

(昭和40年11月造船協会秋季講演会において講演)

南極観測船の進水について

正員 小沢 尚介* 正員 弓 削 篤*
 正員 三浦 富士雄* 正員 須藤 正信*

Lunching of the Antarctic Observation Ship

By Naosuke Ozawa, *Member* Atsushi Yiuge, *Member*
 Fujio Miura, *Member* Masanobu Sudo, *Member*

Summary

The new Antarctic Observation Ship has certain features such as a semicircular bottom and a large lunching weight considering the hull scantling.

To enable the lunching of this vessel to be successfully carried out, the lunching berth was extended some 40M into the sea and this was accomplished by using 6 floating tanks, which operated on steel balls. We summarize here about the enforcement of the plan for this vessel.

1 ま え が き

南極観測船は船型的には、船底は全般にお椀型となつており、また進水重量はアイスペルト附近の外板に超厚板を使用している等の理由により船体寸法に比して大きい。

このような諸要素が本船の進水に対し難かしさを与え、その計画並びに実施に際し、いろいろの新しい経験をわれわれに要求した。

結論的には、進水用固定台は在来の地上固定台を延長して海中に約40mの仮設ガーダーを設置し、且進水用浮力タンク6ヶ(合計浮力約4,500T)を船体の前後左右に装着し、ボール方式により本年3月当所1号船台において無事進水したのである。

ここでは上記の如き通常の進水といささか趣を異にした進水計画、並びに進水工事施工上の問題点にふれて諸賢のご批判を得たいと考える。

2 進水計画に影響する本船の特質

主要寸法	全長(飛行甲板後端まで)	100.000M
	喫水線長	90.000M
	垂線間長さ	90.000M
	最大巾	22.000M
	喫水線巾	21.500M
	深さ(第1甲板まで)	11.800M
	計画喫水	8.000M

船型は第1図の正面線図に示す如く船底が極端なお椀型をなしており且前後部の船体がファインである。またB/Lが大きいのも本船型の特徴である。

このような形状のゆえに進水時浮力が仲々つかないと云う

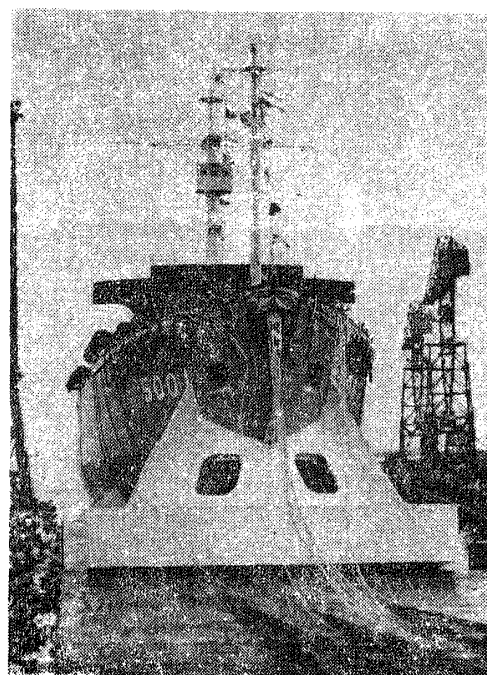
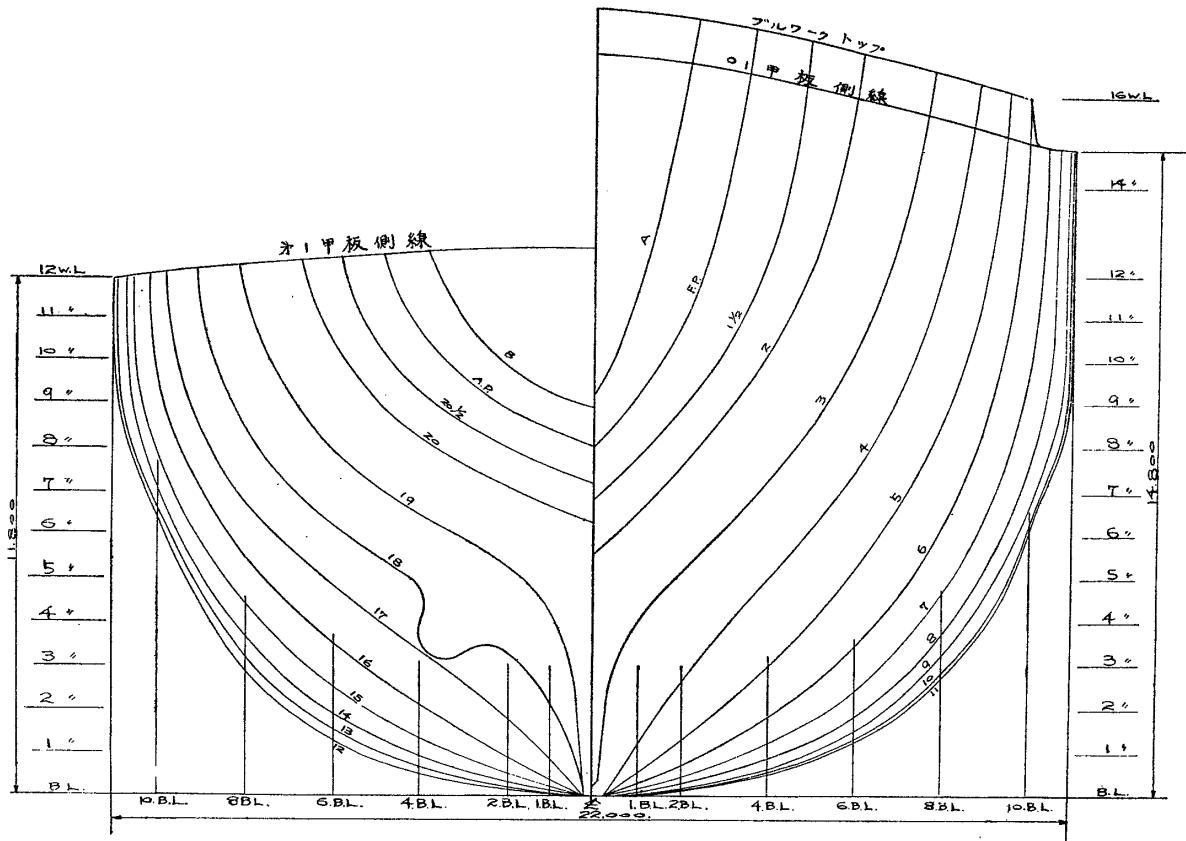


写真1 浮力タンクをつけた南極観測船

原稿受付 昭和40年7月9日

* 日本鋼管鶴見造船所



第1図 正面線図

こと、船首尾抱台構造に関連して滑走台の長さを十分に取ることができないなどの諸問題を提起している。

進水重量はクレードルを含めて4,620 Tでありこの重量は前記厚板の使用と、船殻構造が本船の使用目的上複雑である等により、船殻そのものの重量が大きいことと、構造上からも進水時繊装部品の相当部分を塔載せざるを得なかつた等の理由により、船体寸法に比して通常船舶よりは、はるかに大きいと云える。

3 仮想進水計画

上述のような種々の問題を抱えた進水計画に影響する諸要目の特質がどのようなものであるかを述べるに当り比較の意味において、今仮りにごくありふれた船台特性（傾斜、キャンパー等）を有する船台において通常の進水方式により進水させる場合を想定して当所1号船台と略同様な要目を有し、且固定台は十分に長く水中に延びた船台において本船を進水させるための試算を行なつたので以下に記す。第2図は上記仮想船台および船体の据付状況を示す。

仮想船台における進水諸要目

キール初期傾斜	47.25/1000	進水台間隙（巾900mm台2条）	7.00M
固定台傾斜船首抱台前端	34.50/1000	進水総重量	4,620 T
曲率半径	2.330M	潮位	1.86M
滑走台有効長さ	59.20M		

このような条件で進水計算を行なつて得られた進水曲線を第3図に示す。

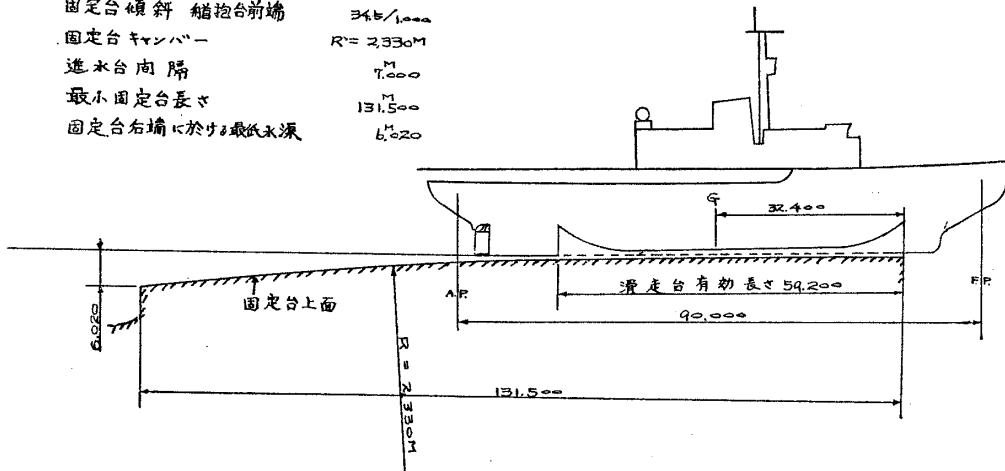
3-1 船尾浮揚時の船尾喫水

本船は前述のごとく一般船舶に比して船型がやせ型であり且船体寸法に比し進水重量が大きいので船尾浮揚までに約92.2Mの走行距離を必要とする。

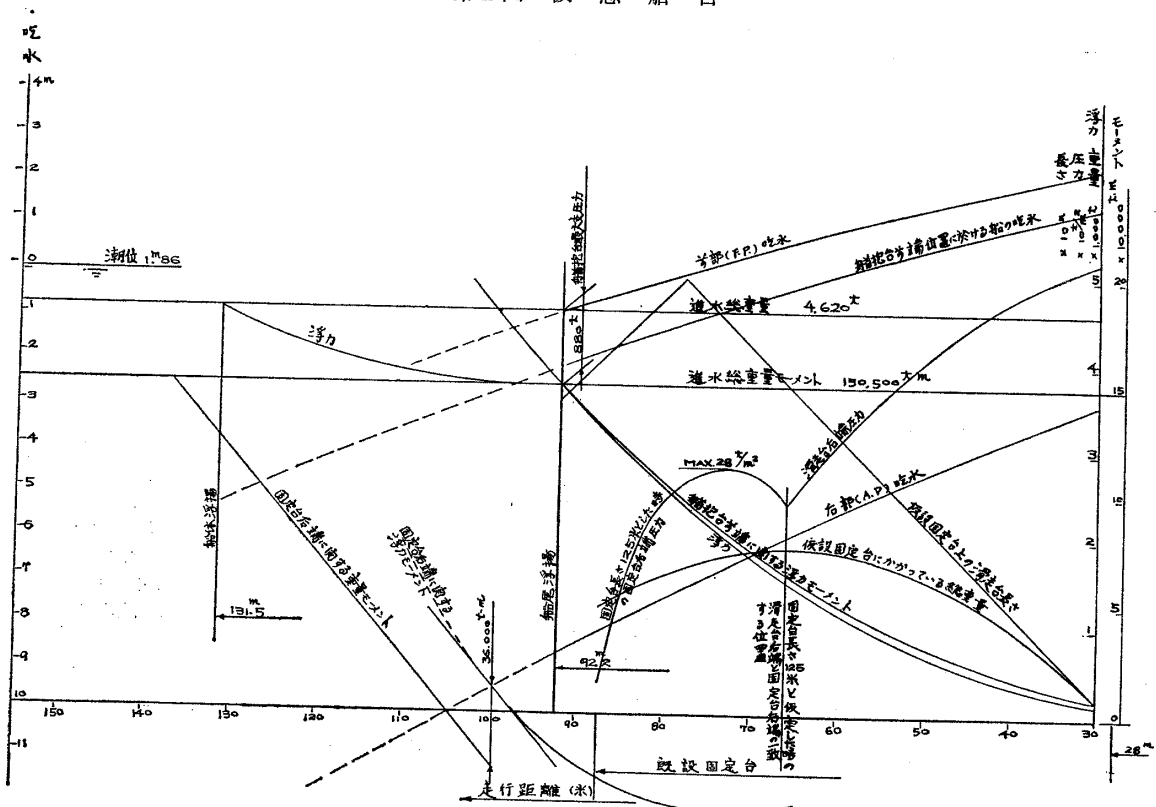
経験的に見て本船の場合船尾の最大沈下は静的に考えた場合よりも15M程度後に起こると考えて十分であろう。

進水要目

キール初期傾斜	47.25/1000
固定台傾斜 船抱台前端	34.5/1000
固定台キャンバー	R=2330M
進水台間隔	7.000
最小固定台長さ	131.500
固定台右端に於ける最低水深	6.020



第2図 仮想船台



第3図 仮想船台に於ける進水曲線

この場合の本船の喫水状態は次のごとし。

前部 (FP)	1.90 M	後部抱台後端 (船の喫水)	8.71 M
後部 (AP)	10.25 M	〃 (台下まで)	9.41 M
前部抱台前端 (船の喫水)	3.20 M	舵後端	10.12 M
〃 (台下まで)	3.90 M	船体最後部 (AP より 4.0 M 後)	10.62 M

船体最後部において有効浮力の働く甲板までの船底よりの高さは 12.55 M で最小乾舷は約 1.9 M となりこのときの船体傾斜は 1/10 である。

滑走台と船体との固着、進水台構造等を勘案すれば極めて危険度の高い進水であり、これらの数値は通常の船舶の進水では見られない極めてきびしいものであると考えられる。

3-2 所要固定台長

固定台長さをいくらにするかは固定台後端最大圧力、船首沈下量、反チッピングモーメント等を検討して決定される。

固定台後端最大圧力の限界はその固定台の構造にもよるが一般に 30 T/M^2 以下に押えているのが通例であるがここでは仮に 28 T/M^2 とすればこの場合の最小固定台長は 125 M である。

船体の浮揚は滑走距離 131.5 M のときに起こるが、そのときの船の状態は次の如し、

喫水 前部 (FP)	5.10 M	船首抱台前端 (台下迄)	6.02 M
後部 (AP)	6.51 M	トリム	1.41 M (傾斜 15.65/1000)
船首抱台前端	5.32 M		

したがって静的船首沈下量を 0 と抑えた場合の固定台長は 131.5 M であつて、このときの固定台端の水深は 6.02 M 以上が必要である。

また反チッピングモーメントに関してはいま仮りに固定台長を 131.5 M とすると最小反チッピングモーメントは走行距離 99.5 M で $36,000 \text{ T-M}$ であり、且重心の固定台端通過が船尾浮揚後約 6.5 M のちであり船尾浮揚時における反チッピングモーメントは $74,000 \text{ T-M}$ である。

これらの点から反チッピングモーメントに関しては固定台長が上記 131.5 M あれば十分であり問題はないと考えられる。

上記進水諸要素の検討結果、本船を進水させるための進水固定台長は 131.5 M 以上を必要とし、このときの固定台後端水深は 6.02 M 以上なければならない。

このような諸元を有する船台は現有施設では望むべくもなく仮設の台を増設させる場合も、これらの工事は完全なる水中作業となり延長量が長ければ長い程工事上の不確定要素が多くなり、それだけでも進水の危険性が増大してくる。

以上は本船の進水に際し予想される主な問題点であるがこれらの問題点はそれぞれに相矛盾した形で関連し合ひ、一般の船台において従来の進水方式をとる限り、すべての要素を満足して安全な進水を計画することは極めて困難なことであることが判る。

例えば、水中固定台の長さを短くして船首沈下を防止するために後部にバラストを搭載して船尾浮揚時のトリムを大きくすれば船尾浮揚の位置を遅らせ船尾浮揚時の後部喫水の増大、残存乾舷の減少、進水台後端圧力の過大など前記本船の進水諸元からして先ず不可能に近いと云えよう。

また一方浮力タンク装着のみでこの船首沈下を解決するには船首抱台前端における喫水 1.7 M 以下、トリム 1 M 前後での船体浮揚を要求される。平均喫水 2.3 M で仮りに $4,620 \text{ T}$ の進水重量に相当する浮力を確保するには、他の進水諸元を一切考えないでも、長さ 90 M 巾 21.8 M の箱型の浮力に相当することとなり、現実的には考えられない。

このような固定台の延長、または浮力タンクの装着いずれか一方のみでの本船の進水は考えられないと云う結論に達したので本船の進水実施においては、その諸元に不都合でない程度の合理的な固定台延長、浮力タンク装着の両者による進水計画に着手することにした。

まず水中仮設固定台の長さを海底土質の状態、水深、布設工事の難易、浮力タンク寸法の限界等を考慮して約 40 M と決定し以後の進水計画はすべてこの線に沿つて進められた。

4 進 水 計 画

4-1 浮力タンクの計画

浮力タンクの大きさ、強度、装着位置等を計画するに当つて設定された条件および装着に附随する問題として次の事項がある。

イ) 仮設固定台 40 m 布設に対応する固定台後端は潮位 0 M のとき 2.90 M であり、船首沈下は無いものとする。

ロ) 船首抱台最大支圧力は $2,100 \text{ T}$ 以内とし、この力は既設船台にかかるようにする。すなわち船尾浮揚までの走行距離は 70 M 以内に押える。また仮設固定台にかかる上記支圧力は、 $1,500 \text{ T}$ 以内に押える。

ハ) 進水重量の約半分を浮力タンクで支持するので浮揚時の船体撓みが過大とならないようタンク配置に留意する。

ニ) タンクには船体重量や船首抱台支圧力等の外力をかけない構造とする。またタンクは進水過程において

損傷をうける可能性もあるのでそれぞれ2区画とする。また製作が容易なごとく形状はできるだけ平面で構成されることも考慮する。

ホ) タンク装着による進水速度および進水時、進水後の復元性の検討を要する。

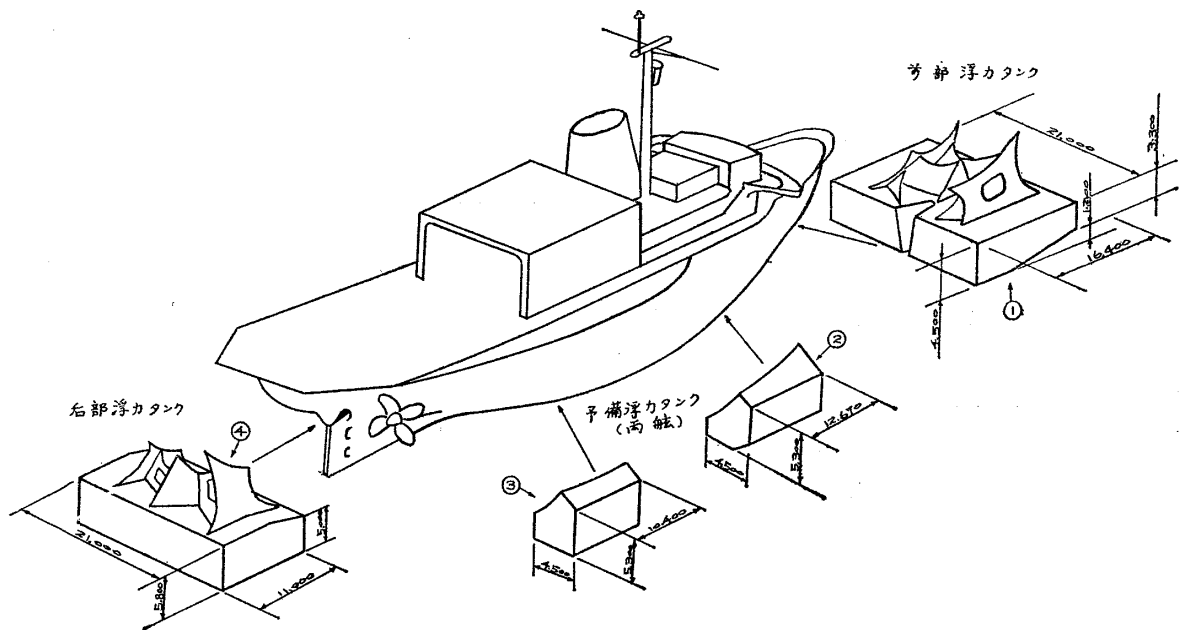
へ) 取付け位置は進水台構造との関連を考慮し、且取付け作業、取はずし作業の容易なることを要する。

すなわち浮力タンクの大きさ、形状、強度、装着位置は上記の諸条件を満たすように決定された。

装着された浮力タンクは第7図のスケッチに示されるように前後に大型1ケずつ、左右に2ケずつ、計下記の6ケである。

タンク名称 全没時排水量×数 第4図のマーク

前部浮力タンク	1,360 T×1	①	後部	400 T×2	③
前部予備浮力タンク	515 T×2	②	後部浮力タンク	1,290 T×1	④
全没時排水量計=4,480 T					



第4図 浮力タンク

進水直後における船体浮揚時の平均喫水を4M程度にするには約2,500Tの浮力をタンクにより補う必要があり、しかも船尾浮揚の位置、船首抱台支圧力が制約されれば必然的に浮力タンクの大体の大きさと位置が明らかとなる。装着位置は進水台構造に支障のないように計画され、タンクの大きさは単に進水諸元を満足させるのみならずタンク装着の結果予想される船の安全上の問題も慎重に検討された。

各浮力タンクの役割が浮力を確保することにあるのは言うまでもないがこれをそれぞれのタンクについて述べれば次のごとくである。

① 前部浮力タンク

後部タンクの装着により生ずる前トリムモーメントを打消すことを主目的とする。前部タンクの取付け位置は船首抱台の船首側にあるが船首沈下が生ずれば本タンクを損傷する恐れが十分考えられるので船首沈下を零とすることも考慮して本タンクの大きさは決定された。

なお船体浮揚時、このタンクの前端が固定台に接触しないように本タンクの底面はキール下面より0.6M上方に取付けられ且タンクの前端において1.2M切り取つてある。

なおステムの部分は三角形に切り取られ、本船とは大型ブラケット構造により強固に結合されている。

④ 後部浮力タンク

後の浮力を増しチップングを防止し所定の船尾浮揚を得ることを主目的とする。このタンクの形状大きさは進水諸元に最も大きな影響を与えまた進水速度、進水中の方向安定性への影響も考慮された。

本船建造船台は固定台傾斜が比較的大きく、従つて図に示すような箱型のタンクでも進水最大速力略7ノットの確保を見込むことができた。

本タンクの底面はキールライン上100mmとし、舵の部分は細長く切り取られ且ボンネットの部分は凹ました構造とし、船体との結合は前部タンク同様ブラケット結合とした。

②③ 前後部予備浮力タンク

この両タンクはその大きさにおいてほぼ限界にある前後部浮力タンクの浮力を補なうために計画された。

前後部浮力タンクの位置、船体の重量分布より見た船はサグ状態におかれるがこの予備浮力タンクの装着によりその傾向を少しでも緩和しようと云うことも考慮されている。

本船の進水において注意すべきは船首抱台が仮設固定台上に完全に乗り移つた時点において船首抱台の支圧力は1,460Tと大きく且前部浮力タンクは船台直上に位置していることである。このときタンク底部は船体傾斜角5°において、船台に接触し破損する恐れがある。

船尾浮揚後の進水中の船体の復元力は理論的には浮心と船首抱台2条の反力で3点支持となり本船の場合約20°以上傾斜しない限りその復元性には心配ない。しかし今回の仮設固定台は、その設置が後述するように海中作業であり且海底の状態にも不確定要素が少なくないことなどを勘案して例えば仮設台の片側が崩壊したとしてもなお前部浮力タンクの損傷を辛うじて防止し得る程度の傾斜角度に押えることが要求されるが本タンクの装着はこのような目的に貢献するように計画されている。

本タンクは浮力効率も加味して前後2ヶづつに配置され、船体には外板に直接溶接で取付けてある。

進水後における各種の状態について浮力タンク損傷時の復元性能を検討したがこれを第5図に示す。

上記各タンクが浮力および浮力モーメントにいかん作用するか計算されたダイヤグラムを第6図に示す。

4-2 進水要目

既述のような進水諸元の検討の結果本船の進水計画は下記のように実施された。

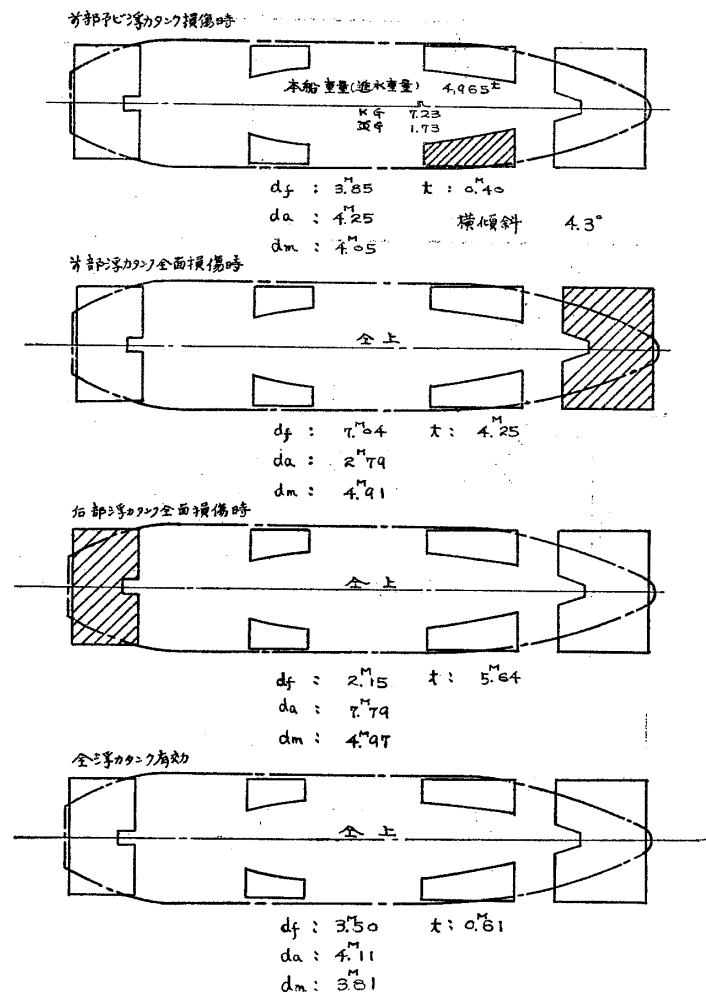
主要寸法は前記の仮想進水計画に述べたものと変りない。

計画潮位	1.86 M
進水総重量 (浮力タンク、クレ ードル含む)	4,965 T
進水総重量の重心: Σ G	
(Σ より後方)	1.73 M
: KG (ベースライン上)	7.23 M

船体浮揚時喫水

前部 (FP)	3.50 M
後部 (AP)	4.11 M
平均	3.81 M
トリム	0.61 M
船首抱台前端 (台 0.7 M 含む)	4.30 M

浮力タンク損傷時の船の状態

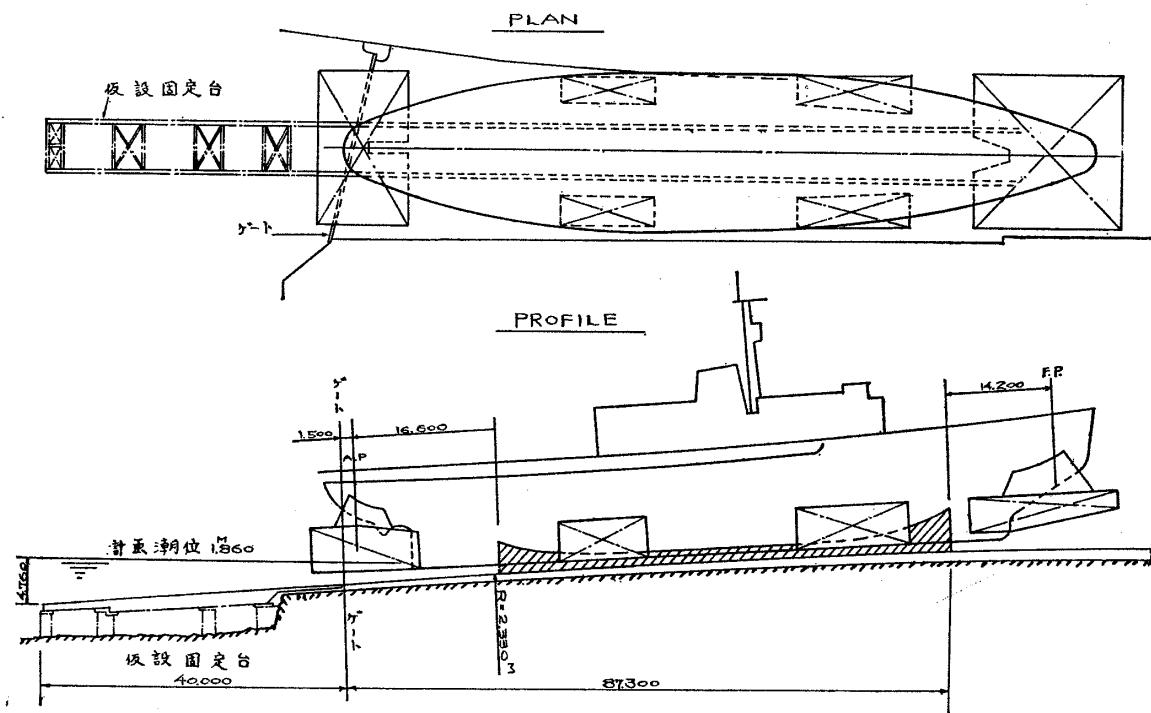


第5図 浮力タンク損傷時の船体の状態

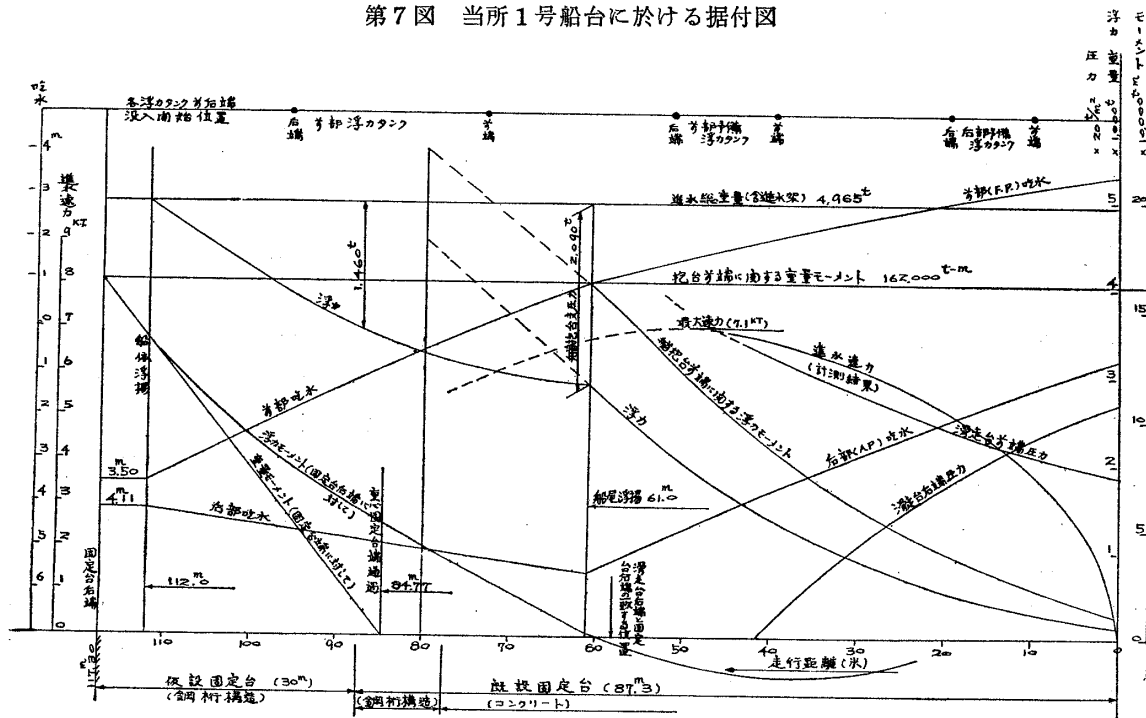
船尾抱台後端 (")	4.70 M
船尾浮揚時喫水, 前部 (FP)	-1.20 M
後部 (AP)	5.52 M
船尾浮揚時 GM	0.60 M
船尾浮揚までの走行距離	61 M

仮設分	40.00 M	保巨具総数	162 ケ
滑走台有効長さ	59.20 M	滑走台下ボール総数 (全面5列)	1,820 ケ
進水台間隔 (巾900mm 台×2条)	7.00 M	据付時ボール1ヶ当り平均荷重	2.75 T

当所1号船台に於ける本船の据付図を第7図に示す。進水曲線は第8図に示す。



第7図 当所1号船台に於ける据付図

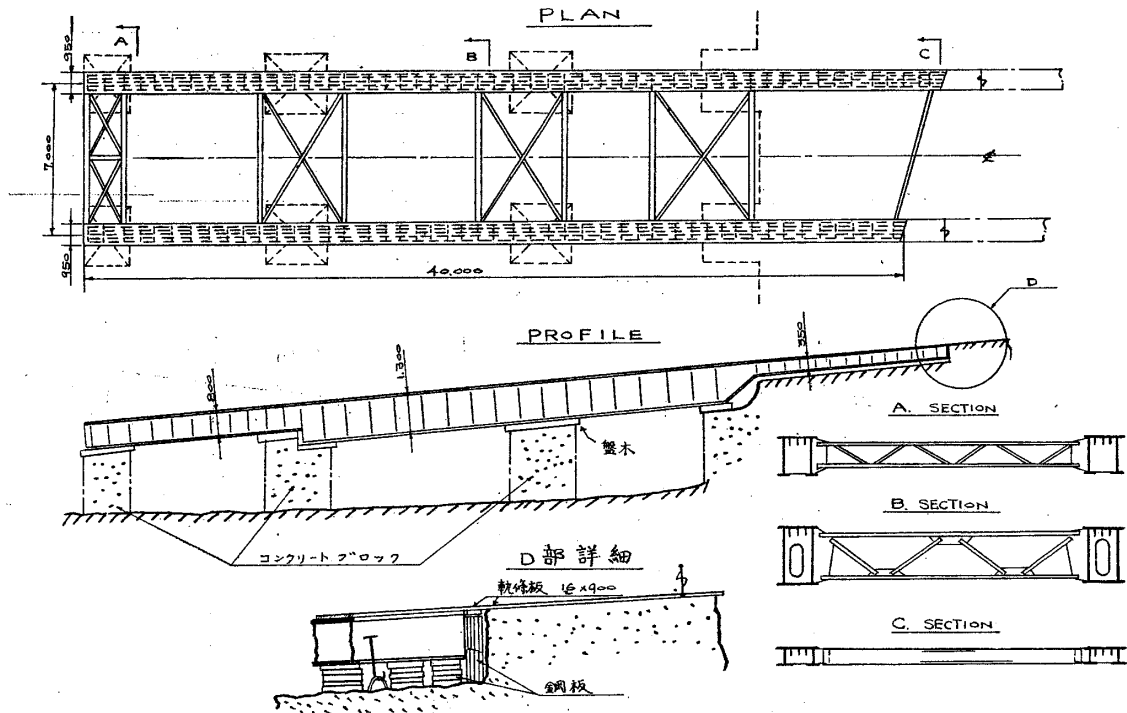


第8図 進水曲線

5 施工上の諸問題

5-1 仮設固定台

仮設固定台 40m をいかなる構造にするか種々検討されたが、第9図に示す如き鋼製のガーダーを作り、これを海底に据付けたコンクリートブロックで支えることにした。



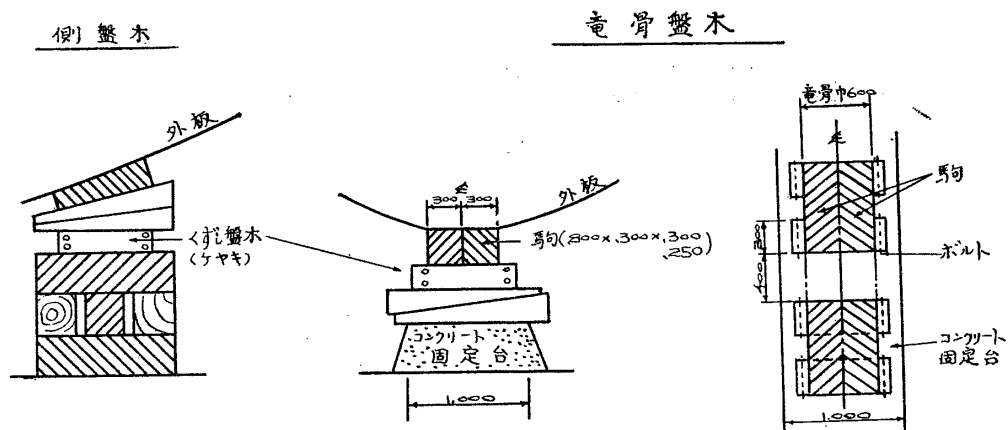
第9図 水中固定台

鋼製ガーダーの強度は船首抱台支圧力に対し若干の安全率をとつて決定した。且局部荷重による固定台軌条板の変形を防ぐ目的で 500 mm おきに補強材を取付け且船首抱台支圧力の特に大きい船首部の 10m (この部分は既設船台の上に乗る) の部分にはコンクリートを充填してある。

仮設固定台と既設コンクリート固定台の結合部の構造上の不連続を避けるため軌条板同志は溶接により結合した。この作業は通常の潮位では水中に没しているため大潮の時期に 1~2 時間の短時間の間に完了し、且この附近のガーダーと固定台、船台との間隙には準備された鋼製ライラーを敷きつめてガーダーの局部沈下の防止を計った。このガーダーは地上で一体に組立て、大型フローティングクレーンで設置した。このガーダーを支持するコンクリートブロックは重量の関係で各々上下 3 段積とした。本ブロック据付けに際しこの部分はあらかじめ浚渫を行ない、ここに鉋滓を敷きつめて 10 T の重錘でつきかためを行なつた。この部分の海底の限界地耐力は短期荷重で 15 T/M²、長期荷重で 100 T/M² で計画されたが進水後のガーダー沈下量測定の結果、仮設固定台後端で 22 mm、後端より 20 m 山側で 40 mm の台の沈下があつたが、これらの沈下はコンクリートブロックの沈下とガーダーとコンクリートブロック間につめた木製盤木の変形量の合計であり、海底の地耐力は略十分であつたと考えている。なおガーダーと船台および上記コンクリートブロックの間には木製盤木を敷きつめ両者はアンカーリングおよびターンバックルを用いて固着した。

5-2 盤木配置および進水台構造

本船はキール巾 0.6 M 以外に平坦部がなく船底湾曲が著しい。しかも船の長さに対しオーバーハング量、船体重量ともに大であり、このような船は有効なる盤木配置が困難である。本船ではキール巾 0.6 M にできるだけ多くの駒を配し且側盤木の駒も有効に働くよう第 10 図のごとき構造とした。側盤木はすべて井桁積型式とし進水台を挟み両舷 4 列とした。



第10図 キール，側盤木構造

配置盤木数はキール盤木駒数 118 駒，側盤木駒数 156 駒（両舷で）であり駒 1 駒当り平均荷重は約 18 T となる。その他のブロック搭載過程において随時仮盤木，仮支柱を使用した。

本船の滑走台の有効長は 59.2 M であり船の全長の約 60% であるが，船体形状の関係からこれ以上の長さを取ることはできない。この時滑走台の受ける圧力は重量が梯形分布と考えると前端で約 60 T/M^2 ，後端にて約 33 T/M^2 ，平均 47 T/M^2 であり，この値は従来の進水船に比して約 2 倍の大きい数値である。

船体の前部オーバーハングは 18.2 M（全長の 18.2%）後部オーバーハングは 20.6 M（全長の 20.6%）であり，これらの苛酷な条件の下に特に船首尾抱台構造は強固に丁寧に施工されたのは云うまでもない。

5-3 前後部浮力タンク取付，取はずし工事

前後部浮力タンクは自重がそれぞれ 130 T 前後ありその船体への取付，取はずしは下記のごとく実施された。

前部タンクは船首部前方の船台上で組立てを完了し，コロ引きにより所定位置まで引き出し，次にジャッキアップして取付けた。

後部のタンクはゲート開放後でなければ取付けができないので地上で組立てを完了しておき，これを海上に浮揚せしめ満潮時所定の位置に回航し，海中に準備したガーダーで一旦受け前部タンク同様ジャッキアップして船体への取付けを実施した。

取はずしはドックにて行ない，入渠後一時盤木にてタンクを支持し船体取合のブラケットを一部解体し半注水してタンクを浮揚せしめ両タンクを引き抜き無事工事を完了した。

6 結 び

進水結果は略計画通りの数値を記録した。

本船のごとき特異な進水計画とその実施はわれわれに尊い経験を与えてくれたが通常の進水方式の計画の上にも裨益する所が大きかったと考えている。

最後に本船の計画，実施に当り，常にご理解ご指導を戴いた防衛庁関係諸官に厚くお礼申し上げます。