船尾大ブロックの移動による新造船 方式について

正 員 吉 田 俊 夫*

The New Shipbuilding Method by Shifting Large Stern Block

By Toshio Yoshida, *Member*

Abstract

Kawasaki Dockyard Company, breaking out of the old shell of hull building technique, has adopted a new shipbuilding technique conceived under a new idea. Under this new idea a large stern block previously built is shifted on to an adjacent building berth and there outfitting of the stern parts is continued. In parallel with such work the rest of the hull construction and the outfitting work are kept on while engine installation, electric wirings, and deck outfitting are completed, and then the ship is launched.

The objectives of such procedure are to shorten the time needed for all the outfittings, which are usually carried out on the launched ship moored to a wharfside, and also to do away with subsequent docking.

Briefly speaking, the summary of shifting work is as follows :

The 2,800 T stern block is pulled transversely along eight rows of greased sliding ways and then made to slide down two rows of greased standing ways longitudinally by means of a single wire rope, respectively.

The pulling arrangements including wire and winch etc. are planned on assumption that the frictional coefficient of the grease during the shifting is 0.03. The speed for pulling and sliding is fixed at 500 mm/min.

Various measurements are carried out during the shifting. With regard to the stresses caused in the hull during the shifting and readjustment of its position, their maximum values in tension and compression are found to be 2.1 kg/mm^2 and 0.8 kg/mm^2 , respectively, which do not differ much when compared with those (1.9 kg/mm^2 in tension, 3.4 kg/mm^2 in compression) measured in hydraulic test of the same stern block. So the figures are by no means serious as hull stress.

Frictional coefficients of the grease, which were experimentally within the range of 0.011~0.017 for 20 T/M² pressure, were found to be actually 0.029 in maximum, 0.010 in minimum for the lateral shift and 0.022 in maximum, 0.010 in minimum for the longitudinal shift, respectively.

These values of coefficient obtained in actual shifting corresponded, in minimum side, to those of experimental result.

Sand jacks were used in making minute adjustment for the final position of the stern block when it was settled on the berth after a long shifting work.

第1章 新造船方式の主旨ならびに工程の概要

§1 主 旨

近代の造船工作法を概観すれば、これを大きく3つの stage に分けて考えることが出来る。第1は船殻建造を主とした進水までの stage であり、第2は機関、甲板機装を主とした進水後の stage であり、第3は入渠、運

原稿受付. 1月13日

* 川崎重工業株式会社

転を主とした性能重視の stage である。これにともない造船設備も第1の stage には船台、第2の stage には艤装岸壁、第3の stage には船渠が不可欠であると考えられてきた。

ここに著者は上記の過去数十年來踏襲されてきた基本的造船工作法の殻を破つてさらに新しい思想に基いた建造法を試みたのである。それは工程的にも構造的にも船殻、艤装の両者についてもつとも主要な部分が同一箇所にあるような船型、たとえば船尾船橋、船尾機関型油槽船を本方式の対象として考え、まず船台上の船殻工事期間を短縮するため予め船尾部分を隣接場所で作立て、これを進水可能な船台に移動し、ここで船尾部分の艤装工事ならびに残りの中央部および船首部の範囲の船殻、艤装を含む工事を行い（この場合隣接場所ではこれに併行して次の船の船尾部分の建造を行つている）、船台上で船殻工事はもちろん、機関、電機、甲板艤装工事を完成して進水と同時に、入渠することなく運転を行わんとする方法である。これを簡単に云えば、工作の stage の面については第1の stage よりただちに第3の stage に移るものであり、設備の面については艤装岸壁、船渠を不要とするものである。かように本方式の主旨は船台を中心としてこれに附属する地上組立場 crane 等一連の設備を用いて生産量を増加し、これらの操業度の向上を計ると同時に船台諸設備および岸壁の利用率を増大せしめ、さらにまた船渠を必要とせぬことによりばう大な造船設備費の速かな償却あるいは軽減を計り、もつて造船コストの低下を実現せんとするにある。

§2 新方式による工程の概要

第1図は以上の考えを線図に示したものである。図中の工程線表は 38,000 T 型油槽船の従来の標準工程を船台期間で5ヵ月、進水後引渡しまでを3ヵ月、計8ヵ月とし、これに対し新造船方式による場合を前者2ヵ月半、後者1ヵ月半、計4ヵ月として比較したものである。すなわち新方式によれば船台に隣接せる大組立場で船尾部分の船体が2ヵ月半で完全に組立てられる。これが本船台に移動後2ヵ月半の期間にて前部船体の建造が行わ

第1図 新計画の主旨の線図化

れ、これと併行して移動された船体および新しく建造される前部船体に属する艤装工事が進められるのである。いまこの船殻工事はともかくとして艤装工事についていえば、移動後数日にして車軸の中心見透しの後、船尾部の造機渡しが行われる。

この造機渡しは従来機関艤装の工事開始を意味すると考えられていたのであるが、本方式においては同時に甲板艤装、電機艤装を含むすべての艤装工事の開始時期と考えてよい。

いまこの造機渡しより繋留運転までの期間を新旧両方式について比較すると、新方式によるこの期間は約3カ月で従来の期間に比しなんらの変化なく、繋留運転から引渡しまでの期間についても同様である。従つて艤装面より見れば、従来の方式が主として海上で行われ新方式によるものが主として陸上で行われる点を除けば、新旧両者の間には何の変化もないわけである。

川崎重工業株式会社では昭和31年2月第7船台を65,000T型油槽船を建造可能な船台に拡張すると同時にこの建造法の採用を決定し、その第1船としてLeague Shipping Company S. A. 発注の38,000T型油槽船を、組立定盤として使用されている旧第3船台の船尾付近で昭和31年12月18日起工し、ここで総重量2,800Tの船尾ブロックを建造し昭和32年3月12日これを隣接の本船台(第7船台)へ移動したのである。そして本船はここで船殻工事、艤装工事を完成し同年6月29日進水を行った。

第1表は新方式による38,000T型油槽船の船殻ならびに艤装各工事の標準主要工程を示す。

第2表は本方式建造による第1船の進水時の実績を基とし、新旧両建造法による場合のそれぞれの進水時の搭載重量を比較したものであり、第3表は同じく進水時の工程進捗率を引渡完成時を100%として比較したものである。

これによると船殻工事、船体、機関、電機の各艤装工事は従来の方法による場合は92, 40, 14, 19%, 本建造法による場合は96, 86, 86, 81%となっており、総括的に前者が60%であるのにひきか後者では

第1表 新方式による船殻および艤装標準主要工程表(船尾大ブロック組立期間2.5カ月, 第7船台期間2.5カ月, 進水より引渡までの期間1.5カ月)

船台	日数	主要工事名
No.3	0	④船尾構造起工
	10	④船尾骨材建て方
	20	
	30	
	40	
	50	④船尾構造上甲板ブロック搭載
	60	
No.7	70	④第7船台上にて建造中の船の進水
	80	④船尾構造の第7船台上への移動
	90	④軸心見透し
	100	④汽缶搭載
	110	④荷油艀区画甲板ブロック搭載
	120	④主減速装置搭載
	130	④主機搭載
	140	
	150	進水
	160	④蒸気自給
	170	④充電機公試
	180	④公試運転
	190	④機関開放検査
	195	引渡

第2表 新旧両建造法による進水時の搭載重量の比較

項 目	従来の方法による場合	新建造方法による場合 (第1船実績)
船 殻 重 量	8,578T	8,628T
艤 装 重 量 (機関を含む)	1,067T	2,294T
進水用抱合構造	324T	454T
全 重 量	9,969T	11,376T
進 水 台 の 巾	5'-0"	ただし 船尾ブロックの箇所のみ 6'-6"

第3表 進水時の工程進捗率

主要工事と 建造法		従来による場合 (%)	新建造方法による場合 (第1船実績) (%)
船 殻 工 事		92	96
船 体 機 装	荷 油 艙 内	92	92
	上 甲 板	71	90
	居 住 区 域	20	85
	機 関 室 その他	10	75
	計	40	86
機 関 機 装	主機および軸系装置	10	75
	汽 缶	5	90
	発電機および補機	24	90
	諸管および諸弁	20	95
	雑 工 事	5	85
	計	14	86
電 機 機 装	電 源 装 置	28	86
	照明および通信設備	13	81
	無 線 設 備	6	71
	計	19	81
総 計		60	92

92%と5割以上の増加が見られ、本建造法による場合は進水時にほとんど完成に近い状態にあることがうかがえるのである。ことに機関ならびに電機機装では圧倒的な工程進捗率の増加を示している。

第2図は参考までに附した船尾大ブロックの組立場(旧第3船台)ならびに隣接の本船台(第7船台)の配置図である。

第2章 移動工事

§1 計画基礎諸元の決定

移動工事の計画を行うに当り最初にその基礎的事項である移動総重量、使用移動台、摩擦係数、牽引方法および移動重量重心位置を次のごとく決定した。

1. 移動総重量の算定

移動を行つたブロックは、船尾に上部構造を有する船尾機関、船尾船橋型の 38,000 T 型油槽船の上部構造を含む No.11 荷油艙より船尾の部分である。

この 38,000 T 型油槽船の主要目および船尾ブロックの重量は第4表のとおりである。

2. 使用移動台の決定

組立場(旧第3船台)で建造された船尾ブロックは船台中心線に直角方向に隣接の第7船台まで水平に横移動し、さらに第7船台上

第2図 第3、7船台附近略図

を所定位置まで船尾方向に移動するものとした。

この移動には川崎重工業株式会社が進水工事の practice としている“獣脂を使用する方法”を採用することとし、横移動では第4船台建造の油槽船に使用する進水台を流用し、縦移動では第7船台建造船進水直後その進水台を利用することとした。

使用せる移動台の要目は第6表のとおりである。

3. 摩擦係数の決定

移動方法は前述のごとく獣脂を使用する方法を採用したが、第3船台より第7船台への横移動のごとく、水平に牽引する場合は進水工事の場合と異り setting 作業による滑走台の slip が起らぬおそれがあり、移動開始直

第4表 38,000T 型油槽船ならびにその船尾ブロック
38,000T 型油槽船主要目表

船尾ブロック重量表

船殻重量	2,610 ^T
機装重量	64 ^T
移動台構造 およびその他	約 126 ^T
総移動重量	2,800 ^T

船 級	A. B. S
垂線間長	201 ^M 000
型 幅	28 ^M 200
型 深	14 ^M 600
満載吃水	10 ^M 668
総 噸 数	24,000 ^T
載 荷 重 量	38,600 ^T
船殻鋼材重量	8,610 ^T

後における摩擦係数が問題となるため、特に水平に牽引する場合の獣脂の摩擦係数について実験を行い牽引其の他計画上の摩擦係数を 0.030 とした。

実験によれば摩擦係数は獣脂にかかる圧力が 20~30 T/M² の範囲では移動開始直後上昇し 2~3mm 移動後に最高値に達する。そしてその最高値は非常に高く、たとえば載荷時間 4 時間の場合を例にとればその値は 0.096~0.114 であった。しかしその後は急激に減少して載荷時間 4 時間以内ならば 20~30mm 移動すればほぼ定常状態になり、その値は 0.011~0.023 であった。

実際の移動工事の結果を解析したところ最大動摩擦係数は横移動時約 0.029、縦移動時約 0.022 であり、また平均の摩擦係数は縦、横移動ともに 0.017~0.020 であった。従つて牽引装置の計画に使用した摩擦係数 0.030 は適当であつたと考えられる。

なお横移動開始時に牽引力を補う目的で押出装置を装備したが、これらは実際には使用する必要がなかつた。これは実際の setting 作業は約 4 時間であつたが荷重を徐々に獣脂面にかけたため、実験の載荷時間に換算すればきわめて短時間（滑走台の沈下量より算定すれば 28~50 分位と推定される）となり、前述の最大摩擦係数が 0.03 以下であつたからと思われる。

4. 牽引方法の決定

第3船台より第7船台への横移動および第7船台上の縦移動は共に第7船台の船首側に 1 台の winch を設けてこれにより牽引するものとした。

また横移動は牽引索 1 本で横移動台に平行に牽引するようにした。ただしこの場合牽引力の着力点と摩擦力の合力の着力点（抗力中心）の船首尾方向の位置を一致させないと、横移動の進むにつれて回転運動と船首尾方向への移動を伴うことになるが、実際には摩擦力の合力の中心を求めることは困難である。

いま、各横移動台における摩擦係数が等しいと仮定すれば、上記の抗力中心と移動重量の重心は一致するから牽引力の着力点は移動重量の重心と一致させるものとし、後述のごとく各横移動台はそれぞれの摩擦係数が出来るかぎり等しくなるように配置をした。

5. 移動重量重心位置の決定

前述のごとく横移動時に船体の回転および船首尾方向への移動運動を起させぬためには“各横移動台における摩擦係数が等しい”と仮定すれば移動重量の重心位置で牽引する必要がある。従つて移動重量の重心の船首尾方

第5表 使用移動台要目

横 移 動 台	固定台 (巾×厚)	5'-6" × 14"
	滑走台 (巾×厚)	5'-0" × 14"
縦 移 動 台	固定台 (巾×厚)	7'-0" × 14"
	滑走台 (巾×厚)	5'-0" × 14"

第3図 摩擦係数に関する実験結果

第4図 移動重量の重心位置

第6表 移動距離

縦移動距離	50 M
横移動距離	44 M

め、第3船台におけるA.P.は第7船台におけるA.P.位置より50M船首側とした。

2. 中心線位置の決定

第3および第7船台間のtower craneのout-reachを考慮し、該craneの中心線に関し第7船台建造船の中心線と対称の位置を船尾ブロックの中心線位置とした。

すなわちtower crane中心線より右舷側に22Mの距離にある平行線を船尾ブロック中心線とした。

以上の結果移動距離は第6表に示すごとく決定された。

3. keel 勾配の決定

向の位置を正確に求める必要がある。

(1) 船殻重量の重心位置の算定

船尾ブロックを構成する各部材 (plate, stiffener, bracket 等) ごとにその重量と lever を測定して計算した。

その結果船殻重量の重心位置はA.P.より32 M 718 となった。

(2) 機装重量の重心位置

機装重量は主ポンプ室、燃料油艙およびNo. 11 荷油艙内の pipe, valve だけを算定し、その他の重量は無視するものとした。そしてこれらの重心位置は第4図に示すごとく、主ポンプ室および燃料油艙内のものは、主ポンプ室の中央 (G_{F1}) に、また、No. 11 荷油艙内のものは、その中央 (G_{F2}) に重心があるものとして計算した。

この結果、機装重量の重心位置はA.P.より船首側へ44 M 387 となった。

(3) 総移動重量の重心位置

以上の結果により船殻、機装合計重量の重心位置はA.P.より船首側へ33 M 000 となるが、“移動台構造重量およびその他の重量の重心もこれと一致する”と仮定すれば、総移動重量の重心位置は、A.P.より船首側へ33 M 000 となる。

§2 船尾ブロック据付

第3船台における船尾ブロックの据付は次の条件を考慮して決定するものとした。

a) 横移動、縦移動共に移動距離を出来るだけ小さくする。

b) 横移動は第7船台中心線に直角方向に、かつ水平に移動する。

c) 縦移動は第7船台建造船進水後その進水台を利用する。

1. A.P. 位置の決定

最船尾側の横移動固定台 (No. 1 横移動固定台) の下面が、第3および第7船台間の tower crane 軌条より僅かに上方にあるようにするた

第5図 船尾ブロック中心線位置ならびに縦移動における keel の勾配, 高さの変化

縦移動距離が 50 M と決定すれば, 第7 船台建造船の進水台の勾配が決定されているから, これにより船尾ブロック据付の keel 勾配を決定することが出来る。すなわち, この場合船尾ブロックの第3 船台における据付の keel 勾配は 1 M につき 24 mm となる。

4. keel 高さの決定

縦移動距離が決定すれば, 第7 船台建造船の進水台の高さはすでに決定されているから船台におけるブロック据付の際の keel 高さを決定することが出来る。

すなわち, 船尾ブロックの A.P. 位置における計算上の高さは tower crane 軌条上面より 1,045.08 mm となる。

ただし, 実際の建造に当つては次に述べる船体の沈下すなわち

- (1) 第3 船台における船尾ブロック建造中の船体の沈下
- (2) 横移動 setting 作業による船体の沈下
- (3) 横移動時の船体の沈下
- (4) 縦移動 setting 作業による船体の沈下
- (5) 縦移動時の船体の沈下
- (6) 縦移動 poppet 取外し作業による船体の沈下

を考えて前記の計算値よりも 120 mm 高く据

第7表 A.P. における keel の高さ

項 目	A.P. における高さ (Hmm)
計 算 値	1,045.08
実際に建造した値	1,165.

第8表 建造および移動による船体沈下量実績

第3船台における建造中の船体の沈下量	9.5mm
横移動 setting 作業による船体の沈下量	11.5mm
横移動時の船体の沈下量	26.0mm
縦移動 setting 作業による船体の沈下量	2.0mm
縦移動時の船体の沈下量	45.0mm
縦移動 poppet 取外し作業による船体の沈下量	25.0mm
合計沈下量	119.0mm

註) 沈下量は船体重心位置で計測したものである。

脂面への圧力を出来るだけ均等にすることが望ましいと考えられる。

そしてこの船尾ブロックは parallel part を含まないため、滑走台の長さが長くなると、それだけ横移動 poppet の高さが高くなり移動工事に手間と期間がかかる。

従つて次の条件を考慮して横移動台の軌条数を決定するとともにその配置を計画するものとした。

a) 各横移動台の獣脂面への圧力を出来るだけ均等にする。すなわち大型船の進水工事にない平均圧力を約 20 T/M^2 とする。

b) 横移動 poppet の高さを出来るだけ低くする。

1. 横移動台軌条数の決定

総移動重量 $2,800 \text{ T}$ に対し獣脂面への平均圧力 20 T/M^2 とするためには 140 M^2 の面積が必要となり、これを滑走台の巾 $5'$ で除した結果、横移動滑走台の総長は約 92 M を必要とすることになる。

いま仮りに横移動台の配置を FR 22, FR 32, FR 46, FR $53\frac{1}{2}$ の4カ所とし、その位置における poppet の高さを base line より 1.5 M 以下としてそれぞれの滑走台の長さを求めると第9表のごとくその総長は 44 M にしかならない。

従つて獣脂面への平均圧力を約 20 T/M^2 とするためには横移動台の必要軌条数は8条となる。

2. 横移動滑走台の長さおよび固定台の配置決定

前述のごとく移動台を8条とすることとしたが、これらのおのおのにおける獣脂面への平均圧力が均等となるよう滑走台の長さおよび固定台の位置を定める必要がある。このため次に述べる仮定を設けて獣脂面への圧力を求める計算式を誘導した。

(1) 船体は剛体である。

(2) 各横移動台は2条ずつを1組と考え、これら2条の移動台における反力は等しく、かつその中央に支持点がある。

(3) 各支持点において

付けて建造を行つた。

実際に横移動を行つた結果によれば建造および移動による船体重心位置の沈下量の実績は第8表のとおりとなつており推定値と大体一致した。

§3 横移動台配置

前述のごとく各横移動台における摩擦係数が等しく、かつ牽引の際移動重量の重心位置の決定に誤りがなければ船尾ブロックは横移動時、回転運動および船首尾方向の移動運動を起さない。このため各横移動台における獣

第9表 滑走台の位置および長さ

助 番	滑走台の長さ
FR 22	4 M
FR 32	8 M
FR 46	12 M
FR $53\frac{1}{2}$	20 M
合 計	44 M

第6図 横移動台の配置

は一種の“ばね”で支持しているものとし、これらの“ばね”の剛性率（支持台の見かけの剛性率）は一定である。

第6図において

W : 総移動重量

l_w : FR60より移動重量重心までの縦方向距離

l_n : FR60より各支持点までの縦方向距離

h_n : 各支持点における船台（第3船台）と keel 下面との距離（船体の高さ）

δ_n : 各支持点における横移動直前の船体沈下量

R_n : 各支持点に生ずる反力

θ : 支持台見かけの剛性率

A_n : 支持台の受圧面積

とすれば

$$\left. \begin{aligned} \delta_n &= \delta_1 - a(l_1 - l_n) \\ \text{ただし} \quad \tan \theta &= a \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\text{いま } k_n = \frac{h_n}{EA_n} \text{ とすれば}$$

$$\delta_n = k_n \cdot R_n \quad (2)$$

$$W = \sum_1^4 R_n \quad (3)$$

$$W \cdot l_w = \sum_1^4 R_n \cdot l_n \quad (4)$$

以上の式より δ, R, a を求めると

$$\text{①②より} \quad R_n = [\delta_1 - a(l_1 - l_n)] / k_n \quad (5)$$

⑤③④より

$$W = \delta_1 \sum_1^4 \frac{1}{k_n} - a \left[l_1 \sum_2^4 \frac{1}{k_n} - \sum_2^4 \frac{l_n}{k_n} \right] \quad (6)$$

$$W \cdot l_w = \delta_1 \sum_1^4 \frac{l_n}{k_n} - a \sum_2^4 \frac{l_n(l_1 - l_n)}{k_n} \quad (7)$$

⑥⑦より

$$\delta_1 = W \left\{ \sum_2^4 \frac{l_n(l_1 - l_n)}{k_n} - l_w \left[l_1 \sum_2^4 \frac{1}{k_n} - \sum_2^4 \frac{l_n}{k_n} \right] \right\} \times \left\{ \sum_1^4 \frac{1}{k_n} \cdot \sum_2^4 \frac{l_n(l_1 - l_n)}{k_n} - \sum_1^4 \frac{l_n}{k_n} \left[l_1 \sum_2^4 \frac{1}{k_n} - \sum_2^4 \frac{l_n}{k_n} \right] \right\}^{-1} \quad (8)$$

$$a = W \left[\sum_1^4 \frac{l_n}{k_n} - l_w \sum_1^4 \frac{1}{k_n} \right] \times \left\{ \sum_1^4 \frac{1}{k_n} \sum_2^4 \frac{l_n(l_1 - l_n)}{k_n} - \sum_1^4 \frac{l_n}{k_n} \left[l_1 \sum_2^4 \frac{1}{k_n} - \sum_2^4 \frac{l_n}{k_n} \right] \right\}^{-1} \quad (9)$$

故に横移動台（支持台）の見かけの剛性率（ E ）が判明すれば滑走台の長さおよび固定台の配置に応じて⑥、⑧、⑨より反力 R_n を求めることができ、従つて各横移動台における墩脂面への圧力 R_n/A_n （反力/断面積）を求めることが出来る。

横移動台（支持台）の見かけの剛性率（ E ）は川崎重工業株式会社における第4船台建造 38,000 T 型油槽船の進水台の見かけの剛性率を次の方法で求めてこれを使用することとした。

いま

進水台の見かけの剛性率——— E'
進水重量——— W

第7図 進水台断面

第10表 38,000 T 型油槽船の進水 setting 作業時の船体沈下量

船名	船体沈下量 KEEL の沈下量 (mm)	艀における BILGE の沈下量 (mm)	
		左 舷	右 舷
CHRYSANTHY-L 号	14	14	14
MASTER MICHAEL 号	15	17	16
LARGO 号	14	15	16
CHARIOT 号	14.5	15	14.5

滑走台面積——— A

進水台位置の船体の高さ(進水台の盤木高さ)——— H

進水台位置の船体の沈下量(進水台の盤木圧縮量)——— δ

とすれば E' は次の式であらわされる。

$$E' = \frac{W/A}{\delta/H}$$

38,000 T 型油槽船の進水 setting 作業時の船体の沈下量 (setting 作業開始時を 0 としたときの進水直前の船体の沈下量) の計測結果を第 10 表に示す。

従つて、進水台位置における船体の高さは 1 M 300 であつたから、この高さに対する船体の沈下量を 15 mm と考えることとした。

また 38,000 T 型油槽船の進水重量は 9,947 T 620 で、滑走台の面積は 521.540 M² であつた。

従つてこれらの数値を前述の式に代入すると、進水台の見かけの剛性率 (E') = 1,650 T/M² そしてこの場合の獣脂面への圧力 $W/A \left(\frac{\text{進水重量}}{\text{滑走台面積}} \right)$ は 19.07 T/M² である。移動計画における獣脂面への計画圧力は 20 T/M² であり、船体の高さも後述のごとく 1 M 500 附近で進水台の場合とはなほだしい相異はないため進水台の見かけの剛性率と横移動台の見かけの剛性率は等しいものと考えた。

すなわち

$$\text{横移動台の見かけの剛性率} = 1,650 \text{ T/M}^2$$

上述のごとく横移動台の見かけの剛性率 (E) を 1,650 T/M² と算定したから、滑走台の長さおよび固定台の配置を定めると前述の式より獣脂面への圧力を求めることが出来る。滑走台の長さおよび固定台の配置を定めるに当り、横移動の見かけの剛性率を出来るだけ等しくするため、各横移動台位置における船体の高さ (h_m) をほぼ等しくするように横移動台下部の concrete 盤木を配置するとともに 8 条の横移動台のうち各 2 条ずつその滑走面の高さおよび滑走台の長さ等の支持条件を等しくし、これら 2 条の中央に計算上の支持点があるものと考えた。

第 11 表 滑 走 台 諸 元

計 算 上 の 支 持 位 置	FR22		FR32		FR46		FR53½	
横 移 動 台 番 号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
滑 走 台 の 長 さ L	4 ^M	4 ^M	8 ^M	8 ^M	12 ^M	12 ^M	20 ^M	20 ^M
滑 走 台 の 巾 B	1 ^M 524							
滑 走 台 の 面 積 A	M ² 6.1	M ² 6.1	M ² 12.3	M ² 12.3	M ² 18.3	M ² 18.3	M ² 30.6	M ² 30.6
計算上の支持台の受付面積 A _n	12.2 M ²		24.6 M ²		36.6 M ²		61.2 M ²	
B.L よりの poppet の高さ	1 ^M 140	0 ^M 300	1 ^M 150	0 ^M 450	0 ^M 500	0 ^M 200	1 ^M 300	0 ^M 800

第12表 計算上の諸数値

項 目	数 値
計算上の支持位置	FR22 FR32 FR46 FR53½
FR60 より各支持点までの縦方向距離 ℓ_n	43 ^M 700 36 ^M 250 25 ^M 750 17 ^M 780
計算上の支持位置における船体の高さ h_n	1 ^M 549 1 ^M 728 1 ^M 580 1 ^M 442
計算上の支持台の受圧面積 A_n	12.2 ^M 2 24.6 ^M 2 36.6 ^M 2 61.2 ^M 2
総移動重量 W	2,800 ^T
FR60 より移動重量の重心までの縦方向距離 ℓ_w	25 ^M 360
横移動台の見かけの剛性率 E	1,650 ^T / ^M 2

第13表 横移動台獣脂面への圧力

計算上の支持位置	FR22	FR32	FR46	FR53½
横移動台番号	① ②	③ ④	⑤ ⑥	⑦ ⑧
各支持点における横移動直前の $\downarrow$ 下量 δ_n	19 9 ^{mm}	19 7 ^{mm}	19 3 ^{mm}	19 0 ^{mm}
各支持点に生ずる反力 R_n	259 ^T	463 ^T	748 ^T	1 330 ^T
各横移動台における獣脂面への圧力 R_n/A_n	21.2 ^T / ^M 2	18 9 ^T / ^M 2	20 4 ^T / ^M 2	23.4 ^T / ^M 2
横移動台の獣脂面への平均圧力	21 0 ^T / ^M 2			

いま船体の構造を考慮して次に示すごとく FR 22, FR 32, FR 46, FR 53½ が計算上の支持位置となるようにこれらの両側、等距離の位置に横移動台を配置し、また poppet の高さを考慮して滑走台の長さを定めてみた。

前述の式に第12表の数値を代入すると計算上の支持位置 (FR 22, FR 32, FR 46 および FR 53½) における船体沈下量, 反力, 獣脂面への圧力は第13表に示すとおりとなる。

この結果各横移動台の獣脂面への圧力はおおむね等しく、また船体の構造、横移動 setting 作業施工上より見て満足すべき配置と思われるのでこの横移動台配置を採用した。

実際に横移動工事を行つた結果、抗力中心と牽引点との相異は移動中の計画の解析によれば ±200mm 程度であり、また獣脂面も No. 3, No. 4 および No. 5, No. 6 の横移動台を除いては変化がなかつた。そして No. 3, No. 4 および No. 5, No. 6 横移動台の獣脂が横移動時劈開を起したが、これは第8図に示す横移動固定台の撓み測定結果から判明するごとく、各横移動台の圧力が均等でなかつたためでなく、No. 3, No. 4 および No. 5, No. 6 の横移動台の poppet の配置が適当でなかつたため、それぞれの滑走台の長さ方向の圧力が不均一であつたことに起因するものと考えられる。

従つて横移動台の配置は所期の目的を達成することが出来たものと考えられる。

なお第8図の横移動固定台の撓みは図中に示すごとく、25M 移動した位置に固定台の下に dial gauge を置き、横移動中に移動台が 1mm 撓むごとに記録したものである。

§4 縦移動台配置

縦移動台は前述のごとく第7船台建造船の進水後その固定台を流用するため固定台、滑走台の巾、滑走台の中心線間隔および固定台の勾配は第14表に示すごとく第7船台建造船の場合と同一となる。

従つて滑走台の長さおよび位置を決定すればよいので、これを次の条件を満足するよう計画することとした。

- 獣脂面にかかる圧力が各部均等になること。
- 上記平均圧力が約 20T/M² なること。

滑走台は船尾ブロックの重心位置 (横移動完了点での) に関し出来るかぎり等距離に配置することを原則とし、さらに船体の固め方 (局部強度) を考えて第14表の図中に示すごとく配置した。

第8図 横移動固定台撓み測定結果

移動開始時の高い摩擦係数に対しては押出装置を設け牽引装置を援助するものとした。

なお上記の安全率は 65,000 T 型油槽船建造の場合を考慮したため、普通の場合より高く計画することになったものである。移動工事に使用する牽引装置の概要および索具決定につき述べる。

1. 所要牽引力

R : 所要牽引力

W : 総移動重量

θ : 移動台の傾斜角度

μ : 獣脂の摩擦係数 とすれば、

$$R = W \cos \theta (\tan \theta + \mu)$$

$W = 2,800 \text{ T}$, $\theta = 0$, $\mu = 0.03$ であるから

横移動時の所要牽引力 = 84 T

2. 滑 車

所要横移動牽引力は 84 T であるが、種々の抵抗の増加を考慮して 180 T (test load : 280 T) の 5 枚滑車とした。

3. 牽 引 索

5 枚滑車を第 9 図に示すように使用した場合

§5 横移動牽引装置

横移動における牽引方法には winch による牽引方式を採用したが、この場合の主牽引索は下記の理由により 1 本とし 5 枚滑車により増力することとした。(winch は縦移動用を兼用。)

a) 牽引索を 2 本にした場合は 2 本の wire の巻取速度を全く同一にすることは負荷の unbalance 等により難しいと考えられる。

b) 縦移動 winch の他に横移動専用として 2 台の winch が必要となり設備費が多くなる。

なお牽引索 1 本の場合は前述のごとくブロックが横振れするおそれがあるため、この防止策として船首尾に 2 条の制動索を張り水圧機にて clamp する方法を採用することとした。横移動装置に用いた索具類は摩擦係数を 0.03 とした場合の所要牽引力に対し約 9 乃至 10 の安全率があるよう計画することとし、横

第14表 縦移動用固定台ならびに滑走台

固定台の巾	7'-0"
滑走台の巾	5'-0"
滑走台の中心線間隔	9M956
固定台の最小勾配(船尾ブロック重心位置)	1Mにつき46mm
固定台の最大勾配(同上)	1Mにつき56mm
固定台の軌條数	2 條
縦移動滑走台の長さ(片舷)	43'820
獣脂にかかる平均圧力	21 $\frac{1}{2}$ kg

牽引索の最大張力を滑車の公式を使用して求めると

$$T_1 = \frac{X^n(X-1)}{X^n-1} R$$

ただし T_1 : 牽引索の最大張力

X : $1 + (\text{各滑車における loss})$

n : 滑車の数

R : 横移動所要牽引力

いま $R=84\text{ T}$, $n=10$ であり, $x=1.06$ とすれば $T_1=11.4\text{ T}$

牽引索を $42\text{ mm}\phi$ (29 本線 6 燃 filler 入り) としたので, 破断荷重 $=110\text{ T}$

従つて 安全率 $=9.65$ となる。

4. 台付索

船体の重心を通り船体中心線に直角な直線に対し 10° の傾斜で 2 本の台付索を船体に溶接した 4 ケの台付に連結した。したがつて台付索 1 本にかかる荷重は,

$$T_2 = \frac{R}{4 \cos \theta}$$

ただし T_2 = 台付索 1 本にかかる荷重

θ = 台付索の角度

R = 横移動所要索引力

いま $R=84\text{ T}$, $\theta=10^\circ$ であるから

$$T_2 = 21.3\text{ T}$$

台付索を $62\text{ mm}\phi$ (37 本線 6 燃) としたので 破断荷重 $=220\text{ T}$

従つて 安全率 $=10.3$ となる。

5. 制動装置

(1) 目的

i) 移動中の船体ブロックの回転ならびに船首尾方向の運動の調節

横移動に際しては重心位置を 1 本の wire で牽引するため, 計算上の重心と抗力中心の船首尾方向の位置が一致しない場合が考えられる。たとえばいま第 10 図において G を計画の抗力中心, G' を実際の抗力中心であるとし, 重心位置に GG' のずれがあるとすると, 船尾ブロックには実際の重心位置 G' のまわりに 図中の矢印の方向に

第 10 図

回転の moment が生じ, 牽引するに従つて牽引方向は $AB'G'$ 方向に向かう。また牽引索取付用滑車 B は B' に移り, 船体は $G'A$ 方向に移動するにしたがつて次第に船首方向にずれて行く。なお実際の牽引に当つては, 最初の引張方向は滑車 B のずれによりかならずしも計画抗力中心方向 AG に向かうものとはかぎらない。たとえば第 11 図 (B) において AF 方向に向つたとしても滑車 B は (A) 図同様に AG' 線上に位置するように回転して, その後の船首尾方向のずれは (A) 図と同様となる。

本制動装置は船体ブロック牽引時の抗力中心を変える事を目的としたもので, この装置の作動によつて牽引時船体ブロックの回転ならびに船首尾方向のずれを容易に調節する事が出来る。

ii) 微動調節時の clamp

微動調節のようなかすかな, しかも緩慢な運動に対しては, 船体は

第 9 図 横移動牽引装置配置要領

第 11 図

第 12 図

第 13 図 30 T 水圧機による clamp の制動力測定試験結果

が考えられるので、安全率を倍加し所要制動力を約 15 T として考えた。

(4) 15 T の制動力を得るに必要な水圧機の能力

著者は過去において得られた経験ならびに二、三の予備実験の結果から 15 T の制動力を得るには 30 T の水圧機が適当であると考え、下記の実験においてこれを確認した。第 13 図は鋼索の clamp 実験用装置ならびに実験

粘性の大なる液体の上に乗っている状態となり慣性により相当移動する。従つて所定の微動調節量を得るためには、この制動装置による clamp によつて慣性を抑制する必要がある。

(2) 配 置

上述の理由による横移動中船体ブロックの回転、船首尾方向運動の調節、ならびに横移動後船体位置の微動調節に用いる clamp 用として、船尾ブロックの船首尾の keel 下面に 30 T の水圧機を各 1 ケずつ取付け、これを通して 46 mmφ の鋼索を第 9 図に示すごとく移動方向に張り、この鋼索を clamp することにより船首あるいは船尾の制動を行った。

(3) 所要制動力の算定

計画上の重心 G に対し、実際の摩擦の合力の中心 (抗力中心) G' が船首または船尾にあるとすれば、第 12 図において

$$w(l + \Delta l) = R \cdot \Delta l$$

ただし

R : 横移動牽引力

w : 制動力

l : 計画上の重心 G より制動力起点までの距離

Δl : 計画上の重心と抗力中心との位置の差

いま重心 G と抗力中心 G' の位置の算定に 2 m の差があるものと想定して計算すれば、

i) 抗力中心の方が計画上の重心より船首にある場合

$$\Delta l = 2 \text{ M } 000, l = 23 \text{ M } 000, R = 84 \text{ T}$$

とすると船尾の制動力 w は $w = 6 \text{ T } 720$

ii) 抗力中心の方が計算上の重心より船尾にある場合

$$\Delta l = 2 \text{ M } 000, l = 20 \text{ M } 360, R = 84 \text{ T}$$

とすると船首の制動力 w は $w = 7 \text{ T } 53$

従つて重心と抗力中心との算定に 2 m の差がある場合にはこれらを一致せしめるための所要制動力の静荷重は 8 T 弱となる。

しかし実際には船体の移動中固定台 ribband と滑走台の接触等による抵抗増加

による 30 T 水圧機の制動力を示す。

これによると slip による鋼索の移動量は鋼索の牽引力が 10 T までは 0 であるが、10 T から 15 T までは徐々に増加する。この場合この範囲内では 30 T 水圧機による制動が有効範囲にあるが、16 T を超えると急激に増大し clamp の能力が無くなることを示している。

なお制動用鋼索として 46φ(6×19 共芯) のものを使用した、この場合破断荷重は 132 T であるから上記のごとく制動力を 15 T とすれば、

安全率は $132 T \div 15 T = 8.8$ となる。

6. 押 出 装 置

押出装置は横移動固定台 8 条の各々に 50 T journal jack を備え指揮所よりの号令により一斉に作動し、船体が滑走を始め船体の移動速度が jack の押出速度より早くなり、jack の先端が滑走台を離れるまで突出を続けることとした。押出装置概略は第 14 図のとおりである。

以上の計画により牽引装置を決定したが、実際の横移動においては最大牽引力 81 T ($\mu = 0.029$) が記録されているので初期の計画は妥当であつたものと考えられる。また横移動抗力中心の算定は計画重心位置より ± 200 mm の範囲にあり、制動装置は抗力中心の移動 2 m までを考えて計画したが、これは充分安全側にあるから、従つて牽引索を 1 本として計画したことは種々の設備を単純化し、かつ winch を連続運転することができたため移動時間の短縮に大いに有効であつたものと思われる。

なお押出装置は本章 §1 の 3 の項で述べたごとく実際には使用する必要がなかった。

§6 縦移動牽引装置

縦移動牽引の方式は winch による捲降し方法を採用し、主牽引索は 1 本とし 5 枚滑車により増加した。winch は縦移動においても捲揚げ可能であるよう 40 T winch とした。

ただし移動開始時における捲揚時の大巾な摩擦抵抗の上昇に対しては、後述するごとく押出 jack を併用するものとした。

縦移動装置に用いた索具類のうち、winch および滑車は捲揚時の最大摩擦係数が 0.03 であるとして計画し、鋼索は捲降時の最小摩擦係数が 0.01 であるとして約 9 乃至 10 の安全率を取るよう計画した。

本装置の概要ならびに索具決定の算式は次のとおりである。

1. 所要牽引力

いま R : 所要牽引力 θ : 移動後の傾斜角度 W : 総移動重量 μ : 獣脂の摩擦係数
とすれば、所要牽引力 F は

$$R = W \cos \theta (\tan \theta - \mu)$$

$$W = 2,800 T, \quad \theta = \frac{56}{1000} \text{ (縦移動台最大勾配)}$$

捲揚時の所要牽引力 (ただし $\mu = 0.03$) $= 157 T + 84 T = 241 T$

捲降時の所要牽引力 (ただし $\mu = 0.01$) $= 157 T - 28 T = 129 T$

第 14 図 横移動用押出 jack の配置ならびにその取付要領

第15図 縦移動用牽引装置配置要領

$$T_1 = \frac{X^n(X-1)}{X^{n+1}-1} R \text{ である。}$$

ただし T_1 : 牽引索の最大張力

X : $1 + (\text{各滑車における loss})$

n : 滑車の数

R : 縦移動所要牽引力

(1) 捲揚の場合

$$R = 241 \text{ T} \quad n = 10 \text{ であり} \quad X = 1.06 \text{ とすれば, } T_1 = 28.8 \text{ T}$$

(2) 捲降の場合

$$R = 129 \text{ T} \quad n = 10 \text{ であり} \quad X = 1.06 \text{ とすれば, } T_1 = 15.35 \text{ T}$$

牽引索を 46mmφ(29 本線 6 撚 filler 入り)としたので、破断荷重 132 T

従つて、捲揚時の安全率 = 4.58

捲降時の安全率 = 8.6 となる。

4. 台付索

1 本の台付索を第 15 図に示すごとく endless に 8 本懸けとすれば、台付索にかかる荷重は

$$T_2 = \frac{R}{4(\cos \theta_1 + \cos \theta_2)} \text{ で示される。}$$

ただし T_2 = 台付索 1 本にかかる荷重

θ_1, θ_2 = 台付索の角度

R = 縦移動所要索引力

(1) 捲揚の場合

$$R = 241 \text{ T} \quad \theta_1 = 5^\circ 52' \quad \theta_2 = 16^\circ 18' \text{ より} \quad T_2 = 30.8 \text{ T}$$

(2) 捲降の場合

$$R = 129 \text{ T} \quad \theta_1 = 5^\circ 52' \quad \theta_2 = 16^\circ 18' \text{ より} \quad T_2 = 16.5 \text{ T}$$

台付索を 56mmφ(37 本線 6 撚)としたので破断荷重 = 174 T

従つて、捲揚時の安全率 = 5.65

捲降時の安全率 = 10.54 となる。

5. winch

winch は移動のため特に製作することとし、これを第 7 船台船首に設置し、横移動、縦移動ともにこの winch で牽引を行うものとした。獣脂の摩擦係数を 0.03 とすれば、横移動、縦移動を総合して winch の最大の荷重は、28.8 T であるが、摩擦係数等の増加を見込んで 40 T winch とした。そして、その捲取速度を毎分 5 M とし、船体移動速度を毎分 500 mm とした。この船体移動速度は縦移動中急停止時の衝撃力および移動中滑走台が固定台の ribband に与える衝撃力等を考慮して決定したものである。

6. 押出装置

縦移動にて捲降しを始める前、行止支柱の取外しおよび滑走面の密着を取外す目的で船体を約 25 mm 捲揚げることとした。この捲揚げは縦移動牽引索により行うのであるが、補助装置として縦移動滑走台の船尾端に 50 T journal jack を片舷 2 ケずつ装置するものとした。

なおこの押出装置は約 25 mm 捲揚げ後は行止支柱と同時に取外すものである。

以上の計算により縦移動牽引装置を計画したが、実際の縦移動においては捲揚げは約 35 mm 行つた。ただしそ

2. 滑車

滑車は捲揚可能なように 250 T (test load: 350 T) 5 枚滑車とした。

3. 牽引索

5 枚滑車を第 15 図のように使用したとき牽引索の最大張力を求めると

の際には押出 jack を併用しており所定の最大牽引力は記録されなかった。また最小摩擦係数が 0.0071 乃至 0.0099 であり、おおむね初期の計画どおりであった。船体移動速度は横移動時の ribband の一部破壊等より考えてあまり高速にすることは出来ないで、毎分 500 mm 位が適当であったものと考えられる。

第16図 縦移動用押出装置の配置位置

§7 移動台構造

移動台構造はすべて川崎重工業株式会社の進水台構造にならない施工することとした。本移動工事で特に考慮を払った点について列挙すれば次のとおりである。

1. 横移動台の滑走面は水平面とし、その高さおよび滑走台の長さを2条ずつ等しくした。
2. 横移動固定台は縦移動滑走台の上方を横切るようにした。
3. 横移動滑走台と固定台 ribband の間隙を 75 mm とした。(ただし縦移動台の場合、上記間隙は $1\frac{1}{8}$ 吋)
4. 第7船台の横移動固定台および滑走台は横移動完了後も取外さず縦移動時の poppet として使用した。また縦移動台間に横移動固定台および滑走台の接手を設け、縦移動完了後ただちにこれらを取外し keel 盤木を積むことが出来るようにした。
5. 船尾ブロックの建造および横移動のための基礎は水平であるため、船体または移動台の高さに応じて keel 盤木用、横移動台用の concrete 盤木を置くこととした。

concrete 盤木は次の要領で計画した。

- i) 横移動固定台据付工事の期間を短くし、移動時の固定台の沈下を少くするとともに各条の固定台の沈下を均等にするため、固定台下面と concrete 盤木の間隔を出来るかぎり小さくし、かつ各条の固定台下の盤木(木製)の高さをほぼ等しくした。

すなわち、第3船台および tower crane 軌条間における固定台下の盤木高さが約 500~550 mm になるよう

concrete 盤木を配置した。

ただし第7船台上は半永久的に設置するため、第7船台建造船の進水を考慮し進水台(縦移動台)の滑走面より低くした。

- ii) 第7船台の進水台(縦移動台)の外側は船台が強固でないため、各横移動台下に concrete 盤木を置き右舷側はその巾を増し受圧面積を大きくした。

すなわち第7船台上右舷側 concrete 盤木の巾を 3M500 として、その他は 1M930 とした。移動工事の結果、前述のごとく No.3, No.4 および No.5, No.6 の横移動台の獣脂が劈開し

第17図 縦移動 poppet に使用する横移動台

たが、これは滑走台上の船体の支え方が不均一で、これらの滑走台に圧力が均等に分布せず滑走台両端の圧力が増加したためであると思われる。

また縦移動台の獣脂の内側が一部劈開したが、これは船尾の縦移動 poppet の構造が両舷にまたがる上置(木材)の上に締め矢および上駒を置く構造であったため、上置が彎曲して内側の圧力が増したためと考えられ

第18図 横移動台と縦移動台の関係

第19図 concrete 盤木

る。

横移動時の船体の船首尾方向の運動および回転運動については、このため No.7 の横移動滑走台が固定台の ribband に当り一部 ribband に亀裂を生じた。したがって横移動固定台の ribband および横支柱には考慮を払う必要があると思われる。

§8 setting 作業

setting 作業は横移動および縦移動共川崎重工業株式会社の進水における setting 作業に準じて施工することとした。

横移動終了後縦移動に対する setting 作業が始った時縦移動牽引索装置前に若干の縦移動滑走力が生じることとなる。この縦移動滑走力を防止するため横移動完了点に行止支柱を船体に取付けた。

行止支柱は 120 T の静荷重のほか setting 工事による衝撃を考え、この衝撃値を 120 T として、240 T の設計荷重で計画した。行止支柱の起倒は第 20 図に示すごとく 8 T 水圧機を取付けこれにより操作した。

行止支柱は横移動完了点のみならず、縦移動完了点にも取付け縦移動固定台船尾の stopper とともに縦移動完了後の滑走力を止めるようにした。

第20図 行止支柱配置要領

§9 横移動後の船体位置調節

横移動時において船体が停止した後、船体中心線を第7船台中心線に合わせる調節作業、すなわち船体中心線の位置の調節作業が必要である。従つて横移動固定台に stopper および jack を設置し、stopper により船体を所定の位置に停止させたのち jack により微動調節を行った。

横移動 stopper および jack は第21図に示すように No.4 および No.7 の横移動固定台に stopper をまた No.3 および No.8 の横移動固定台に3台ずつ 50 T journal jack を配置した。

調節作業はまず所定の停止位置の約 500 mm 手前で一たん船体を停止させ stopper に取付けた木製 liner を調節する。この時船体が所定位置より 20 mm 行過ぎた位置で停止するよう liner を調節しておき、50 T journal jack により微動調節を行い船体中心線位置を調節した。

なお stopper および jack 受の構造は第 21 図に示すとおりである。

以上の計画で実施した結果は最終の停止位置 (jack 操作前の位置) は、当初の計画では左舷に 20 mm 行過ぎたところで停止させる予定であつたにもかかわらず、右舷に寄つた位置 (船首計測位置で 85 mm、船尾計測位置で 94 mm 右舷寄りの位置) であつた。したがって jack の操作では船体中心線と第7船台中心線を一致させることが出来なかつたため船首計測位置で 87 mm、船尾計測位置で 82 mm 右舷に寄つた位置で船体中心線を第7船台中心線にほぼ平行に調節した。

また jack 操作中、その部分の固定台が持上り第 21 図の図中に示す $1\frac{1}{2}\phi$ 締付 bolt が曲つた。

第 21 図 横移動用 stopper 配置要領

したがって

1. 横移動後の船体位置調節は jack で行うことは容易であつた。
2. 船体を 20mm 行過ぎた位置で停止させるよう計画したが、200～300mm 行過ぎた位置で停止させた方がよいと思われる。
3. jack 受の構造はもう少し強い構造とし、この部分の固定台を第 22 図の如く船台から anchor bolt で固着する必要があると思われる。
4. 調節用 jack は横移動固定台の長さの関係上 No. 1 固定台（最船尾固定台）に取付けることが出来なかつたが、これは No. 1 固定台に取付ける方が有効であると考えられる。

第 22 図 anchor bolt 取付要領

§10 縦移動後の船体位置調節

縦移動において船体が停止した後、船体を正規の位置、勾配に据付ける調節作業が必要である。

すなわち

- a) 船首尾方向の位置の調節。
- b) 船体中心線の位置の調節。
- c) keel 勾配および左右舷の傾きの調節。

このうち船首尾方向の位置の調節と船体中心線の位置の調節は獣脂面への載荷時間が長くなれば摩擦が増加するため縦移動停止直後に行うこととしたが、keel 勾配および左右舷の傾きの調節は縦移動 poppet を取外した後になければ行えないので移動 4 日後に行つた。

1. 船首尾方向の位置の調節

縦移動完了点の固定台両舷に stopper を設け、これに片舷 4 ケずつ 50 T journal jack を設けた。

stopper は静荷重 157 T ($\mu=0$) のほかに 1 分間 500 mm の速力による衝撃値を考え、設計荷重を 337 T とし計画した。stopper の構造は第 23 図に示すとおりである。

この調節作業は横移動の場合と同様に、まず所定の停止位置より約 500 mm 手前で一たん停止させて stopper の木製 liner を調節し、微動調節は stopper に設けた jack で行つた。

第23図 縦移動後の船体中心線位置調節装置要領

実際の移動工事では船体が所定位置で停止したため、この調節作業を行う必要はなかった。

2. 船体中心線の位置の調節

前述の縦移動 stopper に取付けた片舷4ヶずつの 50T journal jack (船尾 jack), および縦移動完了点の滑走台の船首附近に横方向に取付けた jack (side jack) でこの調節作業を行った。

第24図 砂 jack 図

side jack の配置および船体中心線位置の計測点は第23図に示すとおりである。

3. keel 勾配および左右舷の傾きの調節

この作業には第23図に示す砂 jack を使用することとし、keel の下には keel 本盤木 (中心間隔 1M200) の間に 37 丁の砂 jack を挿入した砂盤木を配置し、両舷には片舷3組の腹本盤木の他に片舷5組の腹砂盤木を配置した。

ただし keel 本盤木、腹本盤木はこの調節作業時には低くしておき、調節作業完了後逐次縮めて行つた。

砂 jack は 20 mm 鋼板製とし耐圧力 200 T, 下降速度を 1 分間 5 mm, 最大下り代を 140 mm として計画した。

第3章 結 言

本方式の主旨にもとづいて以上に述べたごとく移動工事に対する諸種の計画が行われ、これが実施の第1船は大体計画当初の工期内にて完成したのであるが、工事上の諸準備ならびに第1船であるがための工事上の余裕を得るがため、かならずしも本文の主旨ならびに工程説明の項において述べたとおりにはならなかった。しかし第2船以降の工程はほとんど 100% 計画値に近い順調な進捗状況を示し、本計画の妥当性を物語っている。そこで以上によつて本方式の主旨ならびに移動工事の計画および結果を総合して次の事が云い得ると考えられる。

1. 主旨ならびに工程に関して

1.1 本方式により予め組立定盤において建造される組立ブロックは、従来より行われている地上組立ブロックの単位重量の単なる増大という概念のものではない。移動されるべき船体の部分は船体構造上および機関艙装を中心としたすべての艙装工事上、あるいはまたこれらを遂行する工程上より考えてもつとも重要な部分を対

象とせねばならぬ。

1.2 船台における建造期間は船台の回転率ひいては生産量を決定するものである。従つてこの船台期間は船台、地上組立定盤および crane 等の能力により決定されることは勿論であるが、もつとも重要なことはこの船台期間中に艤装工事を終了せしめ得るよう設備および人員の稼働能力等その他すべての要素を総合的に検討の上決定さるべきである。

1.3 本方式による建造が引続き連続的に行われるときは、移動されるべき船体の建造日数と移動後の船体の建造日数と移動後の艤装日数が各々等しいことが望ましい。

2. 移動工事に関して

2.1 縦移動の場合は進水台を利用すれば通常の進水工事と変らずほとんど問題はないが、横移動の場合は各軌条（各移動台）にかかる圧力を均等にすることが工作的に困難な点がある。従つて横移動の場合は出来るだけ軌条数を少なくする方がよい。

2.2 移動工事の場合は船体の沈下は避けることは出来ないから、計画位置より予め船体を高く据付けなければならない。本移動工事のごとき移動重量、移動距離および移動台構造の場合は計画位置より 120 mm 高く据付けられたい。

3. 獣脂の摩擦係数ならびにその特性に関して

3.1 移動に使用した獣脂に一部劈開、亀裂等の現象が起きたが、これらは第 1 回移動工事の経験により、一部の計画変更により防止出来た。従つて獣脂面に対して夏季、冬季を問わず日光の直射を避け、また厳冬季に寒気にさらすことを避けられたい、このような移動工事に獣脂を使用することは可能である。

3.2 獣脂の摩擦係数は実験によれば、載荷重量が $20 \sim 30 \text{ T/M}^2$ の範囲内では載荷時間が長くなれば移動開始時の摩擦係数は $20 \sim 30 \text{ mm}$ 移動後の摩擦係数にくらべて非常に高く、たとえば載荷時間 4 時間の場合には、前者は後者の約 6~8 倍となる。従つて牽引装置の計画は後者を対象として計画し、前者に対しては別に押出装置を設けて移動開始時の牽引力を援助する方法をとるのがよい。

4. 牽引力ならびに抗力中心に関して

4.1 牽引装置の対象とする摩擦係数は横移動のごとく摩擦力と牽引力がその方向相反する場合は 0.03、縦移動の捲降しのごとくその方向が一致する場合は 0.01 として計画すれば充分である。

4.2 横移動は 1 本の wire で重心点を牽引する方法をとつたが、この方法では船体の回転運動および船首尾方向の運動は避けることは出来ないが、これに対しては ribband および横支柱を強固にすればこの方法でも差支えない。

4.3 牽引の速度は毎分 500 mm としたが、移動中の諸種の状況判断のためにおおむね適当であつたと考えらる。ただしその速度は移動重量の増減、移動台の勾配、索引の方法および船体の inertia（特に縦移動捲降しの際の停止時）等を考慮して調節されるべきものである。

4.4 横移動に用いた水圧機式制動装置はブロックの回転運動および船首尾方向のずれを調整する上にきわめて有効であつた。

また微動調節に際して船体ブロックを固定するのにも有効であつた。

5. 計測に関して

5.1 移動工事実施に対して種々の計測を行つたが、3,000 T に近い巨大な船体ブロックをきわめて正確な位置を保ちつつ、かつ時間的にもきわめて正確に滑走移動せしめるためには移動中必要な事象の変化が刻々表示されることが必要である。

5.2 移動中の牽引力は移動の状態を総合的に表示するものと考えられ、第 1 船の移動に際しては二重あるいは三重の方法で万全を期して行われた。しかし結果的にみて充分注意深く準備された歪計による計測方法のみで充分である。

後 記

本建造方法を行うに際し、この方法の中核をなすところの移動作業の計画ならびに実施については東京大学工学部吉識、木原両教授、大阪大学工学部原田、寺沢両教授より懇切なる御指導を賜つた。

また移動作業当日に行つた諸計測に対しては運輸技術研究所溶接部の皆様から数々の御助力を頂いた。なお摩擦係数測定実験に当り新三菱重工業株式会社神戸造船所より ball 式進水台および附属品一式を拝借した。ここに併記し、もつて謝意の一端を表する次第である。

（以上）