)													
D X (M)	.238	.256	.299	.295	.263	.216	.175	.140	.105	.070	.035	.000	.000
D Y (M)	.289	.228	.153	.086	.027	.004	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
AMP (RAD)	.0008	.0007	.0006	.0006	.0004	.0002	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
K (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
INI.TEN.													
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.										
HEAD	6.	58.0	10.0	9.93	9.87	9.61	9.79	9.80	9.86	9.89	9.89	9.89	9.89
BR F	7.	77.2	5.0	8.61	6.27	3.74	1.98	1.44	2.61	3.15	3.15	3.15	3.15
SP F	5.	169.3	5.0	17.82	16.49	20.14	20.30	18.78	16.73	14.60	14.60	14.60	14.60
SP A	5.	15.8	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
BR A	7.	96.2	5.0	27.63	24.05	19.33	14.77	9.77	6.58	5.89	5.89	5.89	5.89
STRN	6.	122.0	10.0	10.66	10.58	10.50	10.39	10.25	10.15	10.11	10.11	10.11	10.11

表 4.3.16 L/B=5 100万トン鋼索必要数

ロープ径 種類	本船の状態	BREAST (F)	SPRING (F)	SPRING (A)	BREAST (A)	鋼索合計 所要数
40φ 6×37	満 載	6	3	3	6	18
	バ ラ ス ト	9	4	4	8	25
	多 い 方	9	4	4	8	25
40φ IWRC	満 載	5	3	2	5	15
	バ ラ ス ト	7	3	3	7	20
	多 い 方	7	3	3	7	20
50φ IWRC	満 載	3	2	2	4	11
	バ ラ ス ト	5	2	2	5	14
	多 い 方	5	2	2	5	14
60φ IWRC	満 載	2	1	1	3	7
	バ ラ ス ト	4	2	2	3	11
	多 い 方	4	2	2	3	11

表 4.3.17 L/B=5.5 100万トン鋼索必要数

ロープ径 種類	本船の状態	BREAST (F)	SPRING (F)	SPRING (A)	BREAST (A)	鋼索合計 所要数
40φ 6×37	満 載	6	3	3	7	19
	バ ラ ス ト	9	4	4	9	26
	多 い 方	9	4	4	9	26
40φ IWRC	満 載	5	3	2	6	16
	バ ラ ス ト	8	3	3	7	21
	多 い 方	8	3	3	7	21
50φ IWRC	満 載	4	2	2	4	12
	バ ラ ス ト	5	2	2	5	14
	多 い 方	5	2	2	5	14
60φ IWRC	満 載	3	2	1	3	9
	バ ラ ス ト	4	2	2	4	12
	多 い 方	4	2	2	4	12

表 4.3.18 L/B=6 100万トン鋼索必要数

ロープ径 種類	本船の状態	BREAST (F)	SPRING (F)	SPRING (A)	BREAST (A)	鋼索合計 所要数
40φ 6×37	満 載	7	3	3	7	20
	バ ラ ス ト	9	3	3	9	24
	多 い 方	9	3	3	9	24
40φ IWRC	満 載	6	3	2	6	17
	バ ラ ス ト	8	3	3	8	22
	多 い 方	8	3	3	8	22
50φ IWRC	満 載	4	2	2	4	12
	バ ラ ス ト	5	2	2	5	14
	多 い 方	5	2	2	5	14
60φ IWRC	満 載	3	2	1	3	9
	バ ラ ス ト	4	2	2	4	12
	多 い 方	4	2	2	4	12

計算結果から次のことが言える

- イ. L/B の差によっては所要索数に殆んど差異は出ないので、係船の面からL/B を制限する必要はない。
- ロ. イ. にはLの大きいSBTではバラスト喫水が深くなり、乾舷が減少することも利いているようである。
- ハ. イ. にはL/B の大きい船では船を前後に動かす力が小さくなり SPRING LINES に加わる力が小さくなることも利いているようである。
- ニ. 50mm径IWRCを所用すれば、40万トン型と大差ない鋼索数で係船装置が設計出来る。

注意；表 4.3.16 から 18 の所要鋼索数は、INPUT した索数と発生した最大張力との積を単純に許容最大張力で除して求めたものであり、索数を変えたことによる張力配分の変化迄は考慮していない。

4.3.3 索をグループ扱いした時と1本毎別扱いした時の差

今迄の計算は、4.2.4 に述べた如く索をHEAD, BREAST(FORE), SPRING(FORE), SPRING(AFT), BREAST(AFT), STERN の6グループに集約して行なって来た。グループ内の索の配置が殆んど同一であればこのような扱いでもほぼ正しい索張力が算出できるであろうが、着力点、索の角度、索の長さ等が同一グループ内で異なる場合にどのような張力配分となるかを検討する必要があると思われる。そこで次のような計算を行なって見た。

(1) 計算を行なった状態

- イ. 対象船 ; 40万トン型
- ロ. 船の状態 ; 満載
- ハ. 風 ; 2.25m/sec., 0度から180度 5度おき
- ニ. 潮 ; 1節真横から
- ホ. 索 ; 図 4.2.3. に基づき、表 4.3.19 の如く INPUT している。

鋼索は 40φ(6×37)A 種という想定である。

表 4.3.19 40万トン型満載状態、鋼索を個別扱いたした時のINPUT

```

CALCULATING CONDITION 400,000 TYPE FULL LOAD CONDITION CASE10
DIMENSION L X B X D 360.400 M X 68.000 M X 31.600 M
DRAFT 22.500 M
BLOCK COEFFICIENT .820
PROPELLER DIA. 9.800 M
NO. 1.
AREAS (SQ.METER) FRONT AREA FRONT (M*2) 706.00
ELEVATION (M*2) 651.00
WIND VELOCITY 22.500 M/SEC
VM = .0000 TANGI = .0000 VWP = .0150 VWN = .5144
XMAX = 1.4420 YMAX = 1.4420 ANGMX =
LCF = 65.0000 LCA = 85.0000
*** CHECK WRITE OF ROPE DATA ***
ROPE FROM HEIGHT LEN. LENG. INITIAL-TEN. ROPE ROPE
NAME MID-C.L. PROJ.DECK MIN. DIFF. MAX KIND NO. ANGLE
(DEG)
HEAD -189.0 0 10.4 115.0 10.0 10.0 5.0 60.0 FR 4.0 0.0 0. 58.0 0.0
BRF1 -153.5 27.5 6.7 70.0 13.7 5.0 3.0 65.0 SWR 1.0 0.0 0. 85.0 0.0
BRF2 -149.0 28.7 6.7 69.5 15.0 5.0 3.0 65.0 SWR 1.0 0.0 0. 80.5 0.0
BRF3 -131.0 32.5 6.7 71.5 18.3 5.0 3.0 65.0 SWR 1.0 0.0 0. 66.0 0.0
SPF1 -126.0 32.5 5.6 47.0 20.0 5.0 3.0 65.0 SWR 1.0 0.0 0. 169.5 0.0
SPF2 -109.0 33.8 5.6 30.5 21.2 5.0 3.0 65.0 SWR 1.0 0.0 0. 165.0 0.0
SPF3 -104.0 33.8 5.6 70.0 21.2 5.0 3.0 65.0 SWR 1.0 0.0 0. 173.5 0.0
SPA1 92.5 33.5 5.6 58.0 18.7 5.0 3.0 65.0 SWR 1.0 0.0 0. 61.0 0.0
SPA2 97.5 33.0 5.6 19.5 18.5 5.0 3.0 65.0 SWR 1.0 0.0 0. 24.5 0.0
SPA3 113.0 32.8 5.6 34.0 18.3 5.0 3.0 65.0 SWR 1.0 0.0 0. 15.0 0.0
BHA1 117.5 31.6 6.0 78.0 18.0 5.0 3.0 65.0 SWR 1.0 0.0 0. 122.5 0.0
BHA2 167.5 19.0 6.0 79.0 17.5 5.0 3.0 65.0 SWR 1.0 0.0 0. 84.5 0.0
BHA3 172.0 17.5 6.0 81.0 15.5 5.0 3.0 65.0 SWR 1.0 0.0 0. 81.5 0.0
STAN -189.0 0 6.4 115.0 10.0 10.0 5.0 60.0 FR 4.0 0.0 0. 122.0 0.0
ROPE DIA. BREAK ROPE=AREA YOUNG.
KIND (MM) TEN(M) (CM*2) (T/CM*2)
FR 80.0 105.0 .000 .00
SWR 40.0 86.6 6.290 1000.00

```

表 4.3.20 (1/2) 40万トン型滿載状態，鋼索を個別扱した時(0度~145度)

WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.
D X (M)	.062	.061	.062	.063	.053	.046	.044	.039	.034	.028
D Y (M)	.133	.142	.151	.171	.207	.232	.249	.269	.289	.310
AMP. (RAD)	.0002	.0002	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
NAME	RNO	RANG	INI	TEN						
HEAD	4.	58.0	10.0	10.33	10.36	10.40	10.43	10.45	10.46	10.48
BRF1	1.	85.0	5.0	17.62	18.59	19.49	21.24	24.10	25.66	26.70
BRF2	1.	80.5	5.0	17.64	18.66	19.45	21.14	23.80	25.39	26.40
BRF3	1.	66.0	5.0	16.76	17.57	18.26	19.69	21.82	23.10	23.79
SFF1	1.	169.5	5.0	3.64	3.05	3.16	3.61	5.12	6.17	6.51
SFF2	1.	165.0	5.0	3.46	4.10	4.33	5.10	7.33	8.67	9.47
SFF3	1.	173.5	5.0	2.44	2.68	2.71	2.94	3.88	4.55	5.16
SPA1	1.	8.0	5.0	10.75	10.54	10.59	10.93	10.93	10.40	10.24
SPA2	1.	24.5	5.0	20.18	20.23	20.85	21.66	22.70	23.46	24.49
SPA3	1.	15.0	5.0	14.66	14.56	14.89	15.32	15.26	15.29	15.73
BRA1	1.	122.5	5.0	9.06	9.38	9.78	10.72	12.91	14.68	15.75
BRA2	1.	84.5	5.0	11.75	11.92	12.39	13.38	15.45	17.24	18.50
BRA3	1.	81.5	5.0	11.85	12.00	12.47	13.45	15.47	17.23	18.46
STRN	4.	122.0	10.0	10.08	10.09	10.11	10.16	10.21	10.24	10.28

WIND ANG. (DEG)	50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.
D X (M)	.019	.013	.002	.009	.021	.037	.049	.059	.068	.080
D Y (M)	.331	.349	.369	.366	.401	.414	.423	.428	.430	.450
AMP. (RAD)	.0001	.0001	.0001	.0000	.0001	.0002	.0002	.0003	.0003	.0004
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
NAME	RNO	RANG	INI	TEN						
HEAD	4.	58.0	10.0	10.52	10.52	10.51	10.50	10.48	10.47	10.45
BRF1	1.	85.0	5.0	31.24	32.24	33.02	33.64	33.97	33.91	33.66
BRF2	1.	80.5	5.0	30.77	31.75	32.46	33.04	33.31	33.21	32.93
BRF3	1.	66.0	5.0	27.56	28.35	28.89	29.29	29.43	29.20	28.87
SFF1	1.	169.5	5.0	9.57	10.27	11.33	13.34	15.52	14.52	15.51
SFF2	1.	165.0	5.0	13.98	15.00	16.48	17.86	19.28	20.67	22.02
SFF3	1.	173.5	5.0	6.71	7.16	7.90	8.60	9.36	10.27	10.95
SPA1	1.	8.0	5.0	9.74	9.60	9.13	8.65	8.07	7.26	6.65
SPA2	1.	24.5	5.0	27.51	28.24	28.51	28.67	28.58	28.10	27.74
SPA3	1.	15.0	5.0	16.21	15.35	16.06	15.74	15.24	14.44	13.83
BRA1	1.	122.5	5.0	21.75	23.17	24.90	26.50	28.09	29.78	31.10
BRA2	1.	84.5	5.0	24.91	26.45	28.20	29.82	31.39	33.01	34.33
BRA3	1.	81.5	5.0	24.81	26.32	28.05	29.64	31.18	32.76	34.03
STRN	4.	122.0	10.0	10.44	10.44	10.49	10.54	10.58	10.66	10.71

WIND ANG. (DEG)	100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.
D X (M)	.091	.103	.114	.125	.134	.142	.148	.153	.161	.167
D Y (M)	.427	.422	.413	.404	.394	.381	.368	.352	.336	.318
AMP. (RAD)	.0005	.0005	.0006	.0007	.0008	.0008	.0008	.0009	.0009	.0009
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
NAME	RNO	RANG	INI	TEN						
HEAD	4.	58.0	10.0	10.38	10.35	10.31	10.27	10.22	10.19	10.16
BRF1	1.	85.0	5.0	30.85	29.54	28.02	26.34	24.75	23.30	21.94
BRF2	1.	80.5	5.0	30.05	28.73	27.22	25.56	23.97	22.52	21.18
BRF3	1.	66.0	5.0	26.06	24.83	23.45	21.95	20.53	19.20	17.97
SFF1	1.	169.5	5.0	18.14	18.78	19.25	19.65	19.98	20.26	20.46
SFF2	1.	165.0	5.0	25.14	25.83	26.29	26.63	26.90	27.09	27.17
SFF3	1.	173.5	5.0	13.06	13.62	14.07	14.46	14.81	15.11	15.34

表 4.3.20 (2/2) (150度~180度)

SPA1	1.	8.0	5.0	4.25	3.49	2.79	2.14	1.54	.92	.38	.00	.00
SPA2	1.	24.5	5.0	24.84	23.58	22.27	21.09	19.93	18.44	17.02	15.44	13.48
SPA3	1.	15.0	5.0	11.00	9.99	9.01	8.12	7.27	6.28	5.38	4.43	3.18
BRA1	1.	122.5	5.0	34.17	34.71	34.99	35.31	35.51	35.28	34.93	34.32	33.80
BRA2	1.	84.5	5.0	37.13	37.52	37.67	37.93	38.09	37.81	37.03	36.16	35.25
BRA3	1.	81.5	5.0	36.77	37.15	37.29	37.54	37.69	37.20	36.61	35.74	34.81
STRN	4.	122.0	10.0	10.78	10.81	10.82	10.84	10.85	10.85	10.85	10.84	10.82
WIND ANG. (DEG)				150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.		
U-X (M)				.167	.162	.153	.142	.123	.105	.096		
U Y (M)				.297	.273	.250	.227	.204	.184	.159		
AMP (RAD)				.0009	.0008	.0007	.0006	.0005	.0003	.0002		
R (TON)				.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
NAME	RNO	RANG.	INI	JEN.								
MEAU	4.	56.0	10.0	10.04	10.03	10.02	10.03	10.05	10.08	10.08		
BRE1	1.	85.0	5.0	16.39	15.33	14.42	14.05	14.14	14.22	13.85		
BRE2	1.	80.5	5.0	15.62	14.59	13.71	13.36	13.48	13.60	13.23		
BRE3	1.	66.0	5.0	12.81	11.90	11.17	10.87	11.04	11.24	10.84		
SPF1	1.	169.5	5.0	20.93	20.33	19.51	18.62	17.30	15.95	15.39		
SPF2	1.	165.0	5.0	27.10	26.17	24.98	23.73	21.98	20.21	19.17		
SPF3	1.	173.5	5.0	16.05	15.68	15.13	14.50	13.52	12.52	12.13		
SPA1	1.	6.0	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		
SPA2	1.	24.5	5.0	9.80	8.42	7.43	6.37	5.87	5.76	3.88		
SPA3	1.	15.0	5.0	1.11	.60	.40	.23	.57	1.12	.58		
BRA1	1.	122.5	5.0	31.71	29.92	28.04	25.74	23.03	20.60	18.17		
BRA2	1.	84.5	5.0	32.40	30.29	28.18	25.51	22.51	19.93	16.87		
BRA3	1.	81.5	5.0	31.95	29.85	27.76	25.11	22.14	19.60	16.54		
STRN	4.	122.0	10.0	10.77	10.72	10.66	10.59	10.51	10.43	10.35		

(2) 計算結果

OUTPUTを表4.3.2.0に示す。

(3) 計算結果の整理

表4.3.6に索を6グループ化して計算したOUTPUTがあるので、これと表4.3.2.0と比較し、以下の表4.3.21を作成した。なお繊維索については問題にならぬので省略した。

表4.3.21 グループ化INPUTと個別INPUTによる最大張力の差

索のグループ	索名	最大張力 (t/本)	最大張力の発生する風向(度)	最大張力(個別)最大張力(グループ)
BREAST (F)	グループ化, 1本当り	3 2 7 0	7 0	—
	BRF 1	3 3 9 7	7 0	1.0 4
	BRF 2	3 3 3 1	7 0	1.0 2
	BRF 3	2 9 4 3	7 0	0.9 0
SPRING (F)	グループ化, 1本当り	1 9 7 4	1 4 5	—
	SPF 1	2 1 1 5	1 4 5	1.0 7
	SPF 2	2 7 5 6	1 4 5	1.4 0
	SPF 3	1 6 1 2	1 4 5	0.8 2
SPRING (A)	グループ化, 1本当り	1 6 1 1	5 5	—
	SPA 1	1 0 9 3	1 5	0.6 8
	SPA 2	2 8 6 7	6 5	1.7 8
	SPA 3	1 6 3 5	5 5	1.0 1
BREAST (A)	グループ化, 1本当り	3 6 6 0	1 2 0	—
	BRA 1	3 5 5 1	1 2 0	0.9 7
	BRA 2	3 8 0 6	1 2 0	1.0 4
	BRA 3	3 7 6 6	1 2 0	1.0 3

上表4.3.2.1によれば、グループ化してINPUTした時に比し、個別INPUT時の索張力は0.68倍から1.78倍の間で変化している。今、1.78倍のSPA2と1.40倍のSPF2に関し、ロープの展張長さ(表4.3.1.9)におけるLEN. PROJ及びLENG. DECK)を見ると他の索より可成短い。これが見掛けのバネ常数を高くして高い張力を発生させていると思われる。これら(SPF2, SPA2)の索の張力はBREASTのそれに比して低いので現実の問題は少ないが、係船にあたって注意することは必要であろう。

SPF2, SPA2を除くと最大張力の比は1.07以下におさまっている。しかし、SPF2及びSPA2をゆるめれば多少とも他の索へも影響が出る。これらを考へて、グループ化してINPUTした場合、得られた張力の約1.1倍程度が個別の索に加わり得ると考へる必要があろう。

100万トン型については40万トン型に比して索数を増加させる必要があるので、かえって同一グループ内で張力配分の悪くなるような索取りをしないで済むようになるのではないかと考へられるが、設計にあたっては索の角度及

び展張長さに留意する必要がある。

4.3.4 HEAD, STERN LINESの一部を繊維索から鋼索に変えた場合

現在迄100万トン型のHEAD及びSTERN LINESは80mm径NYLON各々6本として検討して来た。繊維索と鋼索との伸び率には大差があるため、船自体に大きな外力が働いても繊維索の張力は初期張力からわずかしか上らない。ということは係留中はこれらの索はあまり有効に働いていないということなので繊維索12本、初期張力10t、鋼索22本、初期張力5tの状態を比較の基準とし、この基準状態のHEAD STERN LINESの内計8本を鋼索と置きかえ、その結果、合計索数を何本減少出来るか検討してみた。

(1) 計算を行なった状態

- イ. 対象船 : 100万トン型 L/B=5
- ロ. 船の状態 : BALLAST
- ハ. 風 : 22.5m/sec. 0から180度 5度おき
- ニ. 潮 : 1節真横から
- ホ. 索 : 鋼索は40φIWRCと想定し、表4.3.22に比較の基準と繊維索80mm径ナイロンの1部を鋼索に変えた場合との両者示す

表 4.3.22 100万トン型索及び索取り INPUT DATA

状態	ROPE NAME	FROM MID	FROM C. L.	HEIGHT		LEN. PROJ.	LENG. DECK	ROPE KIND
				FULL	BALLAST			
比較の基準	HEAD	-239.0	.0		37.7	146.0	10.0	FR
	BR F	-182.8	36.2		32.8	88.9	25.6	SWR
	SP F	-142.9	44.4		32.1	62.2	30.4	SWR
	SP A	127.8	45.6		29.8	47.1	30.3	SWR
	BR A	192.7	30.2		29.9	100.3	18.5	SWR
	STRN	239.0	.0		30.3	146.0	10.0	FR
繊維索減、鋼索多用	HEAD	-239.0	.0		37.7	146.0	10.0	FR
	HEAD	-239.0	.0		37.7	146.0	10.0	SWR
	BR F	-182.8	36.2		32.8	88.9	25.6	SWR
	SP F	-142.9	44.4		32.1	62.2	30.4	SWR
	SP A	127.8	45.6		29.8	47.1	30.3	SWR
	BR A	192.7	30.2		29.9	100.3	18.5	SWR
	STRN	239.0	.0		30.3	146.3	10.0	SWR
	STRN	239.0	.0		30.3	146.3	10.0	FR

(2) 計算結果

OUTPUTを表4.3.23及び4.3.24に示す。表4.3.23は比較の基準であり、繊維索12本、鋼索22本、合計34本として計算されたものであるが、最大張力を見るとSPRING LINESを2本減らし得ると思われる。

他方、表4.3.24の最大張力はほぼ良好に配分され許容値内におさまっているため、繊維索4本、鋼索24本、合計28本で足りると思われる。

表 4.3.23 100万トン型バラスト状態、比較の基準

FINAL ROPE TENTION (TON)												
WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.		
D X (M)	.289	.269	.275	.261	.252	.219	.207	.170	.155	.136		
D Y (M)	.000	.000	.003	.024	.061	.128	.187	.249	.303	.352		
AMP (RAD)	.0000	.0000	.0000	.0002	.0003	.0004	.0005	.0006	.0006	.0006		
R (TON)	99.205	67.921	41.403	12.517	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
INI.TEN.												
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.									
HEAD	6.	58.0	10.19	10.19	10.32	10.40	10.47	10.52	10.58	10.62		
BR F	7.	77.2	5.0	9.35	12.46	16.04	20.77	24.92	28.69	32.17	34.93	
SP F	4.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.10	3.05	
SP A	4.	15.8	5.0	27.14	25.98	24.11	23.42	21.73	21.71	19.92	19.72	19.36
BR A	7.	96.2	5.0	3.03	3.17	2.98	2.10	3.01	6.21	9.24	12.78	15.95
STRN	6.	122.0	10.0	9.80	9.82	9.81	9.79	9.81	9.87	9.93	10.01	10.07
INI.TEN.												
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.									
HEAD	6.	58.0	10.0	10.65	10.67	10.66	10.62	10.60	10.56	10.52	10.50	
BR F	7.	77.2	5.0	37.10	38.81	39.48	40.33	40.61	39.88	39.33	38.21	36.96
SP F	4.	169.3	5.0	5.19	7.09	8.65	10.36	12.11	13.70	14.73	15.73	17.61
SP A	4.	15.8	5.0	18.44	17.76	17.00	16.21	15.15	14.04	13.27	12.62	11.05
BR A	7.	96.2	5.0	21.59	24.47	26.75	29.34	31.69	34.15	35.83	37.91	39.40
STRN	6.	122.0	10.0	10.19	10.25	10.31	10.37	10.43	10.49	10.53	10.59	10.63
INI.TEN.												
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.									
HEAD	6.	58.0	10.0	100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.
D X (M)	.091	-.097	-.112	-.134	-.150	-.165	-.178	-.194	-.198	-.214		
D Y (M)	.516	.499	.474	.448	.416	.384	.349	.314	.277	.238		
AMP (RAD)	-.0001	-.0002	-.0003	-.0004	-.0005	-.0005	-.0006	-.0006	-.0006	-.0007		
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
INI.TEN.												
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.									
HEAD	6.	58.0	10.0	10.46	10.43	10.35	10.29	10.22	10.16	10.10	10.04	9.99
BR F	7.	77.2	5.0	34.14	32.59	29.35	26.37	23.32	20.46	17.55	14.81	12.05
SP F	4.	169.3	5.0	17.61	17.63	17.64	18.36	18.69	18.97	19.21	19.64	19.84
SP A	4.	15.8	5.0	10.06	9.43	8.65	6.97	5.52	4.13	2.63	.94	.00
BR A	7.	96.2	5.0	39.49	38.88	39.12	38.74	37.78	36.69	35.14	33.50	31.67
STRN	6.	122.0	10.0	10.65	10.65	10.67	10.68	10.67	10.67	10.65	10.63	10.61
INI.TEN.												
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.									
HEAD	6.	58.0	10.0	150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.		
D X (M)	-.250	-.271	-.318	-.320	-.294	-.250	-.208					
D Y (M)	.201	.159	.106	.057	.015	.000	.000					
AMP (RAD)	-.0006	-.0006	-.0004	-.0003	-.0001	.0000	.0000					
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000					
INI.TEN.												
NAME	RNO.	RANG.	INI.TEN.									
HEAD	6.	58.0	10.0	9.89	9.84	9.79	9.76	9.78	9.83	9.86		
BR F	7.	77.2	5.0	7.19	4.90	2.33	.50	.32	1.51	2.09		
SP F	4.	169.3	5.0	22.13	23.53	26.56	26.84	25.23	22.59	19.64		
SP A	4.	15.8	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		
BR A	7.	96.2	5.0	26.72	23.50	19.07	14.61	9.55	6.70	6.41		
STRN	6.	122.0	10.0	10.55	10.50	10.44	10.36	10.25	10.17	10.14		

表 4.3.24 100万トン型バラスタ状態, FR 8本をSWRに変えた状態

WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.
D X (M)	.407	.379	.394	.377	.356	.313	.304	.263	.230	.177
D Y (M)	.023	.022	.027	.049	.094	.199	.250	.299	.344	.344
AMP (RAD)	.00002	.00002	.00003	.00003	.00002	.00001	.00000	.00000	.00001	.00002
R (TON)	84.047	50.273	26.488	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
NAME	RNO	RANG.	INI	TEN.						
HEAD	2.	58.0	10.0	10.24	10.23	10.23	10.29	10.35	10.41	10.46
HEAD	4.	58.0	5.0	14.37	13.68	13.80	14.03	16.17	18.53	20.83
BR F	6.	77.2	5.0	9.82	9.45	9.46	10.31	13.67	17.78	21.22
SP F	2.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
SP A	2.	15.8	5.0	[38.0]	35.83	37.33	36.61	35.45	32.64	32.77
BR A	6.	96.2	5.0	6.18	6.28	7.05	8.76	10.71	13.14	15.71
STRN	4.	122.0	5.0	.00	.00	.00	1.49	3.82	5.64	8.15
STRN	2.	122.0	10.0	9.80	9.82	9.83	9.87	9.91	9.97	10.02
WIND ANG. (DEG)	50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.
D X (M)	.132	.104	.079	.052	.022	.007	.026	.043	.076	.085
D Y (M)	.380	.413	.434	.459	.478	.491	.499	.506	.508	.503
AMP (RAD)	.00003	.00003	.00003	.00002	.00002	.00002	.00002	.00001	.00001	.00000
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
NAME	RNO	RANG.	INI	TEN.						
HEAD	2.	58.0	10.0	10.56	10.58	10.59	10.57	10.56	10.54	10.51
HEAD	4.	58.0	5.0	26.61	27.54	27.70	27.01	26.51	25.70	24.69
BR F	6.	77.2	5.0	32.93	34.69	36.66	[37.30]	37.17	37.05	36.51
SP F	2.	169.3	5.0	2.02	4.49	6.50	8.70	11.03	12.96	14.28
SP A	2.	15.8	5.0	21.75	20.25	18.84	17.36	15.54	13.94	12.84
BR A	6.	96.2	5.0	24.89	27.01	28.61	30.43	32.00	33.57	34.84
STRN	4.	122.0	5.0	15.01	17.02	18.66	20.50	22.24	24.02	25.24
STRN	2.	122.0	10.0	10.26	10.31	10.35	10.40	10.44	10.49	10.52
WIND ANG. (DEG)	100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.
D X (M)	.089	.096	.103	.129	.148	.165	.186	.233	.248	.268
D Y (M)	.491	.476	.455	.432	.405	.378	.348	.319	.287	.254
AMP (RAD)	.00000	.00000	.00001	.00002	.00002	.00002	.00002	.00002	.00002	.00002
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
NAME	RNO	RANG.	INI	TEN.						
HEAD	2.	58.0	10.0	10.46	10.44	10.39	10.34	10.29	10.24	10.19
HEAD	4.	58.0	5.0	22.92	21.97	20.00	18.06	16.13	14.33	12.49
BR F	6.	77.2	5.0	33.89	32.70	30.31	28.19	25.91	23.76	21.55
SP F	2.	169.3	5.0	17.79	17.99	17.74	19.06	19.87	20.65	21.65
SP A	2.	15.8	5.0	8.83	8.09	7.67	5.46	3.63	1.83	.00
BR A	6.	96.2	5.0	36.42	35.74	35.56	34.76	33.57	32.30	30.94
STRN	4.	122.0	5.0	28.16	27.88	28.11	[28.20]	27.68	27.46	26.80
STRN	2.	122.0	10.0	10.59	10.58	10.59	10.58	10.57	10.56	10.54
WIND ANG. (DEG)	150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.			
D X (M)	.327	.364	.450	.470	.452	.388	.327			
D Y (M)	.224	.189	.146	.105	.057	.042	.035			
AMP (RAD)	.00000	.00000	.00004	.00004	.00004	.00004	.00003			
R (TON)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	18.808	48.136		
NAME	RNO	RANG.	INI	TEN.						
HEAD	2.	58.0	10.0	10.01	9.97	9.92	9.89	9.87	9.89	9.90
HEAD	4.	58.0	5.0	5.43	3.88	1.83	.69	.04	.57	1.14
BR F	6.	77.2	5.0	13.80	12.06	10.34	8.69	6.93	6.35	5.99
SP F	2.	159.3	5.0	50.82	53.44	59.92	41.29	39.80	34.82	30.12
SP A	2.	15.8	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
BR A	6.	96.2	5.0	21.76	18.75	14.33	10.55	6.41	5.58	5.00
STRN	4.	122.0	5.0	20.53	22.5	20.01	18.25	14.88	13.07	11.86
STRN	2.	122.0	10.0	10.47	10.40	10.40	10.34	10.23	10.21	10.18

結言すると HEAD, STERN LINES がすべて繊維索である場合、合計所要索数を32本とすると、HEAD STERN LINES に4本のみ繊維索を残した場合は合計所要索数は28本となり、計4本の減少が可能である。但し、繊維索の増し締めを行ない、鋼索の負担を軽くする可能性を制限することになるということを忘れてはならない。

4.3.5 HEAD, STERN LINES の初期張力を上げた場合

4.3.4に述べたような理由で、繊維索の有効さは低い。今、これを改善するため4.3.4では1部を鋼索に変える検討を行なった。一方、繊維索を鋼索に変えなくても繊維索の効果を向上させることが出来る。そのためには、繊維索に与える初期張力を上げれば良い。

4.3.1の計算では、繊維索の初期張力は10tとされて居るが、これを最大使用荷重一杯迄(破断荷重/3.8)上げて計算してみる。

(1) 計算を行なった状態

- イ. 対象船 ; 100万トン型 L/B=5
- ロ. 船の状態 ; BALLAST
- ハ. 風 ; 22.5m/sec 0から180度 5度おき
- ニ. 潮 ; 1節真横から
- ホ. 索 ; 表4.3.2 2の状態から BREAST 及び SPRING の索数を減じ、繊維索の初期張力を27tに上げた。

(2) 計算結果

OUTPUT を表4.3.2 5に示す。

4.3.4(2)にて、繊維索12本、その初期張力10tの時の必要索数は32本であると想定した。それに対し、繊維索の初期張力を上げた場合は、必要索数は合計28本となり鋼索を4本減少できる。但し、これ以上繊維索の増し締めは行なえなくなる。

4.3.6 錨鎖を利用した2点係留法

多数の索を使用するドルフィン係船においては、索間の張力配分が均一化出来ず、突風にあおられた時など、張力が限界に達した索から順次破断するに至ることがある。若し、使用している索の数が少ない場合は、このような各個撃破の現象は起きにくいし、また、風向等の変化に対する係船索の挙動の予測も容易であり、係船の安全性の向上をはかれると思われる。

今、ドルフィン船を固定するという条件で、索数を極減するには、丈夫な索を HEAD STERN の2本、若しくは数が増えても極力同一の2箇所にとることが考えられる。また極減された索数で大きな外力に耐えるためには、強度の非常に大きい錨鎖を用い、同時にそのカテナリーをバネとして利用することが考えられる。

そこで以下のように2点係留法について計算を行なってみた。

(1) 計算を行なった状態

- イ. 対象船 ; 100万トン型(L/B=5), 70万トン型(L/B=5), 40万トン型
- ロ. 船の状態 ; バラスト
- ハ. 風 ; 22.5m/sec. 0度から180度, 5度おき
- ニ. 潮 ; 1節真横から
- ホ. 索 ; 132mm径の錨鎖(NK第3種とすれば切断試験荷重1,165t, 耐力試験荷重816t)を1箇所当り3ないし1本、索による係船の HEAD 及び STERN LINES の位置に取ったとしている。

表 4.3.25 100万トン型バラスト状態, FRの初期張力を上げた状態

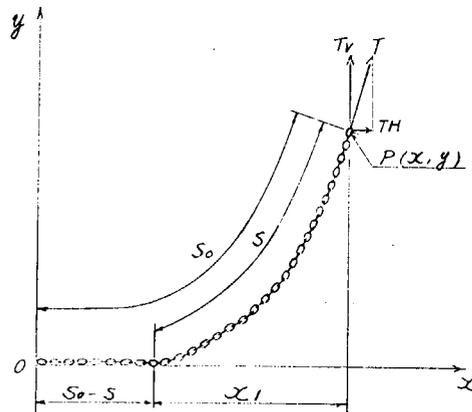
FINAL ROPE TENSION (TON)												
WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.		
D X (M)	.410	.384	.394	.391	.402	.387	.392	.361	.319	.259		
D Y (M)	.000	.000	.000	.000	.000	.020	.044	.079	.160	.235		
AMP. (RAD)	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0004	.0006	.0007	.0007		
R (TON)	249.301	218.072	189.616	147.867	107.550	65.136	30.377	.000	.000	.000		
NAME RNO. RANG. INI. TEN.												
HEAD 6.	58.0	27.0	27.27	27.26	27.27	27.33	27.41	27.48	27.55	27.60		
BR F 5.	77.2	5.0	10.74	10.52	10.47	10.63	13.57	17.62	21.34	26.39	30.57	
SP F 3.	169.3	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
SP A 3.	15.8	5.0	34.40	35.20	34.93	35.81	33.94	33.41	30.61	28.79	25.56	
BR A 5.	96.2	5.0	2.21	2.39	2.31	2.26	1.43	.23	.42	5.02	9.72	
STRN 6.	122.0	27.0	26.72	26.74	26.73	26.74	26.73	26.71	26.68	26.69	26.79	26.90
WIND ANG. (DEG)												
D X (M)	50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.		
D Y (M)	.189	.156	.127	.097	.063	.025	.001	.029	.067	.079		
AMP. (RAD)	.298	.351	.385	.425	.455	.475	.488	.499	.501	.492		
R (TON)	.0007	.0007	.0007	.0006	.0005	.0003	.0002	.0000	.0001	.0002		
NAME RNO. RANG. INI. TEN.												
HEAD 6.	58.0	27.0	27.63	27.66	27.66	27.65	27.60	27.57	27.52	27.47	27.43	
BR F 5.	77.2	5.0	33.95	36.35	37.30	38.48	37.87	37.12	35.58	33.85	32.49	
SP F 3.	169.3	5.0	.00	2.24	4.33	6.98	11.10	12.55	13.82	15.90	16.31	
SP A 3.	15.8	5.0	21.30	20.12	19.14	18.12	16.75	15.30	14.29	13.44	11.35	10.62
BR A 5.	96.2	5.0	13.56	17.59	20.77	24.35	27.61	31.01	33.34	36.22	38.08	38.27
STRN 6.	122.0	27.0	27.00	27.09	27.17	27.25	27.33	27.42	27.48	27.55	27.61	27.63
WIND ANG. (DEG)												
D X (M)	100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.		
D Y (M)	.090	.099	.119	.149	.171	.190	.209	.257	.293	.317		
AMP. (RAD)	.472	.448	.414	.377	.332	.289	.259	.188	.117	.103		
R (TON)	.0003	.0003	.0005	.0006	.0008	.0009	.0009	.0011	.0011	.0010		
NAME RNO. RANG. INI. TEN.												
HEAD 6.	58.0	27.0	27.38	27.33	27.23	27.14	27.05	26.96	26.88	26.85	26.85	
BR F 5.	77.2	5.0	29.94	27.80	23.30	19.17	14.94	10.96	6.94	2.89	.00	.00
SP F 3.	169.3	5.0	16.29	16.31	16.29	17.23	17.63	17.98	18.28	20.67	21.76	23.90
SP A 3.	15.8	5.0	10.02	9.16	8.10	5.85	3.88	2.00	.00	.00	.00	.00
BR A 5.	96.2	5.0	18.40	37.34	37.86	37.32	35.98	34.47	32.31	29.71	27.21	24.99
STRN 6.	122.0	27.0	27.64	27.63	27.66	27.67	27.67	27.66	27.64	27.62	27.60	27.57
WIND ANG. (DEG)												
D X (M)	150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.					
D Y (M)	.366	.395	.458	.458	.413	.344	.288					
AMP. (RAD)	.084	.062	.029	.000	.000	.000	.000					
R (TON)	.0008	.0006	.0003	.0000	.0000	.0000	.0000					
NAME RNO. RANG. INI. TEN.												
HEAD 6.	58.0	27.0	26.65	26.66	26.66	26.69	26.72	26.77	26.81			
BR F 5.	77.2	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.19	.98			
SP F 3.	169.3	5.0	28.01	30.74	36.31	37.23	34.07	29.23	25.32			
SP A 3.	15.8	5.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00			
BR A 5.	96.2	5.0	22.03	18.38	13.13	8.11	7.81	7.34	6.96			
STRN 6.	122.0	27.0	27.54	27.48	27.41	27.31	27.28	27.23	27.19			

(2) カテナリーのバネとしての扱い

静的計算プログラムでは索をバネと扱っている。今、このプログラムにより錨鎖による2点係留につき計算するため、カテナリーをバネ常数化してプログラム中に取り込むこととし、以下のように処理した。

記号は以下のようにする。

- S_0 錨鎖の全長
- W 錨鎖の単位長さあたりの重量
- T 張力
- T_V 張力の鉛直方向成分
- T_H 張力の錨鎖と一致する方向の水平成分
- O 岸壁上ピットの座標, 原点と取る
- $P(x, y)$... 錨鎖の船側端座標
- ϕ $P(x, y)$ における錨鎖の傾斜角
- a T_H/W



S_0 : 錨鎖の全長
 S : カテナリーの長さ
 $S_0 - S \geq 0$

図 4.3.3

(a) 錨鎖の岸壁端に水平に横たわる部分があるとき

$$S = a \sinh \frac{x_1}{a} \dots\dots\dots (4.3.1)$$

$$y = a \left(\cosh \frac{x_1}{a} - 1 \right) \dots\dots\dots (4.3.2)$$

式(4.3.2)より

$$\frac{x_1}{a} = \cosh^{-1} \left(\frac{y}{a} + 1 \right) \dots\dots\dots (4.3.3)$$

を得る。これを式(4.3.1)に代入し \cosh^{-1} を \sin^{-1} に書きかえると

$$S = \sqrt{y^2 + 2ay}$$

を得る。故に

$$\begin{aligned} x &= S_0 - S + x_1 \\ &= S_0 - \sqrt{y^2 + 2ay} + a \cosh^{-1} \left(\frac{y}{a} + 1 \right) \dots\dots\dots (4.3.4) \end{aligned}$$

となる。このとき

$$x - x_1 = S_0 - S \geq 0 \text{ であり, } S_0 \geq \sqrt{y^2 + 2ay} \text{ である。}$$

今、バネ常数は

$$K = \frac{dT_H}{dx}$$

$$dT_H = W \cdot da$$

即ち

$$K = \frac{W \cdot da}{dx} \dots\dots\dots (4.3.5)$$

と考えれば良い。

いま、式(4.3.4)を a について微分すると

$$\frac{dx}{da} = \cos h^{-1}\left(\frac{y}{a} + 1\right) - \frac{2y}{\sqrt{y^2 + 2ay}} \dots\dots\dots (4.3.6)$$

式(4.3.5)と(4.3.6)とから

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{W} \left\{ \cos h^{-1}\left(\frac{y}{a} + 1\right) - \frac{2y}{\sqrt{y^2 + 2ay}} \right\} \dots\dots\dots (4.3.7)$$

を得る。

なお錨鎖の水平に横たわる部分が長くなると、現実にはドルフィン(錨鎖の範囲を外れ、海面へ垂れ下ることになるわけであるが、今回はこれを無視し、張力の水平成分が零になるまで水平に横たわれるものと仮定して計算を行なった。

(b) 錨鎖がピットの位置で水平面と角度を持つとき、

$$S_0 = 2a \cos h\left(\frac{x - 2x_1}{2a}\right) \sin h \frac{x}{2a} \dots\dots (4.3.8)$$

$$y = 2a \sin h\left(\frac{x - 2x_1}{2a}\right) \sin h \frac{x}{2a} \dots\dots (4.3.9)$$

式(4.3.8)及び(4.3.9)より $\frac{x - 2x_1}{2a}$ の項を消去すると

$$S_0^2 - y^2 = \left(2a \sin h \frac{x}{2a}\right)^2 \dots\dots (4.3.10)$$

を得、故に

$$x = 2a \sin h^{-1}\left(\frac{\sqrt{S_0^2 - y^2}}{2a}\right) \dots\dots (4.3.11)$$

を得る。これを a について微分すると

$$\frac{dx}{da} = 2 \sin h^{-1}\left(\frac{\sqrt{S_0^2 - y^2}}{2a}\right) - \frac{\sqrt{S_0^2 - y^2}}{a \sqrt{\frac{S_0^2 - y^2}{4a^2} + 1}} \dots\dots\dots (4.3.12)$$

となる。よってバネ常数の逆数は

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{W} \left\{ 2 \sin h^{-1}\left(\frac{\sqrt{S_0^2 - y^2}}{2a}\right) - \frac{\sqrt{S_0^2 - y^2}}{a \sqrt{\frac{S_0^2 - y^2}{4a^2} + 1}} \right\} \dots\dots\dots (4.3.13)$$

と考えれば良い。

(3) 計 算

式(4.3.7)及び(4.3.13)にて計算されたバネ常数を計算プログラムに取り込めば良い。計算に当っては次のように取扱うことにする。

- イ、 S_0 …… 錨鎖の全長 …… 一定とする。
- ロ、 y …… 錨鎖船側端高さ …… 一定とする。
- ハ、 W …… 錨鎖の単重 …… 一定とする。
- ニ、錨鎖のフックの法則に従った伸びは無視する。

このように扱るとバネ常数 K は a 、即ち T_H (水平方向張力)の函数となる。 T_H と変位 x との関係の1例を示すと

図 4.3.5 の如くなり、バネ常数が変位により大きく変動することが解る。このため、計算プログラムの一部を図 4.3.6 のフローチャートに示すように改良し、繰り返し計算により反力を求めるようにした。

(4) 計算結果

OUTPUT は以下のようである。70 万トン型及び 40 万トン型の錨鎖 4 本及び 6 本の OUTPUT は省略した。なお、初期張力は CHAIN が張り切った時の方向に対する成分として与えており、真の錨鎖の初期張力ではないので、OUTPUT を読む時はその旨留意すること。

100 万トン型	錨鎖	2 本	表	4.3.26
100 万トン型	錨鎖	4 本	表	4.3.27
100 万トン型	錨鎖	6 本	表	4.3.28
70 万トン型	錨鎖	2 本	表	4.3.29
40 万トン型	錨鎖	2 本	表	4.3.30

今、錨鎖の最大使用荷重を耐力試験荷重の 50%、即ち 408t と取ると、100 万トン型は 4 本、初期張力 160t、70 万トン型は 2 本、初期張力 200t、40 万トン型は 2 本、初期張力 150t で成立する。

初期張力は船体変位が許容値内におさまるように自動的に決定されている。

これから錨鎖による 2 点係留法には次のような問題点が存在するといえよう。

- イ. 船体変位が比較的大きくなり、スイベル式ローディングアームを使用し、許容移動量の少ないドルフィンには不向きである。
- ロ. 船体変位を制限するためには初期張力を上げねばならず、それを可能にする簡便な装置を必要とする。
- ハ. ドルフィン側ビットの強度を大巾に上げねばならない。
- ニ. 錨鎖のカテナリーが消えたあたりでバネ常数が非常に高くなる。ということは船体の運動を考えた場合、衝撃的な張力が錨鎖に働らく可能性があり、充分動的解析を行なわないと許容移動量の小さい場合は危険が予想される。

表 4.3.26 100万トン型パラスタ状態、錨鎖2本の2点係留

FINAL ROPE TENSION (TON)

WIND ANG. (DEG)	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.			
D X (M)	403	387	366	446	569	679	823	904	964	986			
D Y (M)	600	600	600	623	671	719	780	821	836	847			
ANG (RAD)	0.000	0.000	0.000	0.002	0.007	0.011	0.017	0.023	0.027	0.028			
R (TON)	365.197	330.916	303.107	275.421	254.551	240.296	244.259	229.702	219.771	199.551			
NAME: RNO, RANG, INI, TEN.													
HEAD	1.	58.0	240.0	391.31	381.76	384.32	392.19	412.37	431.13	461.14	477.33	495.43	512.32
STRN	1.	122.0	240.0	193.93	195.04	194.36	204.21	221.41	233.97	255.54	283.16	311.99	329.18

WIND ANG. (DEG)	50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.			
D X (M)	993	1004	1004	1015	1011	993	995	992	950	925			
D Y (M)	252	259	253	259	271	269	272	274	256	251			
ANG (RAD)	-0.023	-0.024	-0.024	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.024			
R (TON)	164.327	145.863	129.475	111.927	91.376	79.048	70.247	72.178	46.538	41.213			
NAME: RNO, RANG, INI, TEN.													
HEAD	1.	58.0	240.0	492.20	490.28	454.02	478.34	466.01	453.80	444.89	441.63	413.27	402.28
STRN	1.	122.0	240.0	337.06	351.91	362.56	375.17	384.22	395.74	403.39	417.14	415.08	412.69

WIND ANG. (DEG)	100.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.			
D X (M)	206	361	323	521	504	273	495	428	329	329			
D Y (M)	257	247	249	211	159	119	989	879	834	800			
ANG (RAD)	-0.024	-0.023	-0.022	-0.021	-0.015	-0.011	0.003	0.007	0.005	0.000			
R (TON)	45.925	40.950	43.971	29.355	13.797	4.79	7.245	38.474	30.433	73.759			
NAME: RNO, RANG, INI, TEN.													
HEAD	1.	58.0	240.0	393.93	377.57	353.49	325.13	291.97	259.03	239.15	230.10	213.59	203.46
STRN	1.	122.0	240.0	412.57	413.89	404.37	320.12	373.71	356.75	347.97	358.22	351.34	353.17

WIND ANG. (DEG)	150.	155.	160.	165.	170.	175.	180.			
D X (M)	353	358	345	413	373	337	302			
D Y (M)	333	339	321	317	311	300	300			
ANG (RAD)	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000			
R (TON)	115.013	156.544	224.192	257.583	221.562	311.844	335.736			
NAME: RNO, RANG, INI, TEN.										
HEAD	1.	52.0	240.0	200.21	192.11	212.05	197.21	197.44	202.42	207.22
STRN	1.	122.0	240.0	355.66	372.94	399.16	393.77	377.52	356.86	339.53

表 4.3.27 100万トン型バラスト状態, 錨鎖4本の2点係留

FINAL ROPE TENSION (TON)

WIND ANG. (DEG)	70	50	10	150	20	250	30	35	40	45
D Y (M)	744	723	712	714	732	724	792	933	1,198	1,332
D V (M)	500	500	500	500	500	500	521	595	690	752
AMP (RAD)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.010	0.013	0.023
R (TON)	476.141	444.332	415.138	374.319	334.232	282.889	245.785	227.328	211.950	187.529
NAVE PNO. RANG. INI. TEN.										
HEAD 2.	58.0	150.0	233.15	229.70	231.08	230.53	232.12	231.50	235.57	242.54
STRN 2.	122.0	160.0	135.97	137.72	137.02	137.25	136.49	136.84	138.53	148.66

WIND ANG. (DEG)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
D Y (M)	1,304	1,380	1,338	1,413	1,357	1,331	1,287	1,334	1,142	1,035
D V (M)	264	204	318	336	339	343	345	365	327	304
AMP (RAD)	-0.025	-0.028	-0.030	-0.031	-0.031	-0.032	-0.032	-0.034	-0.030	-0.028
R (TON)	154.404	134.441	144.424	95.861	76.104	63.761	55.669	56.008	34.251	31.077
NAVE PNO. RANG. INI. TEN.										
HEAD 2.	58.0	160.0	246.16	244.19	244.82	237.59	234.78	225.70	221.57	219.30
STRN 2.	122.0	160.0	170.83	177.61	182.79	188.83	193.47	199.18	203.11	209.61

WIND ANG. (DEG)	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
D Y (M)	261	238	253	263	274	279	283	284	284	283
D V (M)	220	248	225	235	237	230	209	200	200	200
AMP (RAD)	-0.027	-0.023	-0.021	-0.013	-0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R (TON)	37.233	35.051	46.273	33.971	25.926	17.403	30.580	118.880	151.856	195.013
NAVE PNO. RANG. INI. TEN.										
HEAD 2.	58.0	150.0	193.55	192.07	185.98	170.19	150.57	147.40	145.21	143.56
STRN 2.	122.0	160.0	243.87	245.32	244.33	241.17	233.87	229.68	227.74	219.23

WIND ANG. (DEG)	150	155	160	165	170	175	180
D Y (M)	649	666	731	728	667	602	516
D V (M)	100	100	100	100	100	100	100
AMP (RAD)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R (TON)	230.114	271.669	325.484	367.145	409.702	430.314	459.940
NAVE PNO. RANG. INI. TEN.							
HEAD 2.	58.0	160.0	141.69	140.94	138.13	138.27	140.91
STRN 2.	122.0	160.0	221.15	225.34	233.72	233.43	227.93

表4.3.28 100万トン型バラスト状態，錨鎖6本の2点係留

FINAL ROPE TENSION (TON)

WIND ANG. (DEG)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
D X (M)	1.074	1.016	1.019	1.011	1.056	1.046	1.085	1.123	1.159
D Y (M)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.022	.052
AMP (RAD)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
R (TON)	503.317	478.397	449.419	407.842	5561.953	3151.944	2519.131	226.895	217.273
NAME	RND. RANG. INT. TEN.								
HEAD	3.	53.0	120.0	153.43	154.13	153.98	154.75	154.41	155.71
STRN	3.	122.0	120.0	122.73	122.13	122.53	121.73	121.99	121.95

WIND ANG. (DEG)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
D X (M)	1.517	1.559	1.532	1.522	1.417	1.322	1.252	1.270	.929
D Y (M)	.205	.246	.267	.295	.298	.309	.315	.350	.288
AMP (RAD)	-.0019	-.0023	-.0025	-.0027	-.0028	-.0029	-.0029	-.0033	-.0024
R (TON)	142.337	125.312	110.343	91.520	72.525	54.133	53.581	53.231	34.008
NAME	RND. RANG. INT. TEN.								
HEAD	3.	53.0	120.0	155.74	155.45	153.24	151.15	152.53	153.74
STRN	3.	122.0	120.0	117.10	121.59	125.04	129.04	132.22	135.10

WIND ANG. (DEG)	100	105	110	115	120	125	130	135	140
D X (M)	.688	.457	.289	.225	.484	.543	.640	.796	.846
D Y (M)	.240	.180	.153	.031	.000	.000	.000	.000	.000
AMP (RAD)	-.0022	-.0017	-.0014	-.0003	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
R (TON)	40.969	41.244	53.773	46.612	73.430	107.222	139.293	178.598	211.183
NAME	RND. RANG. INT. TEN.								
HEAD	3.	58.0	120.0	137.61	133.94	130.28	121.47	118.66	117.20
STRN	3.	122.0	120.0	143.34	141.33	141.23	132.11	131.51	131.71

WIND ANG. (DEG)	150	155	160	165	170	175	180
D X (M)	-.952	-1.009	-1.078	-1.073	-.983	-.843	-.723
D Y (M)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
AMP (RAD)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
R (TON)	234.334	322.110	377.855	412.554	458.253	470.023	520.540
NAME	RND. RANG. INT. TEN.						
HEAD	3.	58.0	120.0	111.31	109.08	107.61	107.71
STRN	3.	122.0	120.0	161.24	163.18	169.09	168.91

表 4.3.29 70万トン型バラスト状態、錨鎖2本の2点係留

FINAL ROPE TENTION (TON)

WIND ANG. (DEG)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
D X (M)	323	378	443	502	564	622	685	747	815
D Y (M)	000	000	011	050	093	159	191	214	230
AMP (RAD)	0.000	0.000	0.001	0.005	0.010	0.017	0.020	0.022	0.024
R (TON)	304.661	276.317	253.458	223.965	214.055	194.779	194.363	181.686	173.044
NAVE RNO. RANG. INI. TEN.									
HEAD 1.	58.0	200.0	317.32	319.07	333.95	344.93	359.00	380.34	394.25
STRN 1.	122.0	200.0	152.93	152.11	165.50	173.11	192.18	212.23	229.38

WIND ANG. (DEG)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
D X (M)	933	943	952	958	963	969	976	982	987
D Y (M)	231	240	245	249	251	252	252	254	259
AMP (RAD)	0.024	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.026	0.027	0.028
R (TON)	129.632	113.154	99.484	86.023	69.792	59.917	53.200	54.668	34.752
NAVE RNO. RANG. INI. TEN.									
HEAD 1.	58.0	200.0	381.12	376.34	366.37	356.47	349.54	346.89	324.82
STRN 1.	122.0	200.0	277.22	285.22	294.84	301.68	310.44	316.39	327.04

WIND ANG. (DEG)	100	105	110	115	120	125	130	135	140
D X (M)	831	783	742	714	691	674	664	654	644
D Y (M)	235	225	217	212	209	207	205	204	203
AMP (RAD)	0.025	0.024	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023
R (TON)	34.365	29.979	27.129	22.540	17.577	13.982	9.823	31.387	41.845
NAVE RNO. RANG. INI. TEN.									
HEAD 1.	58.0	200.0	297.36	285.51	258.07	231.89	205.71	184.40	172.17
STRN 1.	122.0	200.0	317.74	317.54	307.33	294.57	280.94	275.08	280.37

WIND ANG. (DEG)	150	155	160	165	170	175	180
D X (M)	345	356	380	381	362	329	296
D Y (M)	000	000	000	000	000	000	000
AMP (RAD)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R (TON)	102.724	135.737	182.183	215.550	246.584	262.098	282.470
NAVE RNO. RANG. INI. TEN.							
HEAD 1.	58.0	200.0	168.59	167.37	164.64	164.57	166.67
STRN 1.	122.0	200.0	298.55	305.01	322.42	322.61	312.04

表 4.3.30 40万トン型バラスト状態, 錨鎖2本の2点係留

FINAL ROPE TENTION (TON)

WIND ANG. (DEG)	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0			
D X (M)	1.032	1.039	1.055	1.070	1.083	1.092	1.002	1.018	0.950	0.899			
D Y (M)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
AMP (RAD)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
R (TON)	209.635	191.838	176.006	152.893	144.580	130.851	129.824	120.296	113.414	101.488			
NAME	PNO.	RANG.	INI.	TEN.									
HEAD	1.	58.0	150.0	227.64	223.67	224.85	223.88	232.72	239.50	254.98	261.73	270.12	271.83
STRV	1.	122.0	150.0	117.35	112.45	118.82	119.33	127.09	136.29	149.41	160.46	171.61	180.43

WIND ANG. (DEG)	100.0	105.0	110.0	115.0	120.0	125.0	130.0	135.0	140.0	145.0			
D X (M)	0.857	0.798	0.754	0.711	0.676	0.643	0.618	0.592	0.565	0.538			
D Y (M)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
AMP (RAD)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
R (TON)	83.262	72.047	62.733	53.851	42.445	35.212	31.512	32.235	32.558	31.254			
NAME	PNO.	RANG.	INI.	TEN.									
HEAD	1.	53.0	150.0	261.59	264.76	257.22	256.25	250.22	235.47	238.21	234.21	222.75	212.18
STRV	1.	122.0	150.0	184.11	191.47	196.64	203.13	207.57	213.46	217.46	224.46	223.73	222.58

WIND ANG. (DEG)	150.0	155.0	160.0	165.0	170.0	175.0	180.0						
D X (M)	0.391	0.405	0.442	0.443	0.409	0.373	0.333						
D Y (M)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
AMP (RAD)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
R (TON)	79.829	101.811	131.956	154.635	177.792	188.634	203.185						
NAME	PNO.	RANG.	INI.	TEN.									
HEAD	1.	59.0	150.0	215.20	205.32	193.04	180.85	167.59	157.07	132.57	129.32	129.04	
STRV	1.	122.0	150.0	222.72	213.49	212.00	212.58	214.91	224.72	234.07	238.23	230.27	235.05

WIND ANG. (DEG)	150.0	155.0	160.0	165.0	170.0	175.0	180.0			
D X (M)	0.391	0.405	0.442	0.443	0.409	0.373	0.333			
D Y (M)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
AMP (RAD)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
R (TON)	79.829	101.811	131.956	154.635	177.792	188.634	203.185			
NAME	PNO.	RANG.	INI.	TEN.						
HEAD	1.	58.0	150.0	128.15	127.11	124.44	124.33	126.83	129.44	132.35
STRV	1.	122.0	150.0	214.06	219.98	229.33	229.59	223.77	212.74	203.59

4.4 風速の鉛直方向分布と突風率に関する考察

4.4.1 風速鉛直方向分布

調査小委員会は平均風速 20m/sec を設計条件に取ることが妥当であろうといっている。将来の係船装置設計に資するため、高さ方向に面積の分布を持つ船体に対し、風速の鉛直方向分布がどのように影響するか以下のように検討してみた。

今、水面上の風速の鉛直分布は、大気の安定度が中立状態のときは、(2.1.1)、(2.1.4)式の対数法則によるといわれている。これに

$$\begin{aligned} Z_0 & \cdots \cdots \cdots \text{水面の粗度定数} \cdots \cdots \cdots 6.7 \times 10^{-3} \text{ (m)} \\ r_{10} & \cdots \cdots \cdots \text{水面抵抗係数} \cdots \cdots \cdots 3 \times 10^{-3} \\ U_{10} & \cdots \cdots \cdots \text{水面上 10 m における風速} \quad 20 \quad \text{(m/sec)} \end{aligned}$$

の各数値を代入すると

$$U_z = 6.299 \log Z + 13.693 \cdots \cdots \cdots \text{(4.4.1)}$$

を得る。

L/B=5 の 100 万トン型のバラスト状態につき風圧側面積を高さ方向の小区間に区分し、相当する高さの風速の自乗 (U_z^2) との積の総和を求めたところ

$$\begin{aligned} \sum a U_z^2 & = 7,619,600 \text{ (m}^4/\text{sec}^2) \\ \sum a & = 17,263 \text{ (m}^2) \end{aligned}$$

を得た。ここに

$$a \cdots \cdots \cdots \text{小区間に分割した側面図}$$

これより

$$\begin{aligned} \bar{U}_z & = \sqrt{\sum a U_z^2 / \sum a} \\ & = 21 \text{ (m/sec)} \end{aligned}$$

を得た。即ち、水面上 10m の高さにおいて 20m/sec の風が、対数法則による鉛直分布を持つ場合、100 万トン型のバラスト状態に対しては 21m/sec の鉛直方向に均一な風と等価であると言うことができる。

4.4.2 突風率

調査小委員会の見解に従い、突風率を 1.3 と取り、その持続時間を 10 秒と仮定し、4.4.1 で得た平均風速 21m/sec の下で船の挙動がどのようになるか以下に検討してみる。

(1) 計算した状態

- イ. 対象船 : 100 万トン型 (L/B=5)
- ロ. 船の状態 : バラスト
- ハ. 排水量 : 345,800 t とする。
- ニ. 付加水 : 排水量の 40% と仮定する。
- ホ. 風 : 0 時迄 21m/sec, 0 から 10 秒迄 27.3m/sec, 10 秒以後 21m/sec, と取る。即ち図 4.4.2 に示された如くする。
- ヘ. 索及び索取り : 表 4.3.2 2 の比較の基準状態と同じく、繊維 12 本、鋼索は 40 mm 径 IWRC とし BREAST 14 本、SPRING 8 本と取った。
- ト. バネ常数 : 上記索取りにて 5 段階の風速を INPUT とし、横方向の風圧抵抗と横方向の変位との関係を図 4.4.1 の如くプロットし、バネ常数 843 t/m を得た。

(2) 計 算

使用する記号は下記による。

M 船の質量 35,290 (t・sec²/m)
 m 附加水質量 14,120 (t・sec²/m)
 k 索全体としてのバネ常数
 843 (t/m)

f 外力：風速 0m/s にて 0(t)
 風速 21m/s にて 455(t) … f₀
 風速 27.3m/s にて 769(t) … f

とする。

x 船体の変位 (m)
 t 時間 (sec)

船体の運動の速度が低いので、運動による水の抵抗の項は微小項として無視すると、

$$(m+M)\ddot{x} = -kx + f \dots\dots\dots (4.4.1)$$

となる。今、ここで

$$y = -kx + f$$

$$\lambda^2 = \frac{k}{m+M}$$

とおけば

$$y = C \cos(\lambda t + \varphi)$$

を得る。即ち、

$$x = -\frac{1}{k} \{ C \cos(\lambda t + \varphi) - f \} \dots\dots\dots (4.4.2)$$

となる。

境界条件として t = 0 のとき

$$x = \frac{f_0}{k}$$

$$x = 0$$

を取れば、

$$x = -\frac{f-f_0}{k} \cos(\lambda t) + \frac{f}{k} \dots\dots\dots (4.4.3)$$

$$= -0.3724 \cos(0.1306 t) + 0.9122 \text{ (m)}$$

を得る。これに t = 0 及び t = 1.0 として数値を代入すれば、

$$x = 0.5398 \text{ m, } t = 0 \text{ sec にて}$$

$$x = 0.8147 \text{ m, } t = 1.0 \text{ sec にて}$$

となり、変位は、x₁₀ - x₀ = 0.2749m である。

次に突風が終了した t = 1.0 sec よりあとについて計算する。このため式(4.4.2)において f = f₀ とする。

$$x = -\frac{1}{k} \{ C \cos(\lambda t + \varphi) - f_0 \} \dots\dots\dots (4.4.4)$$

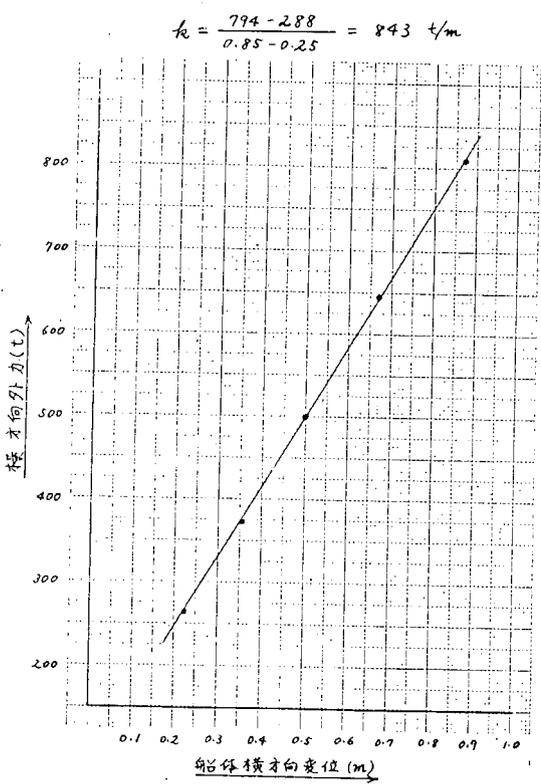


図 4.4.1 見掛けのバネ常数

初期条件は式(4.4.3)と式(4.4.4)との関連において、

$$x_{t=0} = -\frac{f-f_0}{k} \cos 10\lambda + \frac{f}{k}$$

$$= -\frac{1}{k} \{ C \cos(10\lambda + \varphi) - f_0 \} \dots\dots\dots (4.4.5)$$

$$x_{t=0} = \frac{\lambda(f-f_0)}{k} \sin 10\lambda$$

$$= \frac{C\lambda}{k} \sin(10\lambda + \varphi) \dots\dots\dots (4.4.6)$$

式(4.4.5)と式(4.4.6)から(10λ+φ)の項を消去し数値を代入すると

$$C = 381.56$$

を得る。このC及び他の数値を式(4.4.7)に代入すると

$$\varphi = -0.3882 \text{ 又は } -2.2238 \text{ RAD}$$

を得る。即ち、t ≧ 0において、

$$x = 0.4526 \cos(0.1306t - 2.2238) + 0.5397 \text{ (m)} \dots\dots\dots (4.4.7)$$

の関係が成り立つ。

変位xの最大値は、

$$0.1306t - 2.2238 \text{ 即ち } t = 17.03 \text{ sec のとき}$$

$$x_{\max} = 0.9923 \text{ (m)}$$

$$x_{\max} - x_{t=0} = 0.4525 \text{ (m)}$$

として現われる。

時間と変位との関係を図4.4.3に示す。

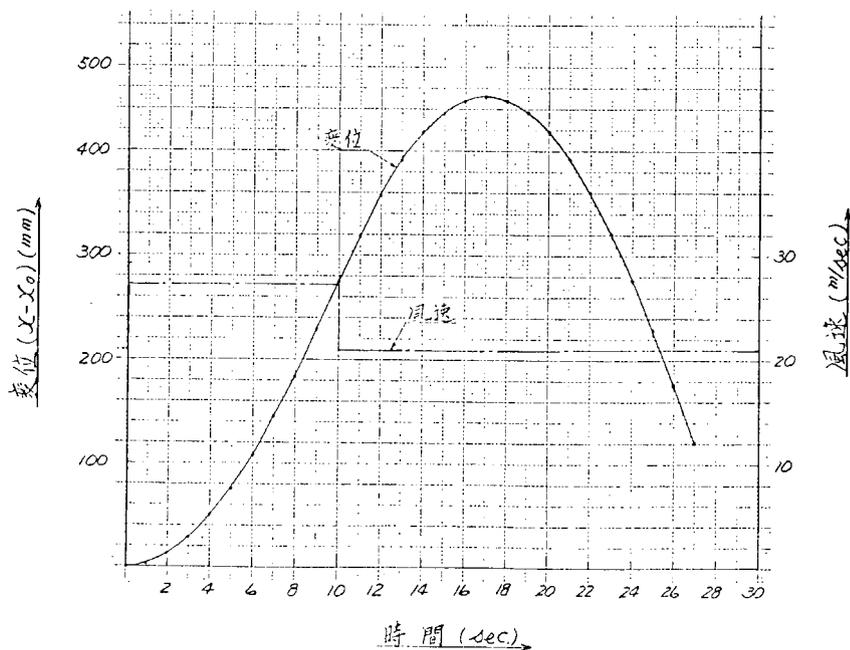


図4.4.2 時間—変位図

(3) 評価

今、21m/secの定常風が吹いているとき27.3 m/secの突風になり、10秒間持続したあと21m/secの定常風に戻ったとすると、船体の最大横変位は0.4525mとなる。突風時の定常風時に対する風圧抵抗の増加量は4.4.2(2)記載の

$$f - f_0 = 31.4 t$$

であるが、対するに索に生じる最大反力、即ち、変位とバネ常数の積は381tであり、風圧抵抗の増加量を上廻る。即ち、10秒間の突風は27.3 m/secの定常風より厳

しいということになる。

それでは、この様な状態で索の安全率を大略考察してみる。今、真横1節と真横2.5m/secの風とを同時に受けた時の真横方向外力は625tであり、この時索は安全率2.5を保つべきである。ここで風のみ2m/secに下ったとすると横方向外力は558tとなり、これに突風にあおられた変位による外力増を加えると、939tとなる。この時、索の安全率は1.66に低下する。

安全率1.66ということは最大使用荷重が破断荷重の約60%ということであり、索の種類の設定が良くフェアリーダが良好に設計されていれば、許容され得る値だと思われる。

以上より、風速2.5m/sec 索の安全率2.5として計画された船は2.1m/sec（水面上10mにおいて20m/sec）の定常風で突風率1.3の突風に10秒あおられてもほぼ耐え得ると言えよう。しかしながら、突風影響は船の質量に吸収され得べきものでもないで、さらに解析を行なうことが必要であると共に、安全率の性格付け、特にその内訳けを明確にすべきであるとも言えよう。

4.5 考 察

以上の静的計算の結果から次のような事が言えよう。

- イ. 潮流を真横から1節と取ることはやゝ厳しいが、ほぼ妥当であろう。
- ロ. 風速2.5m/sec はさらに動的影響も考慮しなければならないが、ほぼ妥当であろう。
- ハ. 風速が水面上10mにおける値で云々されている場合は、超巨大船に対しては5%程度上げた値を等価風速と取るべきかも知れない。
- ニ. 100万トン型の係船装置は40mm径 IWRC を使用し、総索数32本程度で成立すると思われ、40万トン型の総索数23本から飛躍的な増大は招ねかずに済むであろう。なお、本章で検討した SBT (SEGREGATED BALLAST TANKER) のバラスト状態の喫水はMICO規則の最小値を採用しており、これは係船装置の計画に対して最も厳しいものであると言って良からう。
- ホ. 総索数は有効さの高い鋼索を多用することにより28本程度におさめ得る可能性がある。
- ヘ. 総索数は繊維索の初期張力を高め有効さを向上させることにより、28本程度におさめ得る可能性がある。
- ト. L/B の変化は特にSBTにおいては総索数にそれ程大きな影響を与えない。
- チ. 索をグループ扱いはした時は、索は1本ずつ別扱いした時より約10%低い張力が算出される。但し、同一グループ内で索角度や展張長さに大きな差がある時は、別途考慮する必要がある。
- リ. チ項及び動的影響も考慮した上で、妥当な索の安全率は何程か、その内訳をどのように考えるか等について研究する必要がある。
- ス. 鋼索を主体にした係船を行なう限り、船体の移動量は問題になる程の値には達しない。
- ル. 錨鎖による2点係留法は、許容変位の比較的大きな場合は有効な係留法となろうが、許容変位の小さな場合は、動的解析を行なってその適否を判断すべきであろう。

本章では、係船装置の計画に影響する諸要素につき、静的釣り合いの範囲で検討してきた。巨大船の係船装置を新しく計画するに当たっては、本資料の各項の意味する内容を汲み取り係船装置の合理化をはかり、改めて計算にて安全性と合理性の確認を行なうといったような利用法が望ましい。

5. 動的計算

5.1 動的計算の目的と各係留法の特徴

係留されている船が風、波を受けて運動すると係留力が変動する。この変動は運動の種類によって緩徐な変動であったり、衝撃的であったりする。緩徐な変動に対しては静的な計算で対処できるが、衝撃的な変動には不適當である。

一般に考えられる変動は波によるものと錨泊、浮標係留におけるふれまわり運動によるものである。突風による変動も考えられるが、想定風速における持続時間が短いことから大きな因子にはならない。

また、岸壁係留においても波の影響は受けるが、岸壁付の波と巨大船の運動の応答を考えるとこれも大きな因子にはならないと考えられる。

このように考察すると動的計算が必要であるのは沖合に係留される錨泊、浮標係留、あるいはドルフィン係留となろう。

5.1.1 単錨泊、単浮標係留におけるふれまわり運動

単錨泊、単浮標係留においては、ふれまわり運動をすることが知られている。この運動は、船の Pivot point の軌跡が cyclic を描くとされている。⁽¹⁾ 図 5.1.1 は風洞水槽の実験によった例であるが、⁽²⁾ ふれまわり運動と錨鎖にかかる衝撃力との関係をよくあらわしている。

次に波浪による錨鎖張力は風による張力とはほぼ同じ位相で重畳される傾向があり、この 1 例を⁽²⁾ 図 5.1.2 に示す。この例では、波の大きさが不明であるが風による張力と同等のものが重畳されている。

5.1.2 多点係留の特徴

多点係留の特徴は単錨泊、単浮標係留に比較して、ふれまわりの不利がない反面、正横付近の風、潮に対して係留力が大きくなることである。

図 5.1.3 は波浪中係留索にかかる張力を比較したものである。⁽²⁾ この図は D.W.32,000 T タンカーについて風速 40 kts 3 M の波高での資料であるが、単浮標係留に比較して、ふれまわりを許さない多点係留が非常に大きい係留力が必要であることがわかる。

5.1.3 動的計算法の前提

一般的には単錨泊、単浮標係留においては船体移動し、静的に釣合うことはなく、前記のように pivot point の軌跡は cyclic を描くと考えなければならない。これに波浪影響を精密に重畳しようとすれば座標軸の変換、およびふれまわりと波浪影響の周波数の相違により計算時間が膨大になり、実用的な計算法とはならない。幸い船の寸法が大きくなればふれまわり速度が小さく、ふれまわり量も少くなり、船尾船橋船においては特にこの傾向が強くなるが知られている。巨大船においてはこの点に着目し、波浪外力による影響を静的釣合の特殊点におくか、あるいはふれまわり運動に単純に波浪影響を重ね合わせることで近似できよう。

一方、多点係留は船首尾を風、潮の卓越方向に合わせる事が前提であるが、なお、単錨泊、単浮標係留に比較して所要係留力が大きくなり、波、風の許容限界は低いことが予想される。

本年度は、単係留計算法の開発を目標としたが、プログラム開発の途中、前記の問題に遭遇し、種々論議が行われた結果、本研究部会の目的は運動の軌跡を求めることではなく、波浪の影響が定常状態に対してどの程度であるかを認識することであり、且つ、安全係留の限界を求めることが急務であることなどから実際に必要性が高く、波、風の許容限界が低いと思われる多点係留法を優先することにした。

但し、単係留に対してはふれまわりの問題を含めて次年度に近似解法を検討しなければならない。

文 献

(1) Crenshaw Jnr. Capt. R. S. "Naval Shiphandling" U.S. Naval Institute.

(2) 超大型船の手引き、X 錨泊および係留法 日本海難防止協会編

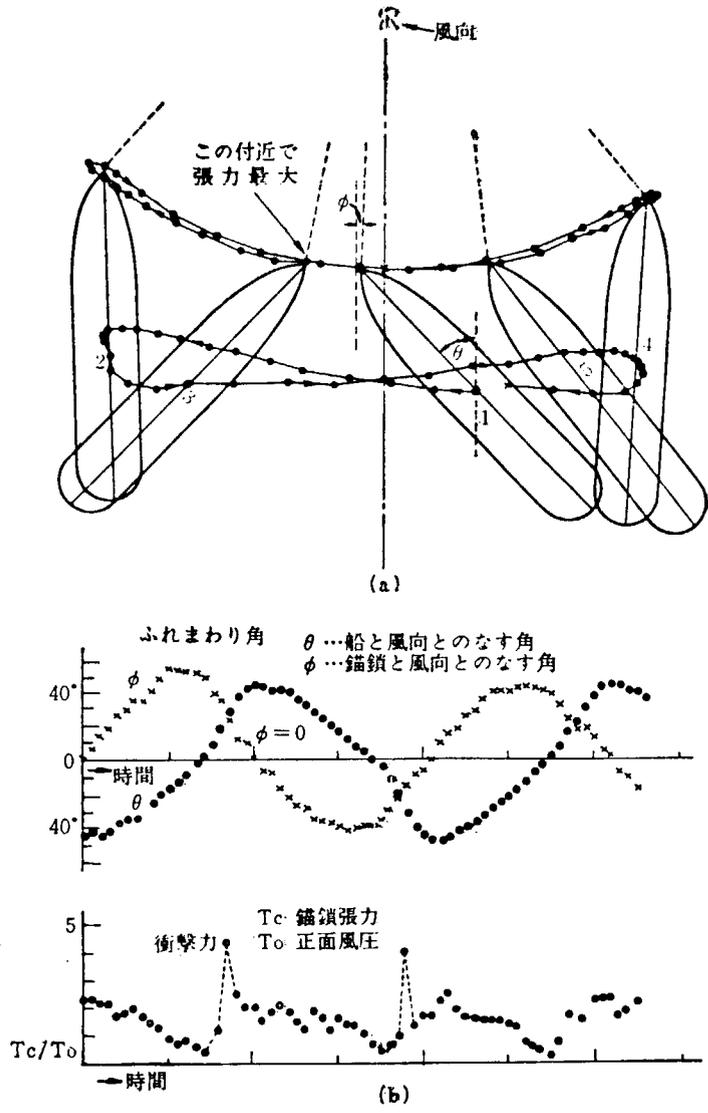


図 5. 1. 1 単錨泊中の振れまわりと錨鎖張力

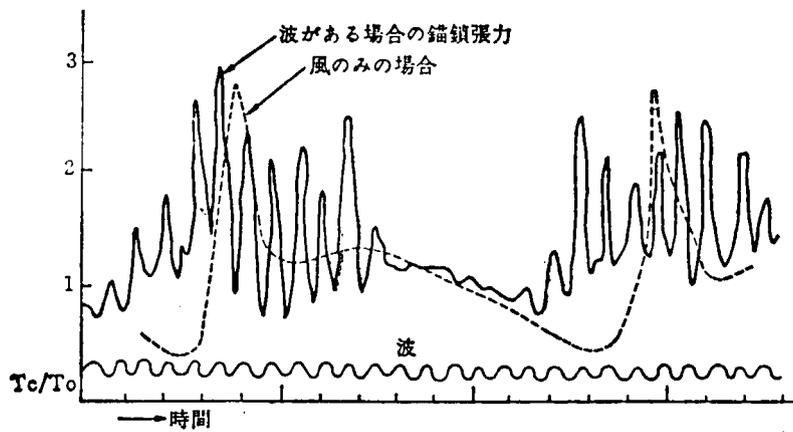


図 5. 1. 2 波の中の錨鎖張力

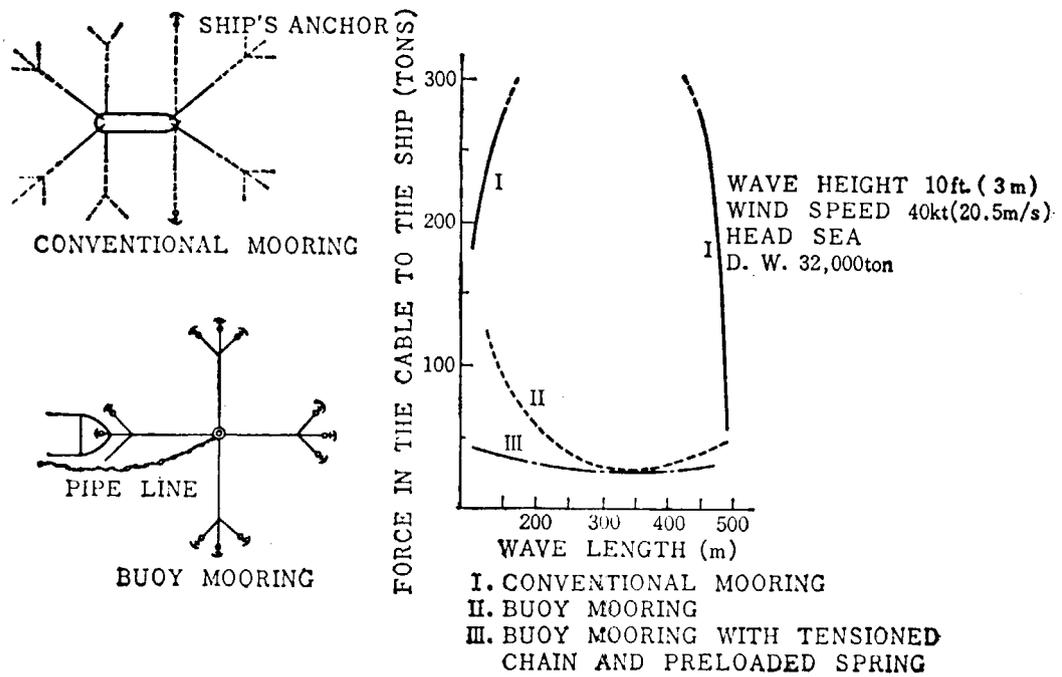


図 5. 1. 3 波浪中係留索にかかる張力

5.2 多点係留の運動方程式

5.2.1 基礎条件および座標系

本計算プログラムの基礎条件および適用範囲は次の様なものである。

- (1) 船体運動は微小であるとして、線型運動方程式を解く。
- (2) ブイなし、ブイありの両方について考える。
- (3) ブイありの場合、係留点、ブイ、アンカーは常に一直線上にあり、ブイの付加質量等の流体力は考慮しない。
- (4) ケーブルの運動は考えない。
- (5) ケーブルはのびないものとする。
- (6) 海底は平坦であるとする。
- (7) 外力として風圧力、潮流力、波による drift force 波による周期的外力を考慮する。
- (8) 運動方程式の係数は、波の周期で運動する場合のみを考慮している。
- (9) 単係留の場合、定常力による解を求めておき、その位置から、波浪による微小変位のみを考える。
- (10) 運動方程式はルンゲクッタで解く。
- (11) 船体に対する風、潮流、波の方向は常に一定とする。
- (12) 座標系は図 5.2.1 に示す。

O - X Y Z : 原点を静止自由表面にもつ空間固定座標系

G - x y z : 原点を重心にもつ船体固定座標系

O₁ - x₁ y₁ z₁ : 船体固定座標系、ただし、 $\overline{O_1 G}$ は船が静止しているときの重心 G から静止自由表面までの距離

5.2.2 運動方程式

重心 G まわりの各軸方向および軸まわりの運動をそれぞれ $x_G, y_G, z_G, \varphi_G, \theta_G, \psi_G$ とすると、重心まわりの運動方程式は次のように示される。

$$(m + a_{xx}) \ddot{x}_G + b_{xx} \dot{x}_G + \sum_n H_{xx} = F_{ex} + F_{Dx} + F_{cx} + F_{wx} \quad \dots\dots\dots (5.2.1)$$

$$(J_\theta + a_{\theta\theta}) \ddot{\theta}_G + b_{\theta\theta} \dot{\theta}_G + C_{\theta z} \dot{z}_G + b_{\theta z} z_G + C_{\theta z} z_G + \sum_n (H_{\theta n} + V_{\theta n}) = M_{e\theta} + M_{D\theta} + M_{c\theta} + M_{w\theta} \quad \dots\dots\dots (5.2.2)$$

$$(m + a_{zz}) \ddot{z}_G + b_{zz} \dot{z}_G + C_{zz} z_G + a_{z\theta} \ddot{\theta}_G + b_{z\theta} \dot{\theta}_G + C_{z\theta} \theta_G + \sum_n V_{zn} = F_{ez} + F_{Dz} + F_{cz} + F_{wz} \quad \dots\dots\dots (5.2.3)$$

$$(m + a_{yy}) \ddot{y}_G + b_{yy} \dot{y}_G + a_{y\psi} \ddot{\psi}_G + b_{y\psi} \dot{\psi}_G + a_{y\varphi} \ddot{\varphi}_G + b_{y\varphi} \dot{\varphi}_G + \sum_n H_{yn} = F_{ey} + F_{Dy} + F_{cy} + F_{wy} \quad \dots\dots\dots (5.2.4)$$

$$(J_\psi + a_{\psi\psi}) \ddot{\psi}_G + b_{\psi\psi} \dot{\psi}_G + a_{\psi y} \ddot{y}_G + b_{\psi y} \dot{y}_G + a_{\psi\varphi} \ddot{\varphi}_G + b_{\psi\varphi} \dot{\varphi}_G + \sum_n H_{yn} = M_{e\psi} + M_{D\psi} + M_{c\psi} + M_{w\psi} \quad \dots\dots\dots (5.2.5)$$

$$(J_\varphi + a_{\varphi\varphi}) \ddot{\varphi}_G + b_{\varphi\varphi} \dot{\varphi}_G + C_{\varphi y} \dot{y}_G + a_{\varphi y} \ddot{y}_G + b_{\varphi y} \dot{y}_G + a_{\varphi\psi} \ddot{\psi}_G + b_{\varphi\psi} \dot{\psi}_G + \sum_n (H_{\varphi n} + V_{\varphi n}) = M_{e\varphi} + M_{D\varphi} + M_{c\varphi} + M_{w\varphi} \quad \dots\dots\dots (5.2.6)$$

ここで、H, V はそれぞれ、索からうける水平分力によるものと、垂直分力からうける復原力およびモーメントであり、ブイがある場合は、水平分力によるものだけを考慮すればよい。

したがって、ブイがある場合は、 $x_G, y_G, \psi_G, \varphi_G$ の 4 自由度連成運動方程式を解けばよい。また、右辺の添字

e, D, c, w はそれぞれ、波浪強制力、波による drift force, 潮流力および風圧力を表わす。

m : 船の質量 J_θ : 縦揺の質量慣性モーメント
 J_ψ : 艀揺の質量慣性モーメント n : 索の数
 J_ϕ : 横揺の質量慣性モーメント

5.2.3 係留索による復原力

P_1 点における索方向の水平分力 T_H および垂直分力 T_v が求められたとき、それぞれの運動モード方向の H および V は次のように求められる。ここでは 1本の索について考えるが、他の索についても同様にして求めることができる。

$$\left. \begin{aligned} H_x &= T_H \cdot \cos \alpha_1, & H_\theta &= T_H \cdot \cos \alpha_1 \cdot (Z_p + \overline{O_1 G}) \\ H_y &= T_H \cdot \sin \alpha_1, \\ H_\phi &= T_H \cdot \sin \alpha_1 \cdot x_p - T_H \cdot \cos \alpha_1 \cdot y_p \\ H_\psi &= T_H \cdot \sin \alpha_1 \cdot (Z_p + \overline{O_1 G}) \\ V_\theta &= T_H \cdot x_p, & V_z &= T_v, & V_\varphi &= T_v \cdot y_p \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.2.7)$$

ここで、 α_1 は係留索の方向と x 軸とのなす角、 x_p, y_p, z_p は O_1 原点とする船体固定座標系から見た係留点の座標を示す。

5.2.4 係留索の幾何学的条件

索による水平分力および垂直分力は、船体固定の係留点からアンカー点 (X_a, Y_a, Z_a) までの水平距離、および垂直距離が計算されたのち求められる。船体に固定された係留点 $P_1(x_p, y_p, z_p)$ は空間固定座標系を用いて表示すると

$$\begin{pmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_G \\ y_G \\ z_G \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & -\phi_G & \theta_G \\ \phi_G & 1 & -\varphi_G \\ -\theta_G & \varphi_G & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} \quad (5.2.8)$$

となる。

従って、 P_1A の水平距離 H_o および垂直距離 V_o は

$$\left. \begin{aligned} H_o &= \sqrt{(X_p - X_a)^2 + (Y_p - Y_a)^2} \\ V_o &= Z_p - Z_a \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.2.9)$$

となる。

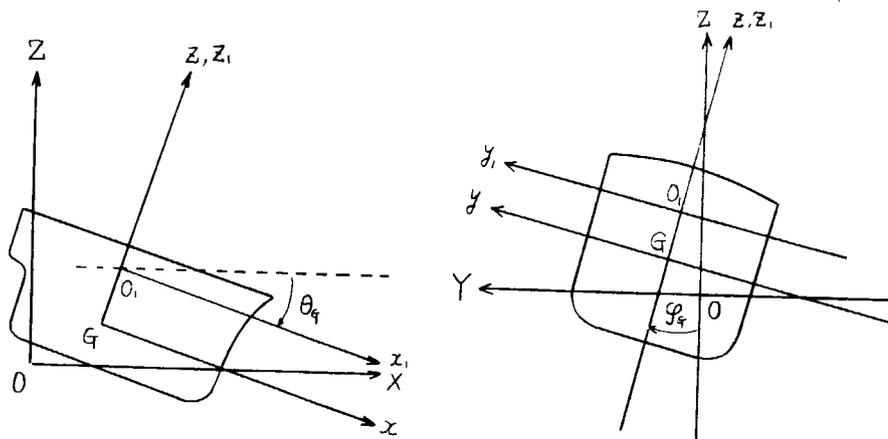
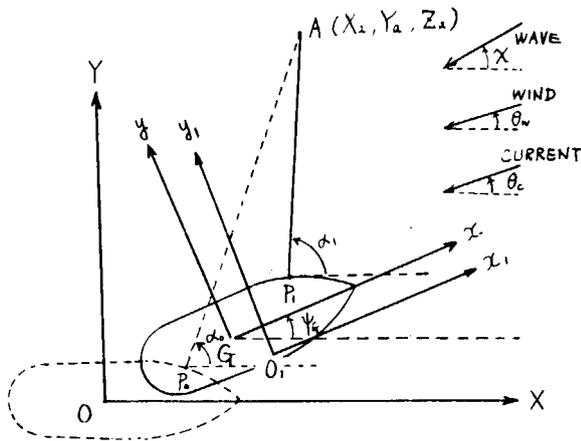


図 5.2.1 座 標 系

5.2.5 多点係留の変形としての単係留の取り扱い

単係留は索数を少くした多点係留の変形であると考えた場合、周期的な波浪強制力以外の定常的な風圧力、潮流力、漂流力および係留力によって船体が静的につり合った状態に対する諸値を初期値として与えることになる。

図 5.2.2 に示すように静的につり合った状態を考え、各外力は船体中心線上に働くものと仮定し、船首から着力点までの距離をそれぞれ、

l_w : 船首から風圧力着力点までの距離

l_c : " 潮流力 "

l_D : " 漂流力 "

とする。各外力を x 軸、y 軸方向の成分に分けて考えると、静的につり合いの関係から

$$T_x + F_{wx} + F_{cx} + F_{Dx} = 0 \quad (5.2.10)$$

$$T_y + F_{wy} + F_{cy} + F_{Dy} = 0 \quad (5.2.11)$$

$$F_{wy} \cdot l_w + F_{cy} \cdot l_c + F_{Dy} \cdot l_D = 0 \quad (5.2.12)$$

つり合い位置を求めるには、初めの設定位置から船首を中心に船体を回転させ(5.2.12)式を満足する位置を逐次的に求める。その位置での係留力の大きさと方向は(5.2.10, 11)式により決定される。逆に係留点が固定されているならば、相対位置関係が上記で求めたものと同じになるように船の位置を移動させることになる。

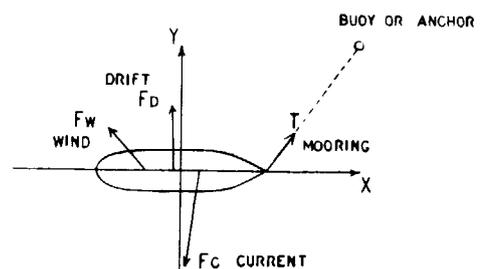


図 5.2.2 単係留時の静的につり合い

5.3 浅水影響を考慮した流体力係数

5.3.1 概要

水深が浅くなると物体に作用する流体力に水深の影響があらわれてくる。運河や狭い水路を航行する船に、この浅水影響があらわれるのはよく知られている。超大型船の係船についても浅水影響の問題がいくつか考えられる。

そのうちのひとつに浅海域における船の動揺の問題がある。この場合の浅水影響は船に相対的な水深（たとえば、水深／吃水、 H/T ）によるだけでなく、波の波長にも依存するが、停泊地に場所を限れば伝播してくる波は、それほど長いものではなく、せいぜい100m前後とされている。それで、このような海象を想定した場合、 $H/D < 1.5$ になると浅水影響が著しくあらわれてくると言われており、事実超大型船の場合 H/T は、この付近であるので、これを無視できないと考えられる。

この浅水問題を理論的に取り扱う時、粘性の影響は無視できないと思われるけれども、流体を完全流体としてもある程度、浅水影響を推定できると考えられる。以下に述べる理論はすべて、上述の完全流体の仮定のもとに展開されている。

浅水動揺問題をはじめ系統的に取り扱ったのは、E.O.Tuck であり、その一連の論文⁽¹⁾で、船の各種浅水影響を論じた。彼は、船をSlender Bodyと仮定し、Matched Asymptotic Expansion の手法を用い、Radiation問題を解いた。そして最終的には、6自由度の運動方程式を導いた。この方法は、理論的には明快であるが、その式が複雑であり、数値計算には不向きなようである。

C.H.Kim⁽²⁾はGrim-田村の方法を有限水深に拡張し、2次元Radiation問題を解いた。そして、これからStrip法によって運動方程式を導いた。Newman⁽³⁾は横運動が浅水問題では重要だとしてMatched Asymptotic Expansionの手法を用いて、横運動を論じた。井島等⁽⁴⁾は、2次元矩形断面について、摂動法を用いて運動を論じた。高木、雁野⁽⁵⁾はThin Ship Theoryの仮定で、有限水深の場合の付加質量を求め、水深の影響を論じた。K.J.Bai⁽⁶⁾等は、その論文の中で、2次元および3次元Radiation問題を特異点分布法と有限要素法の両方で解いた。

本報告書では、特異点分布法を採用し、2次元Radiation問題を解き、流体力係数を求めた。

5.3.2 理論計算法

特異点分布法による2次元Radiation問題の解法は、多くの論文によって論ぜられているので、ここでは詳しく述べないで、式だけを簡単に示しておく。

Green関数

境界条件(5.3.1(a), (b), (c), (d))を満足する周期運動に対する2次元Green関数⁽⁷⁾は次のように表わされる。

境界条件

$$(a) \quad \Delta G(x, y; a, b) = 0 \quad \text{except at } (x, y) = (a, b) \quad (5.3.1)$$

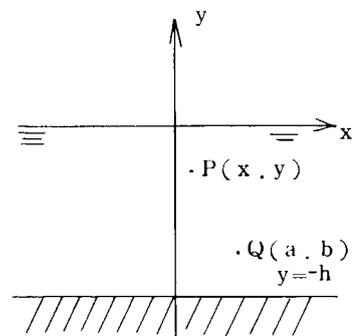
$$(b) \quad \frac{\partial G}{\partial y} - \nu G = 0 \quad \text{at } y = 0$$

$$(c) \quad \frac{\partial G}{\partial y} = 0 \quad \text{at } y = -h$$

$$(d) \quad G \rightarrow f(y, b) e^{-im|x-a|} \quad |x-a| \rightarrow \infty$$

$$G(x, y; a, b) = \log \frac{r}{h} + \log \frac{r_2}{h}$$

$$- 2P \cdot V \int_0^{\infty} \frac{k + \nu}{k} \frac{e^{-kh} \cosh k(h+b) \cosh k(y+h) \cos k(x-a)}{k \sinh kh - \nu \cosh kh}$$



$$\left. + \frac{e^{-kh}}{k} \right\} dk - 2\pi i \frac{\nu + m_0}{m_0} \frac{e^{-m_0 h}}{\nu h +} \\
 \frac{\sin h m_0 h \cos h m_0 (h+b) \cos h m_0 (y+h)}{\sin h^2 m_0 h} \cos m_0 (x-a) \dots \dots \dots (5.3.2)$$

ここで

$$h = \text{水深} \quad r = \sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2} \quad r_2 = \sqrt{(x-a)^2 + (y+2h+b)^2}$$

$$\omega = \text{角周波数} \quad \nu = \frac{\omega^2}{g}$$

m_0 は $m_0 \tanh m_0 h - \nu = 0$ を満足する正根

(5.3.2) の第1項の積分は、Cauchyの主値をとるが、このままでは数値積分には不向きであるので、複素積分すると、無限水深の場合が収束積分表示になるのと違って、級数表示となる。(7)

$$G(x, y; a, b) = -\sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \frac{2\pi}{mk} \frac{mk^2 + \nu^2}{hmk^2 + h\nu^2 - \nu} \cos mk(y+h) \cos mk(b+h) \right. \\
 \left. \times e^{-mk|x-a|} \right\} - i \frac{2\pi}{m_0} \frac{m_0^2 - \nu^2}{hm_0^2 - h\nu^2 + \nu} \cos h m_0 (y+h) \\
 \times \cos h m_0 (b+h) e^{i m_0 |x-a|} \dots \dots \dots (5.3.3)$$

ここで mk は $mk \tanh mk h + \nu = 0$ を満足する正根

積分方程式と速度ポテンシャル

Green関数が与えられれば、今求めようとする流場の速度ポテンシャル $\varphi(x, y)$ はポテンシャル論によると次式で与えられる。

$$\varphi(x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_c \sigma(a, b) G(x, y; a, b) dc \dots \dots \dots (5.3.4)$$

ここで c は物体の境界線

$\sigma(a, b)$ は c 上の複素特異点分布であり、物体表面の境界条件が与えられれば、次の積分方程式を解いて求められる。

$$-\sigma(x, y) + \frac{1}{\pi} \int_c \sigma(a, b) \frac{\partial G}{\partial n} dc = 2h(x, y) \dots \dots \dots (5.3.5)$$

ここで

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{\partial x}{\partial n} & \text{上下揺} \\ \frac{\partial y}{\partial n} & \text{左右揺} \\ x \frac{\partial y}{\partial n} - y \frac{\partial x}{\partial n} & \text{横揺} \end{cases}$$

$\frac{\partial}{\partial n}$ は法線方向の微分を表わす。

5.3.3 数値計算法

(5.3.5) の積分方程式を代数方程式に直して数値的に解くという一般的な手法を用いる。そのために物体境界線 C を適当に分割する。そして分割された区間を直線とし、この区間では分布強さを一様とする。また、この区間の代表点として中点をとり境界条件を、これらの点について合わせる。このようにすれば(5.3.5)は各区間の分布強さを未知数

とする連立方程式となる。ただし、その時 $P(x, y) = Q(a, b)$ となる点を含む区間については $\frac{\partial G}{\partial n}$ が発散するので直接積分を行うが、その他の区間では代表点の値をとって積分は行なわない。

速度ポテンシャルについても同じ手法で数値計算を行う。有限水深の Green 関数は、級数表示であるので、これを用いて数値計算をする時、若干の技巧が必要である。つまり直接原式のままで級数和を収束させようとすると、かなり多くの項迄の和をとらねばならない。それで原式を変形して解析的に収束する項と数値的に収束する項に分ければ後者のみを収束させればよいので、少ない項でしかも精度のよい収束和が得られる。以上述べた式の変形については、ここでは省略する。

5.3.4 計算結果

速度ポテンシャルが求められれば、付加質量等の流体力係数は圧力方程式にこれを代入して積分すれば計算できる。図 5.3.1 ~ 5.3.4 に円柱の計算結果を示す。境界線 C を 2.0 等分割したものである。図中点線は、CH Kim⁽²⁾、一点鎖線は Ursell⁽⁸⁾ が求めたものである。A_H、K₄ で、 $\xi_b = 0.7$ 付近では CH Kim のとよく一致している。 $\xi_b = 1.0$ 以上になると差があらわれてきているが、実用上さし障りがない程度のものである。K₄ で ξ_b が小さいところで、CH Kim の結果は最初、垂れ下がり後急激に発散の傾向を示しているのに対して、本計算結果では、一定値に収束するような傾向を示している。この両者の差については、本計算結果と同じ結果を与えた K. J. Bai⁽⁶⁾等は、 ξ_b が小さいところでは、Numerical Instability が起り数値計算としては、その付近では信頼性がないとしている。この点については、今後も引き続き検討を続けてゆく必要がある。

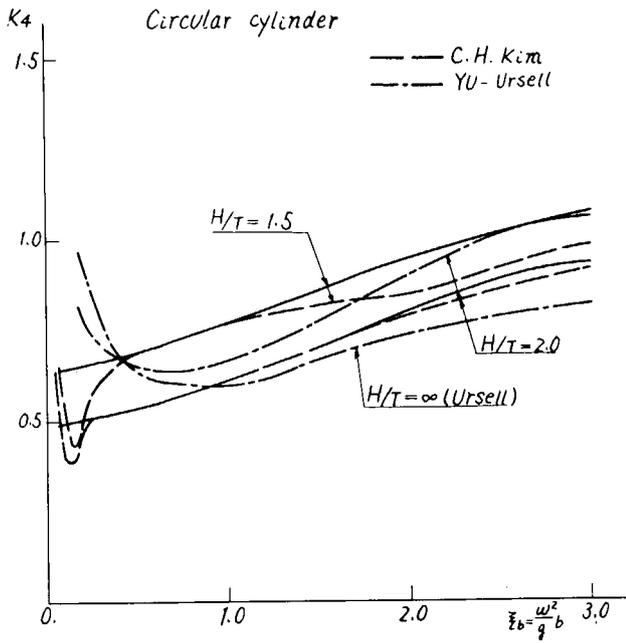
表 5.3.1

	上 下 揺	左 右 揺
付 加 質 量	m_H	m_S
付 加 質 量 係 数	$K_4 = \frac{m_H}{\frac{1}{2} \rho \pi b^2 \cdot C_0}$	$K_x = \frac{m_S}{\frac{1}{2} \rho \pi \cdot b^2}$
減 衰 力	N_H	N_S
減 衰 係 数 (発散波振幅比)	$A_H^2 = \frac{\omega^3}{\rho g^2} N_H \cdot F(m_0 h)$	$A_S^2 = \frac{\omega^3}{\rho g^2} N_S \cdot F(m_0 h)$
ただし、 $F(m_0 h) = \frac{2 \cos h^2 m_0 h}{2 m_0 h + \sinh 2 m_0 h}$		

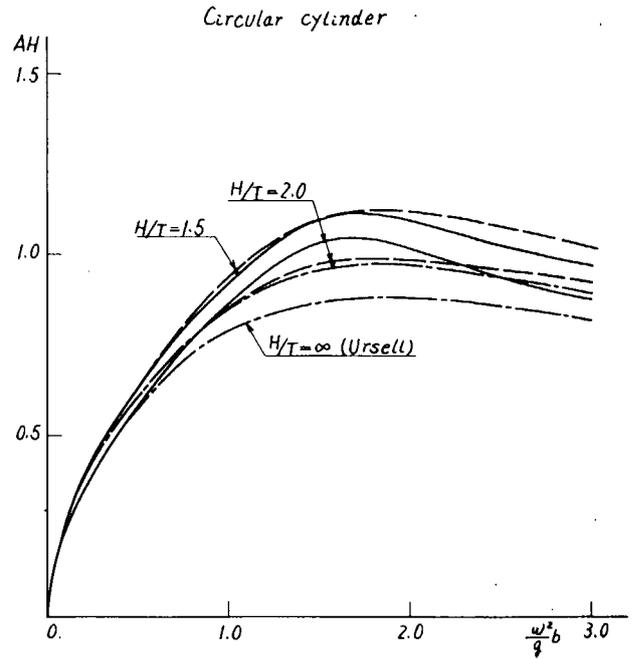
参考文献

- (1) E.O. Tuck : Shallow-Water flows past slender bodies,
J. Fluid Mech. Vol 21 (1966)
- : Ship Motions in Shallow Water,
J. Ship Res. Vol 14, No 4 (1970)
- E.O. Tuck and : Shallow Wave Problems in Ship Hydrodynamics, 8th Sympo.
P.J. Taiter on Naval Hydrodynamics. Pasadena, Aug. 1970
- E.O. Tuck and : Computation of Shallow Water Ship Motions, 9th Symp.
R.F. Beck on Naval Hydrodynamics, Paris, Aug. 1972
- E.O. Tuck : Unstable Squat from Lateral Motion of Ships in
Shallow Water,
J. Ship Res. Vol 18, No 1 (1974)

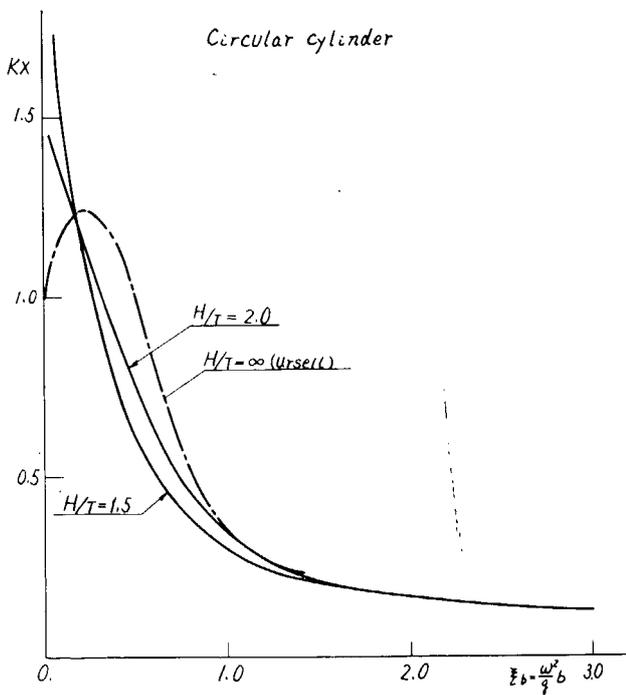
- (2) C.H.Kim : Hydrodynamic Forces and Moments for Heaving, Swaying and Rolling Cylinders on Water of Finite Depth, J. Ship Res. Vol 13, No 2 (1969)
- : The Influence of Water Depth on the Heaving and Pitching Motions of a Ship Moving in Longitudinal Regular Head Waves, Schiffstechnik Vol 15, No 79 (1968)
- (3) J.N.Newman : Lateral Motion of a Slender body Between Two Parallel Walls, J. Fluid Mech. Vol 39 (1969)
- J.N.Newman : Sway Added-Mass Coefficients for Rectangular Profiles in Shallow Water, and C.N.Flagg J. Ship Res. Vol 15 No 4 (1971)
- (4) 井島 武士 : 矩形断面をもつ浮体の浅海波による自由運動
田淵 幹修 : 九大工学集報 第45巻 第1号(1972)
湯村 やす
- (5) 高木 又男 : 波浪中の船体運動に関する水深の影響
雁野 昌明 : 造船協会論文集 第122号 (1967)
- (6) K.J.Bai : Numerical Solutions to Free-Surface Flow Problems, R.W.Yeyng 10th Sympo. on Naval Hydrodynamics, June (1974)
- (7) J.V.Wehausen : Surface Waves, E.V.Laitone Handb. Phys., Vol 19 (1960)
F.John : On the motion of Floating Bodies II, Comn. Pure Appl. Math. 2, (1950)
- (8) Y.S.Yu : Surface Waves Generated by an Oscillating Circular Cylinder on Water of Finite Depth: Theory and Experiment, F.Ursell J. Fluid Mech. Vol 11, 1961



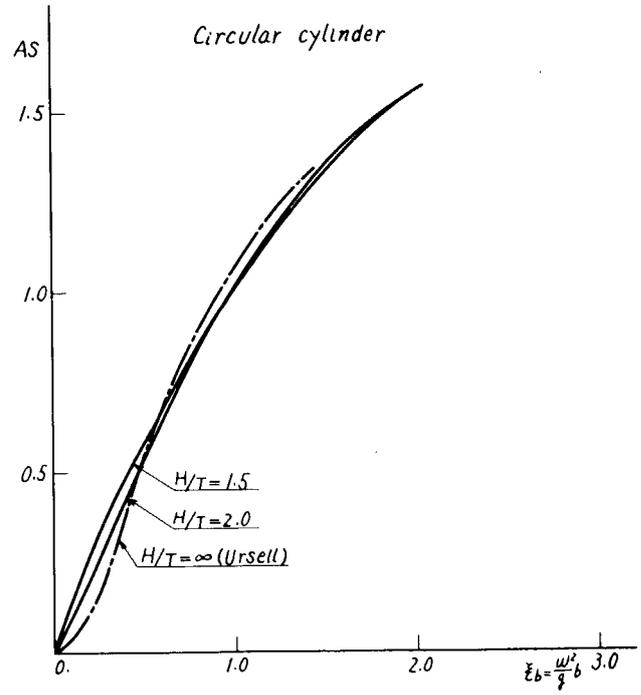
☒ 5.3.1 Added mass coefficient for heave



☒ 5.3.2 Wave amplitude ratio for heave



☒ 5.3.3 Added mass coefficient for sway



☒ 5.3.4 Wave amplitude ratio for sway

5.4 係留力

5.4.1 チェインによる係留力

海底から船舶（またはブイ）の間に張られたチェインによる反力（係留力）をいわゆる懸垂線（Catenary）の理論によって計算する方法を述べる。

計算を簡単にするため、実情とかけはなれない程度の次のような仮定を設ける。すなわち、チェインの伸びおよびチェインに加わる潮流力を無視する。海底は静水面下の一定水深にあるとし、チェインと海底面との摩擦はないものとする。チェインの単位長さ当りの重量（単重）は一定とする。チェインは着鎮点（海底のアンカー等による固定部および海上の船舶またはブイに付けられた点）を含む平面内に常に存在するものとし、動的効果は考慮しない。

今、図 5.4.1 に示すように、海底部の固定端でチェインが海底に接するように張られた場合の諸量の関係は次のようになる。

$$\bar{S} = \frac{T_{0H}}{W} \sinh \frac{WH_0}{T_{0H}} \dots \dots \dots (5.4.1)$$

$$V_0 = \frac{T_{0H}}{W} \left\{ \cosh \left(\frac{WH_0}{T_{0H}} \right) - 1 \right\} \dots \dots \dots (5.4.2)$$

$$T_H = T_{0H} \dots \dots \dots (5.4.3)$$

$$T_v = T_{0H} \sinh \frac{WH}{T_{0H}} = W \bar{S} \dots \dots \dots (5.4.4)$$

$$T = T_{0H} \cosh \frac{WH_0}{T_{0H}} \dots \dots \dots (5.4.5)$$

ここに、 \bar{S} ; チェインの長さ

W ; " の単重

H_0 ; 着鎮点の水平距離

V_0 ; " の垂直距離

T_{0H} ; 海底部の着鎮点における水平力

T_H, T_v, T ; 海上部の着鎮点における水平、垂直分力および合力

ところで、長さ： S_0 、単重： W のチェインの海底部における状態は、 H_0 、 V_0 の大きさにより、1) 海底にチェインの一部が横たわっている場合（slack状態）および 2) 海底の着鎮点において、チェインが海底とある角度を保持している場合（taut状態）が考えられる。さらに、taut状態が極端になれば、実際のチェインは有限の強度しか持たないから、チェインは破断する。

上に述べたこと、および不適当な入力データに対処することを考慮して、チェインの状態を表 5.4.1 に示すように区別して計算を行う。(I)は何らかの原因により不適当なデータが入った場合で、計算不能である。(II)はチェインが垂直に垂れ下がっている場合で、ただちに値が求まる。(III)および(IV)の場合には、式(5.4.1)～(5.4.5)を利用して T_H 、および T_v を計算する。(V)は伸びを考慮しない懸垂線では、当然破断に至る場合で、入力された H_0 、 V_0 および与えられたチェインの破断張力（TTX）を用いて仮想的にチェインの反力を求めるものである。(VI)もtaut状態で計算されたチェインの張力が破断強度を上回る場合で、破断張力を計算された張力と同じ成分比に分配する。このように、(V)および(VI)の場合の張力（係留力）は仮想的なもので、物理的根拠はとぼしいが、R-K-G法等で係留浮体の運動の計算を実行する場合に、時間間隔を細かくしないと計算がストップしてしまうことを便宜的に防ぐのに役立つものと考えられる。もちろん、(I)から(VI)のどの状態で計算を行なったかを示すパラメータ（表にあるKSW）を利用すれば、このような状態の計算をさらに続けるか、この時点で打ち切るかは自由に選択できる。

(III)、または(VI)の場合の計算手順を以下に簡単に述べる。入力として、ある計算ケースを通じて不変な量 S_0, W, TTX

が与えられているとし、さらにある時点において H_0 と V_0 が与えられたとする。

第1段階；垂直距離 V_0 ，長さ S_0 のチェーンが海底で接するときの水平距離 ℓ を求め、これと H_0 とを比較する。

$$a_i = T_{0H} / W \text{ とおくと}$$

$$a_i = \frac{S_0^2 - V_0^2}{2V_0} \dots\dots\dots (5.4.6)$$

$$\ell = a_i \cosh^{-1} (V_0 / a_i + 1.0) \dots\dots\dots (5.4.7)$$

$$\Delta H = H_0 - \ell \dots\dots\dots (5.4.8)$$

第2段階； ΔH が正，0，負の場合に分けて， \bar{S} および a ($= T_{0H} / W$) を計算する。

A) $\Delta H > 0$ のとき (チェーンが着鎮点で海底に対して角度を持つ場合，図 5.4.2)

$$S_0^2 - V_0^2 = 4a^2 \sinh^2 \frac{H_0}{2a} \dots\dots\dots (5.4.9)$$

から a を求め、

$$V_0 = 2a \sinh \frac{2H' + H_0}{2a} \sinh \frac{H_0}{2a} \dots\dots\dots (5.4.10)$$

から H' を求める：

$$\bar{S} = a \sinh \frac{H' + H_0}{a} \dots\dots\dots (5.4.11)$$

B) $\Delta H = 0$ のとき (チェーンが着鎮点のみで海底に接する場合)

$$H_0 = \ell \dots\dots\dots (5.4.12)$$

$$a = a_i \dots\dots\dots (5.4.13)$$

$$\bar{S} = S_0 \dots\dots\dots (5.4.14)$$

C) $\Delta H < 0$ のとき (チェーンの一部が海底に横たわっている場合，図 5.4.3)

$$\frac{V_0}{a} = \cosh \left\{ \frac{H_0 - S_0 + \sqrt{H_0(H_0 + 2a)}}{a} \right\} - 1 \dots\dots\dots (5.4.15)$$

より a を求める。

$$\bar{S} = \sqrt{V_0(V_0 + 2a)} \dots\dots\dots (5.4.16)$$

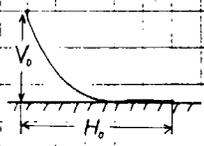
第3段階；第2段階で求めた a ， \bar{S} を用いて， T_H ， T_V を計算する。

$$T_H = aW \dots\dots\dots (5.4.17)$$

$$T_V = \bar{S}W \dots\dots\dots (5.4.18)$$

ここで、第2段階、A) およびC) における a の値はニュートン・ラプソン法によって求められる。

表 5.4.1

	Catenary の状態	K _{sw}	備 考
(I)	$H_0 < 0$ and or $V_0 < 0$	9	計算不能
(II)	$H_0 + V_0 \leq S_0$	0	$T_H = 0$ $T_V = V_0 W$
(III)	slack 状態	1	
(IV)	taut 状態	2	
(V)	$S_0 \leq \sqrt{H_0^2 + V_0^2}$ (破断)	3	$T_H = TTX \frac{H_0}{\sqrt{H_0^2 + V_0^2}}$ $T_V = TTX \frac{V_0}{\sqrt{H_0^2 + V_0^2}}$
(VI)	taut 状態に張力 TTX を越えたる時	4	$T_H = TTX \frac{T_H}{\sqrt{T_H^2 + T_V^2}}$ $T_V = TTX \frac{T_V}{\sqrt{T_H^2 + T_V^2}}$

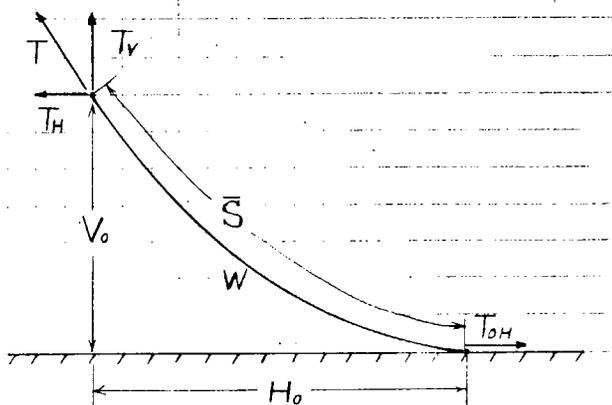


図 5.4.1

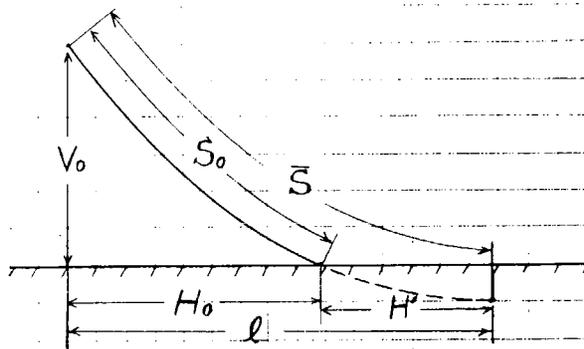


図 5.4.2

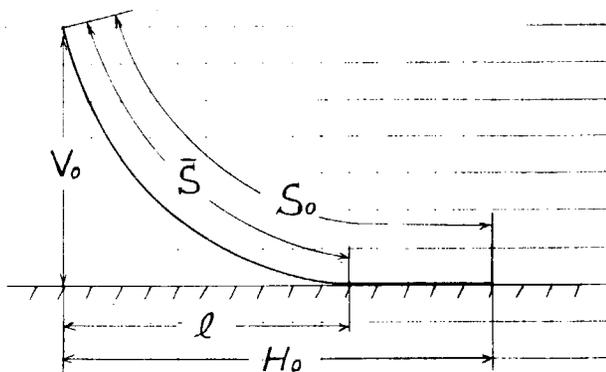


図 5.4.3

5.5 その他の外力

5.5.1 風による力及びモーメント

風圧抵抗は(4.2.1), (4.2.2), (4.2.3)の各式によることとし, その x, y, z 方向成分をそれぞれ F_{wx}, F_{wy}, F_{wz} とすれば(第4章では符号 R_a を用いたが本章では R_w とする。)

$$F_{wx} = -R_w \cos \alpha_w$$

$$F_{wy} = -R_w \sin \alpha_w$$

$$F_{wz} \approx 0$$

α_w : 流圧力角(実験値)

となり, 風圧抵抗による x, y, z 軸まわりのモーメント $M_{w\varphi}, M_{w\theta}, M_{w\phi}$ は

$$M_{w\varphi} = -F_{wy} \cdot Z_w$$

$$M_{w\theta} = F_{wx} \cdot Z_w$$

$$M_{w\phi} = F_{wy} \cdot X_w$$

X_w : 風圧中心の x 座標(実験値)

Z_w : " z "

$$Z_w = -\frac{D-d}{2} - OG \quad (\text{近似式})$$

OG : 重心から自由表面までの距離

5.5.2 潮流による力及びモーメント

潮流抵抗 R_c も SR106 に使用された計算式, (4.2.4) ~ (4.2.9) を使用することとし, その x, y, z 方向成分をそれぞれ F_{cx}, F_{cy}, F_{cz} とおけば,

$$F_{cx} = R_c \cdot \cos \alpha_c$$

$$F_{cy} = -R_c \cdot \sin \alpha_c$$

$$F_{cz} \approx 0$$

α_c ; 流圧力角(実験値)

となり, x, y, z 軸まわりのモーメントは

$$M_{c\varphi} = -F_{cy} \cdot Z_c$$

$$M_{c\theta} = F_{cx} \cdot Z_c$$

$$M_{c\phi} = F_{cy} \cdot X_c$$

X_c : 流圧中心の x 座標(実験値)

Z_c : " z "

$$Z_c = \frac{d}{2} - OG \quad (\text{近似式})$$

となる。(第4章では R_w を用いたが本章では R_c とする。)

5.5.3 波による漂流力

波による漂流力は次式で与えられる。

$$F_D = \frac{1}{2} \rho_c g h a^2 L_{pp} \cdot \sin^2 X R^2$$

力の各成分は $F_{Dx} = 0, F_{Dy} = F_D, F_{Dz} = 0$

モーメントは $M_{Dx} = M_{Dy} = M_{Dz} = 0$ とする。

h_a : 入射波の振幅, X : 波の入射角,

R : 漂流力係数($= R_D + R_s$)

R_D : 深水漂流力係数, R_s : 浅水影響係数

R_D は一般に船と同吃水をもつ垂直平板の理論値が用いられ、丸尾の理論を用いた小川の拘束模型による実験がよく知られているが、Remery & Oortmerssen⁽¹⁾の自由模型による実験結果とよく一致すること、および幅方向を無視したこれら垂直平板の結果が $L/B = 7.0$, $B/T = 2.5$, $C_b = 0.80$ のタンカー模型の結果にもよく一致することが報告されているが、また、横揺および上下揺同調時には標流力が極大値を示すことが知られているが、文献(1)によれば浅水中の横揺同調時のみ極大値は特徴的にあらわれ、その考慮すべき範囲は、浅水中での横揺同調周波数を ω_r とすると無次元波数 $\frac{\omega_r^2}{g} T$ ($3K \cdot T$) に関して、ほぼ $\frac{\omega_r^2}{g} T \pm 0.25$ の間としてもよい。したがって

$$\frac{\omega_r^2}{g} T - 0.25 < K \cdot T < \frac{\omega_r^2}{g} T + 0.25 \text{ において } R = R_D + R_s$$

$$\frac{\omega_r^2}{g} T - 0.25 > K \cdot T, \frac{\omega_r^2}{g} T > K \cdot T \text{ においては } R = R_D$$

また、 $H/T > 4.0$ では R_s は $K \cdot T$ の如何にかかわらず無視できる。

なお、巨大船の満載状態では T の絶対値が大きく、上記浅水影響のあらわれる周波数帯に対して風速 $20 \sim 25 \text{ m/sec}$ による波エネルギーは小さいので、実際の計算上は余り問題にはならないと考えられる。図 5.5.1 は $H/T = 1.10$ に対する R , R_s の例を示したものである。

文献

- (1) F.M. Remery and G. Van Oortmerssen (N.S.M.B)

The mean Wave, Wind and Current forces on Off shore Structures and their Role in Design of Mooring Systems OTC, paper No. 1741

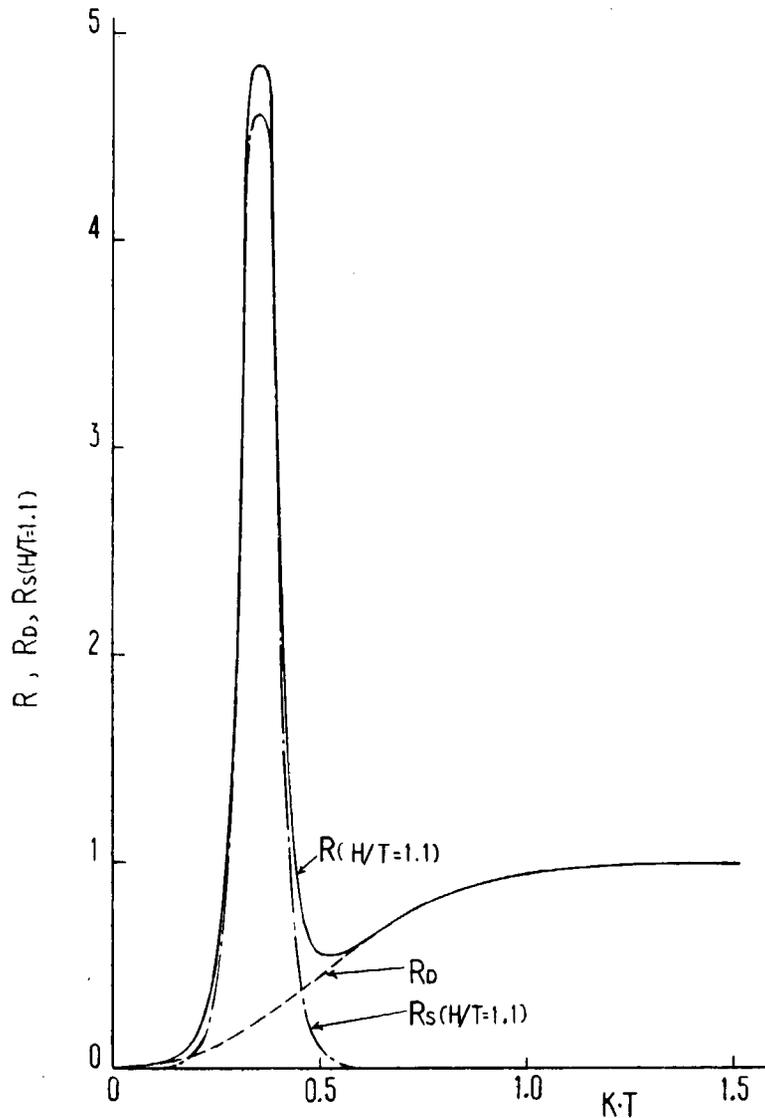


図 5.5.1 漂流力係数

5.6 動的計算の今後の問題点

現在計画されている動的計算の仮定は 5.2.1 に述べているが、これら仮定の中で(1), (3), (iv)は下記の事柄を考えると問題である。

- I) 係留されている船体は風、潮流、波による漂流力と耐航性能で言われる波と同じ周波数をもつ波強制力と係留索による復元力を受け非常に周期が長い運動と周期が短い運動の二つが重畳された運動をすることが予想される。特に単係留を考えると漂流力と係留索の平均張力がつり合う迄は周期の長い運動が卓越し、周期の短い運動は係留索の張力に対しては無視出来ると思われる。このような運動の時は現在計画されている動的計算は適用出来ない。
- II) 将来のブイの係留方式は良くわからぬが、少なくとも現在のブイの多くは1本の索によって係留されているのではなく、多数のブイによって係留、即ち、タコ足係留となっている。このようにブイがタコ足係留されていると仮定(3)は成り立たず、ブイと船体との連成となり問題は複雑になってくる。

以上の二点が、動的計算を実際の設計に応用する際の問題点である。

6. 浅水中を微速で移動する船体に作用する流体力に関する模型試験

6.1 はじめに

離接岸時を主な対象として、微速にて移動する船体に作用する流体力を模型船を用いて計測する場合、水槽試験によれば、移動速度を実船に対応する速度にとると余りに小さくなって、移動速度、流体力共に計測精度上の問題がある外に R_n の影響を受け、又、実船に対応する速度より大きい速度で行えば、 F_n の影響を受け、共に流体力を過大評価する恐れがあるので、今回は鏡像模型を用いた風洞試験で計測することとした。

本年度は、この風洞試験に使用する器材の製作整備を行い、試験は来年度 6 月～7 月に実施の予定である。

6.2 製作中の器材の概要

(1) 計測枠

計測枠の概要を図 6.2.1 に示す。即ち、鋼材でかためた枠組の四隅に 2 枚の木製平板の固定を兼ねた上下移動用のねじ棒を設け、電動機にて 4 本連動で駆動して、2 枚の平板の中心が常に風洞の中心と一致してその間隔を調整できるようにしてある。

又、平板の中央には平板の固定を兼ねたスオードがあり、その中に動力計を固定する棒が入っている。この棒に動力計を固定した状態でまわし、模型船に所定の偏角を与える。

計測枠はロッドにて強固に風洞床面に固定する。

(2) 動力計

動力計は 2 枚の平板の間に、中心より等距離で且矩形型に 4 本の丸棒ばねを設け、一方の平板は計測枠の動力計取付棒に固定し、他方は模型船の内底に固定し、全体として模型船内に収められる様な型式のもので、動力計取付棒側の平板には差動トランスのコイルが、模型側の平板にはコアが夫々固定してあり、風により模型船が力を受けると、その力に比例した変位を差動トランスで検出出来る。

(3) 模型船

模型船は木製で 100 万トン級タンカーの満載吃水線下の鏡像模型を使用する。その主要目は次の通りである。

長さ (L)	1.5000M
巾 (B)	0.3000M
吃水 (d)	0.1099M
L/B	5.0
B/d	2.73
C_b	0.82

(4) 境界層計測装置

平板と模型船の間の風速分布を計測する為のもので、1 本の静圧管の上下に各 3 本の動圧管を配置し、1 体にまとめた形のもので、全体の長さの異なる 2 本を準備している。

6.3 試験要領

風洞は吹口 $2m \times 2m$ の角形で最大風速 $65m/s$ の閉鎖型のもので、開放型にして用いる。

風速	$30 \sim 40m/s$	模型船の偏角	$40^\circ \sim (10^\circ) \sim 140^\circ$
平板の間隔	$2.2d, 2.4d, 2.6d, 3.0d, 4.0d, 6.0d, 10.0d$		

以上の各組合せについて船首尾方向、横方向の力と重心まわりのモーメントの三分力の計測を行う。

尚、平板と模型船間の風速分布は $3.0d$ 以下で偏角 90° のときのみ計測を行う。

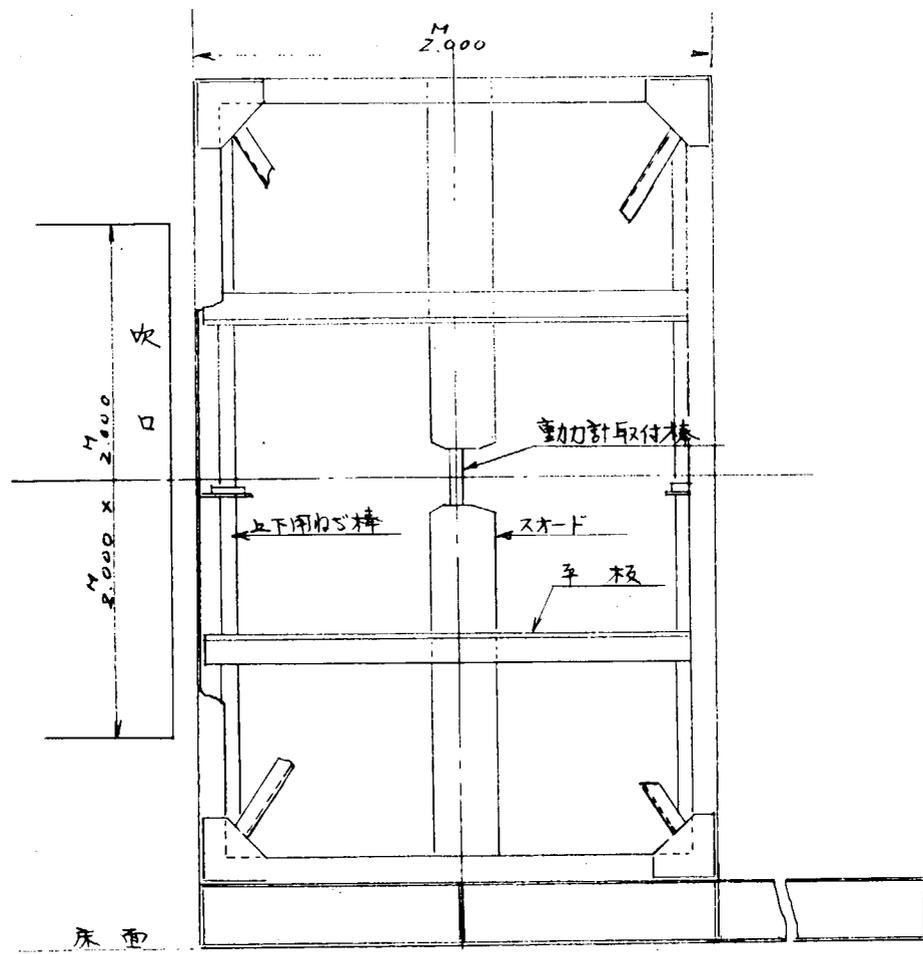


図 6.2.1 計測棒側面略図

7. 次年度予定

本年度は岸壁係留における静的計算を主体とし、動的計算、実験などの準備を行ったが、これらを基礎として次年度は次の各項目について実施する予定である。

7.1 多点係留計算プログラムと実船計算例

本年度は主プログラムの概略を終了したので、各サブプログラムを連結し、一貫プログラムとして完成するとともに、100万、70万、40万トン型3船型について実際の計算を行い、多点係留の条件、限界などを設定する。

7.2 単係留に対する検討

単、双錨泊、単浮標係留は多点係留に比較して係留力は小さく、巨大船の係留に適していると解釈されているが、鎖索の長さとおぼろげな運動の関係など検討を要する問題がある。

7.3 ドルフィン係留に関する検討

運航面においてはドルフィン係留に対する期待が大きく、これに関する計算法の開発が望まれる。

本研究部会以外でも既に開発に着手している機関もあり、これらと協調し効率よい開発を試みるとともに、ドルフィン係留可能な限度と安全性などの検討を行う。

7.4 実験

- (1) 浅水中を微速で移動する船体に働く流体力に関する模型実験の実施
- (2) 強制動揺による Sway の付加質量、減衰係数を求める模型水槽実験の実施

結 言

巨大船の係船システムの研究として、本年はまず巨大船が受ける外的条件に関して調査を行ない国内外の巨大船の泊地においては、台風などに対して予め予知が出来て退避が可能なものとして標準最大風速 20 m/sec (10分間平均)、瞬間風速 26 m/sec 、最大有義波高 $2\sim 4\text{ m}$ 、船の真横方向の成分として標準潮流速度 1.0 knot 程度を基準とすればよいことが判明した。但し、実際の計画に際しては決定した泊地について、十分局地的な気象の特殊性を事前に調査することが必要である。

なお、本年度は 100 万トンおよび 70 万トンタンカーについて係船力の静的解析を行ない、平均風速 22.5 m/sec 、真横から潮流速度 1.0 knot ならば従来の程度の係船索の大きさおよび索数にて岸壁係留が可能であることが分った。また、本年度において巨大船泊地の風と波の取扱いに関する詳細なデータを収集したので、これらをもとにして風速の変動および波の影響を考慮に入れた船の動的計算によつて係留索又は錨鎖にかかる動的張力の算定を行なうため、動的係船力解析プログラムを作成中である。

なお、本年は更にブイ係船、ドルフィン係船および岸壁係船の各々について標準係船作業の調査分析、巨大船の係船関係法規、船級協会ルールなどの調査および自動化、省力化のための予備的資料収集を行なった。次年度では、これらの諸結果にもとずき巨大船の係船システムの設計について更に具体的に検討する予定である。