

(昭和 51 年 11 月 日本造船学会秋季講演会において講演)

中, 小型船の建造についての考察

正員 武藤 昌 太 郎*

Some Consideration in Building Medium and Small Size Ships

by Masataro Muto, Member

Summary

The amount of work involved in building medium and small size ships is relatively small, nevertheless, there has been a certain limit when it is attempted to accelerate and shorten the construction time. And in many cases, ships that are built in series are not of identical or similar type. If, under such circumstances, it is intended from the managerial viewpoint to maintain the planned production level and keep the amount of production work evenly balanced during the given period, the ships will have to be built by using several building berths.

However, if a certain method is developed by which the amount of work can be kept constantly balanced even when building different type ships in series and furthermore some device of shifting hulls is developed, it will be also possible to fulfill the managerial needs using comparatively small numbers of building berths.

So the author here examines the number and the total length of building berths with their related facilities in the case of various construction methods for medium and small size ships, from the viewpoint of evenly balancing production work and the amount of ships to be built in shipyard.

1 緒 言

大型船の建造においては, 建造量は相当な量に達する場合が多かったが, 1 船の工事量も多いので, 各船を直列的に建造しても, 建造工程の初期と終期とを前船と次船で調整することにより, 工数の平準化が達成できた。

しかるに, 中, 小型船の場合は, 異型船が多く, 1 船の工事量が少なく, しかも工期をある限界よりさらに短縮することができないので, 一般に複数船台で並列的に建造することになる。

これに対して, 中, 小型船を建造中に, 機械的に船体を移動し, 工数の平準化を図る方法も考えられる。

本論文は, 中, 小型船建造に際し, 造船所の建造量の大小に応じて, 工数平準化を図った場合の上記の諸建造法について, 船台の数, 型式, 総長さおよび関連設備等につき検討を加えるものである。

2 外業工数曲線

2.1 外業工数曲線について

この工数の平準化に関して, 工数の消化状況を示す配員曲線と工数累計曲線とにより検討してみる。

第 1 図は, この両曲線を示している。配員曲線は, 一

* 三菱重工業(株)船舶事業本部

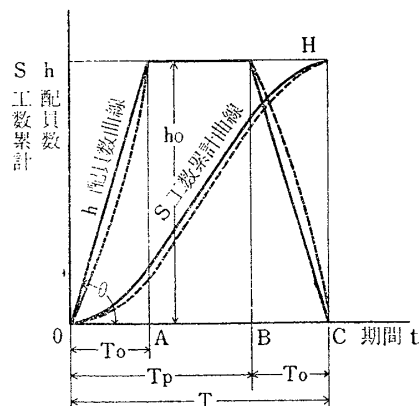
般には図の点線のようになるが, これを近似的に直線で表わすと実線のごとくなる。しかるときは,

$$0 \sim A \text{ 間 } h = \tan \theta \cdot t \quad h_0 = \tan \theta \cdot T_0 \quad (1)$$

$$ds = h \cdot dt \quad ds = \tan \theta \cdot t \cdot dt \quad S = \tan \theta \cdot t^2 / 2 \quad (2)$$

θ , h_0 の値は, 造船所の設備条件, 建造法と関係があるが, これが与えられたときにも次の特性がある。

(イ) それぞれの船型において, 最短建造期間があるので, θ , h_0 には最大の値があり, これが限界値となる。



T_0 ……立上り期間 T_p ……建造ピッチ
 T ……建造期間 $A \sim B$ ……定常期間
 h_0 ……定常配員数 H ……累計工数の最終値

第 1 図 外業工数曲線

(ロ) 同種の船舶でも，船型が大になるほど，限界値である θ, h_0 の値は大となる。

(ハ) 船型が大になるほど，立上り期間 T_0 および定常期間 $T_p - T_0$ は大となる。また，その建造期間に対する定常期間の割合も大となる。

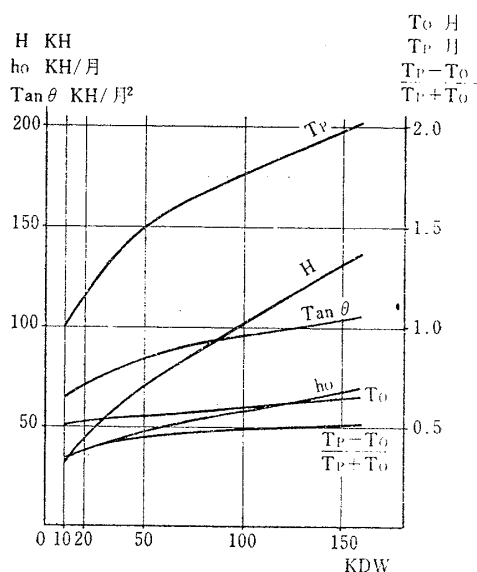
2.2 生産上の諸数値

ある船型について，最短期間の建造実績があれば，その外業の工数 H および建造ピッチ T_p がわかっているの
で， $h_0 = H/T_p$ より，定常配員数の h_0 が求まるが，この
場合の h_0 はこの船型の最高値を与えるものであり，限
界生産量となる。

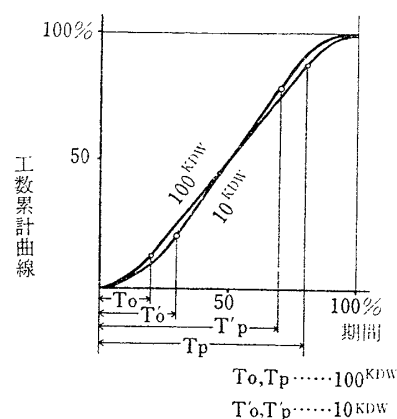
また，最短期間建造の実績の累計工数曲線があれば，
(2)式より立上り期間中の S, t と θ の関係から，最大で
ある θ の限界値が求まることになる。

なお， θ の値は前述のごとく，一般にはある範囲内で
任意に選ぶことが出来るが，建造期間に関係なく最大値
で建造計画をすれば，定常期間が長くなり建造効率上有
利となる。

さて，各船型で建造期間の短い実績を参考にして，上記
諸数値を決めたのが第2図である。この値は絶対的なも
のでなく，条件により変るもので，それぞれの造船所にお
いて，ある時点の値を示すことになる。2.1の(ハ)に記
したように，第2図で定常期間の建造期間に対する割合
である $(T_p - T_0)/(T_p + T_0)$ の値は，小型船の方が小さ
い。これは小型船の配員曲線において，生産の限界値 h_0
は低いところにあるが，これに到達する配員曲線の立上
り角度 θ が小さいので，結局立上り期間が長くなること
になるし，また全体の工事量が少ないので，定常状態が
長続きしないことによるものである。小型船で立上り角
度が小さいのは，ブロック搭載によって発生する接手の
工事が大型船に比べて複雑なので，急速に工事量の増加



第2図 建造の限界値と時数



第3図 大型船と小型船の最短建造の場合のS曲線

が望めないためであろう。

第3図は，100 KDW と 10 KDW の船型とを最短期間
で建造した場合，両船型の工数累計曲線をスケールを同
じにして図示したもので，10 KDW の方が定常状態が短
いので，中間の直線区間の少ないS字に近いカーブの傾
向を示している。

3 工数の平準化

造船所の計画生産量が少ない場合は，中，小型船を1
隻ずつ集中的に建造することができるので，大型船建造
の場合とほぼ同様に，建造工程の初期と終期の工事量を
他船の工事量で補うことで工数の平準化が達成できる。
しかし計画生産量が相当量ある場合は，この建造法では
計画が遂行できないことになるので，各船を並列的に建
造し，工数の平準化を図る必要があり，以下にそれぞれの
生産量の場合に対する計画の手法を示す。

なお，艤装工事については，地上化率の大幅な促進を
図るとか，あるいは船殻工事に次いで艤装工事のため追
加した新たな工程を設ける等の対策をとるとして，以下
に船殻工事について検討する。

3.1 生産計画

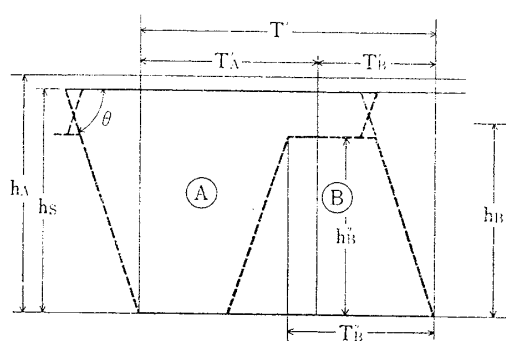
造船所の外業工数の平準化を図るとき，その生産量の
大小によって，計画の手法が如何になるかを検討する。

建造船を A, B としたとき，この両船について，第1
図の外業工数曲線に示す数値が限界値となる場合を下記
に示す。

造船所の計画生産量 (KH/月)	h_s	
建造船	A	B
1 船の工事量 (KH)	H_A	H_B
限界生産量 (KH/月)	h_A	h_B
限界生産ピッチ (月)	$T_A = H_A/h_A$	$T_B = H_B/h_B$

(1) 計画生産量が少なく $h_s < h_A, (h_A \geq h_B, h_s \geq h_B)$
の場合

この場合，第4図において， $T' = (H_A + H_B)/h_s$ ， $T'_A =$



第4図 建造量が少ない場合の配員方法

H_A/h_S , $T'_B=H_B/h_S$ とすれば, $h_B>h_S$ の場合, A, B 船は T'_A, T'_B の期間で建造できることになる。 $h_B<h_S$ の場合, B 船を T'_B で建造しようとしても本船の限界建造ピッチ T_B より短くなり, このままでは建造できないので, 修正する必要がある。なお $h_B>h_S$ の場合でも, A 船, B 船の作業密度がほぼ等しくするのが望ましいので, $h_B>h_S$, $h_B\leq h_S$ のいずれの場合でも第4図のごとく修正する。

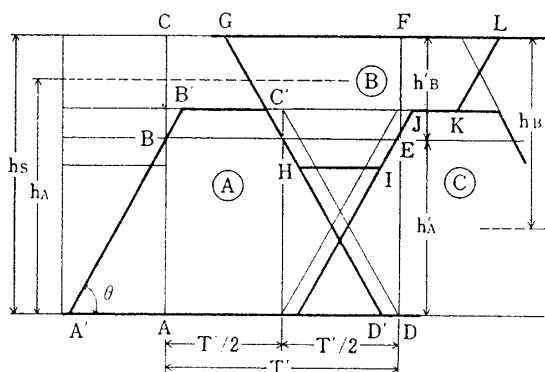
$$h''_B=(h_B/h_A)\cdot h_S, \quad T''_B=H_B/h''_B=(h_A/h_B)\cdot T'_B$$

図中の傾斜した点線は, 実際の生産の場合の立上りを示す。

(2) 計画生産量が大で, $(1+H_B/H_A)h_A\geq h_S>h_A\geq h_B$ の場合

造船所の計画生産量が(1)の場合より大で, $h_S>h_A$ のときには, A 船のみを集中建造しても造船所の計画生産量に達しないことになるので, A, B 2 船を並列建造することになる。この場合, A, B 船を1ロットとして建造した場合, 第5図に示すごとく, 工期は $T'=(H_A+H_B)/h_S$ である。この T' の期間が $T_A=H_A/h_A$ より短い場合は, 建造不可能となる。従って $T'>T_A$ が条件となり, これから h_S の上限として, $(1+H_B/H_A)h_A>h_S$ が求められる。なお h_S がこれ以上となる場合は下記の(3)以降に示す。

さてこの場合, 上記のごとく A 船, B 船が並列建造となるので, 第4図のごとく, 両船の作業密度を均衡させ



第5図 建造量が中程度の場合の配員方法

るように工期を調整することはできなくなる。第5図において, ACFDが2船の工事量を示す。これを工事量により二分すれば, ABEDがA船, BCFEがB船の工事量である。

$$T'=(H_A+H_B)/h_S, \quad h'_A=H_A/(H_A+H_B)\cdot h_S, \\ h'_B=H_B/(H_A+H_B)\cdot h_S$$

このように, 工事量を単純に区分したままの生産計画も考えられるが, A 船, B 船の工事量の消化を極力それぞれの工程の前期に行なうように計画を修正すれば, A 船は A'B'C'D' となり, B 船は GHIJKL となる。なお, 立上りを示す θ は, A, B 2 船に共通にする必要があるので, A, B 船の小さい方の限界角を採用する。

(3) h_S が(2)の範囲より大となり,

$$2h_A>h_S>(1+H_B/H_A)h_A \text{ の場合}$$

このときは, (1)が二段に重なった状態となり, 第6図の如く二重の直列的建造計画となる。

(4) h_S が(3)の範囲より大となり,

$$2(1+H_B/H_A)h_A>h_S>2h_A \text{ の場合}$$

このときは, (2)が重なった状態で, 第7図のように二重の並列的建造計画となる。

上記 h_S の段階的範囲を一般的に示すと, 下記のごとくなる。

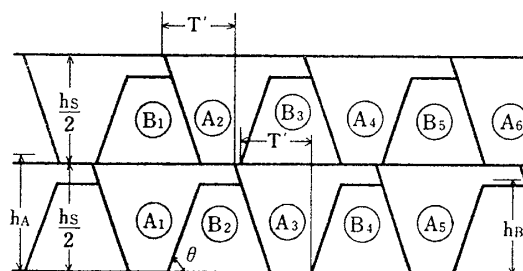
$$nh_A>h_S>(n-1)(1+H_B/H_A)h_A$$

n 重の直列的建造計画

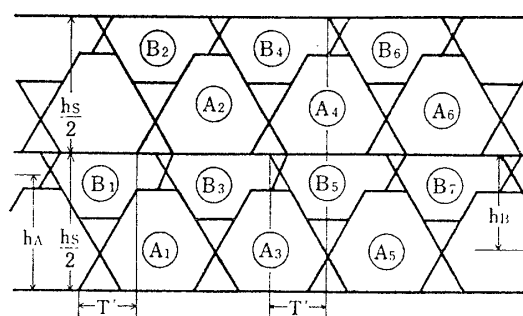
$$n(1+H_B/H_A)h_A>h_S>nh_A$$

n 重の並列的建造計画

なお, 建造法については, 後述するように, 進水まで据付位置で建造する方法と, 建造工程中に移動する方法と



第6図 二重直列的建造の配員



第7図 二重並列的建造の配員

があり, これによって, 必要とする船台数は変わってくることになるので, 上記の n 重の建造計画は, n 個の船台数を使用するというにはならない。

さて以上は, 異型船 A, B の 2 船について平準化を示したが, 連続して多数の異型船について平準化を図るには, 前記の第 4 図あるいは第 5 図の B 船の後期の配員を考慮して, 次に建造する C 船の初期の配員を調整し, 次に前記 A, B 船の手法と同様に, C, D 船の工数の平準化を図れば良い。

3.2 建造計画例

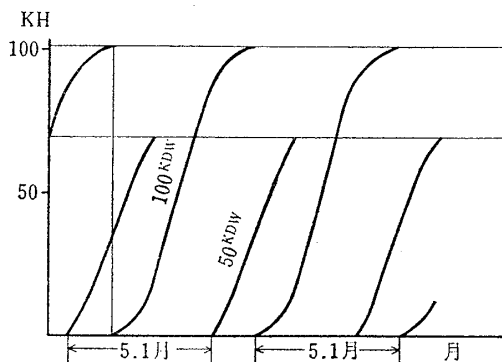
3.1 に示した手法により, 第 1 表に示す Product mix について建造計画を検討してみる。

本表に示す鋼材消費量は, 100 KDW のみを建造したとしたときの月生産量であり, サイクルとは, この生産能力で Product mix の 2 船を 1 ロットとして建造す

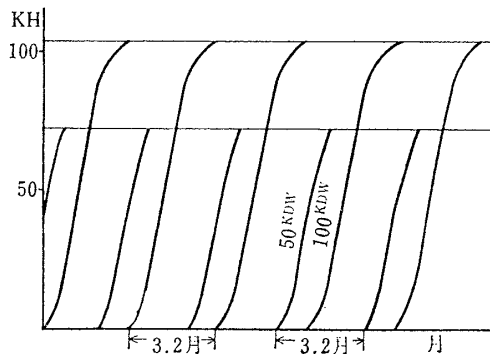
第 1 表 造船所の生産計画

ケース	鋼材消費量 t/月	消化工数 hs KH/月	Product Mix		算出式	参照図
			船型	サイクル月		
1	4,700	34.0	50 KDW	5.1	3.1-(1)	第 8 図
2	7,500	54.5	50 KDW	3.2	3.1-(1)	第 9 図
3	9,300	68.0	100 KDW	6.0	3.1-(1)	第 10 図
4	13,000	95.0	100 KDW	4.3	3.1-(2)	第 11 図
5	13,000	95.0	100 KDW の連続建造 LNG 船を 1 隻	100 連続のとき 1.07(2)	100 連続のとき 3.1-(2)	第 12 図

LNG 船, $h_0 = 77 \text{ KH/月}$, $T_0 = 13 \text{ 月}$, $T_p = 4.0 \text{ 月}$



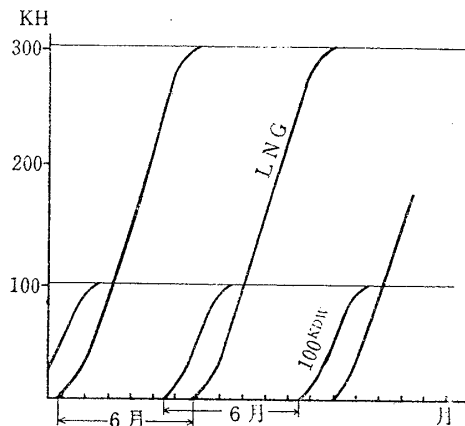
第 8 図 ケース① (4,700 t/月) の建造



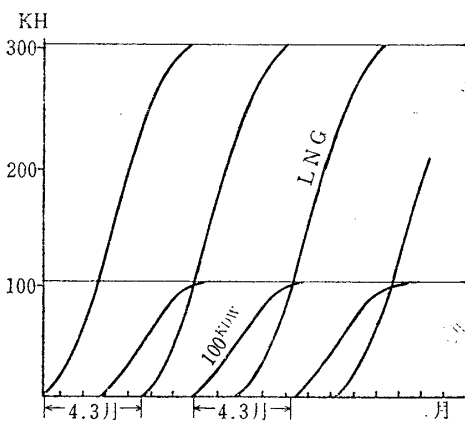
第 9 図 ケース② (7,500 t/月) の建造

るときに周期を示している。これらの場合, 生産量のいかんによって, 3.1 (1) または (2) の方式が適用されることになる。この状況を第 8 図より第 12 図までに示している。

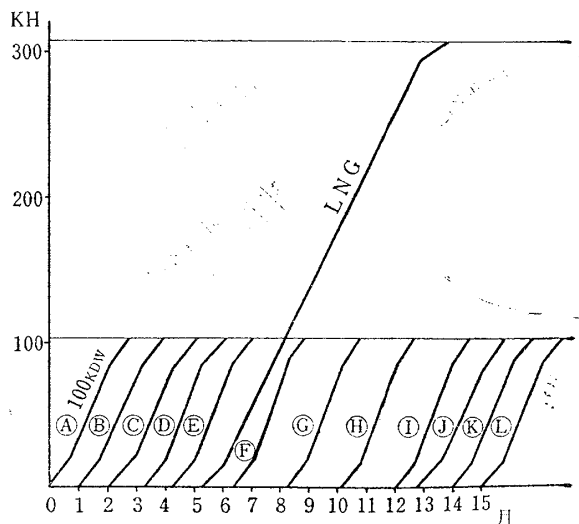
なお, 本表のケース 5 は第 12 図に示すように, 100 KDW を連続建造しておる期間中に LNG 船を約 8 ヶ月で生産する場合であり, 本図に示すように初期には 100 KDW のみの建造を 3.1 (2) により計画し, 次いで LNG



第 10 図 ケース③ (9,300 t/月) の建造



第 11 図 ケース④ (13,000 t/月) の建造



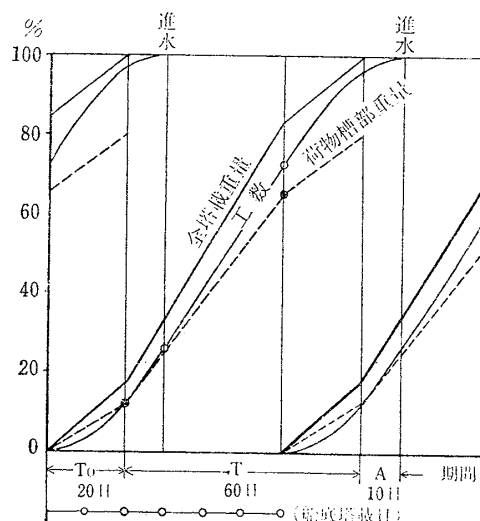
第 12 図 ケース⑤ (13,000 t/月) の建造

船と並列建造に入るが、この期間は LNG 船建造のために消化した工数の残り分で 100 KDW を建造し、次いで再度 100 KDW のみの連続建造に入ることになる。本図に示されているように、LNG 船の影響で ⑨～⑫ 船までが変則建造となる。

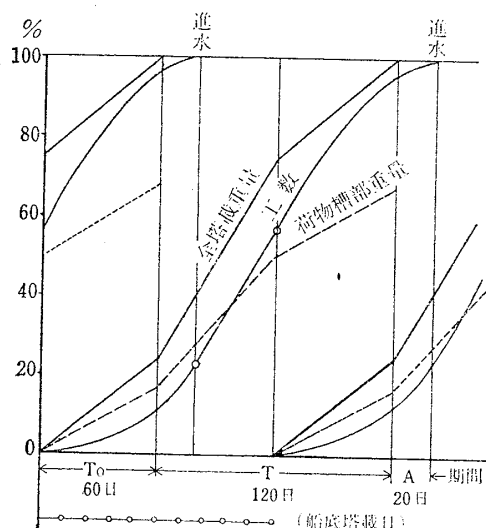
4 建造船台の必要な長さ

船体建造に必要な船台の合計の長さを求めるには、建造開始後に船底構造が船台上に如何に展開されるかを示せばよい。一方前述の通り、工数の平準化を図った建造計画により工数曲線が作成されているので、この工数曲線と船底構造の展開状況の関係を求めておけば、前記の各建造法に対する必要船台の長さが求まることになる。

第13図と第14図は、次の第2表の条件の場合に参考文献3)により荷物槽部の船底構造が展開する状況を求め、これと全体の工数の消化曲線との関係を図示したものである。



第13図 油槽船外業関係曲線



第14図 LNG 船外業関係曲線

第2表 建造条件

項 目	記 号	油槽船	LNG 船
建造ビッチ	T	60日	120日
荷物槽部1バンドの搭載完了期間	T ₀	20日	60日
荷物槽部の分割数	n	6	10
船底構造の展開ビッチ	$t (= \frac{T}{n})$	10日	12日
搭載終了后进水(或は艀装船渠)迄の日数	A	10日	20日

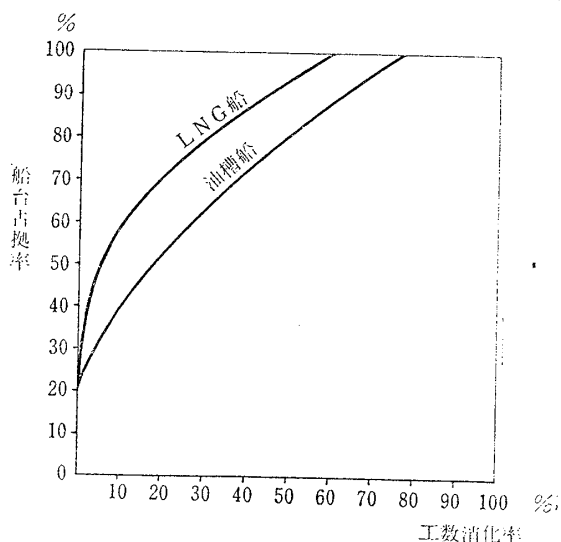
これにより、工数消化率と船台占拠率を求めると、第15図のようになる。本図は、建造が開始されると機関室が直ちに展開されるとし、この長さは船長の約20%に相当するので、初期にこの分だけ占拠されるとしている。

また、荷物槽部の最終の船底構造が搭載されるまでには船首部を含む船底構造が展開されるものとして求めたものである。

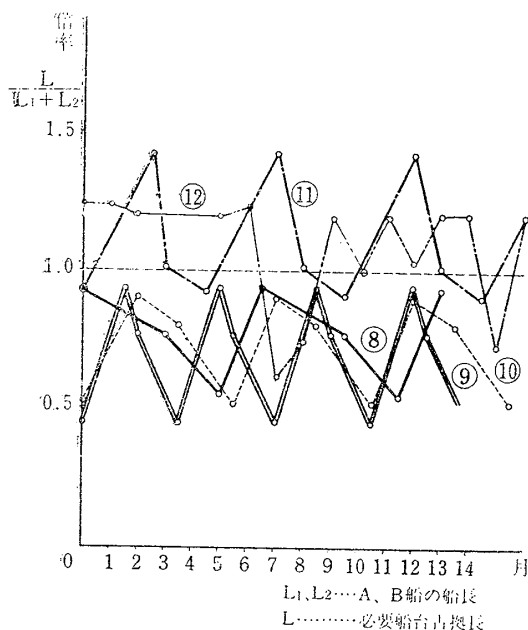
第2表に示すごとく、LNG 船は油槽船に比べて荷物槽部の1バンドとしての搭載が完了する日数が著しく長くなっている。このため第15図に示すように、LNG 船の方が工数消化率に対して、船台占拠率が大きくなっていることがわかる。

本図と3.2に示した建造例の工数消化状況から、この場合の必要な net の船台の長さを求めると、第16図のように建造期間中に相当変動することがわかる。本図の○内の数字は本論文の図の番号であり、⑧⑨⑩は第1表に示すケース1, 2, 3であり、3.1(1)により算出したものである。この場合、建造期間中最も船台の占拠率の大きくなるときでも、組合せた建造船の総長さ ($L_1 + L_2$) 程度であるが、⑪⑫のケースは3.1(2)の場合で総長さの1.2～1.4倍に達している。

実際に、建造船台の必要長さを設定する必要があるときは、造船所の生産規模と建造を予想される船型の組合せ



第15図 工数消化率と船台占拠率



第16図 建造する2船の総長さに対する船台占拠率

に対して、上述の手法で算出すればよいことになる。

もし、概略の所要の船台の長さを求める場合は、次のようになる。

$$\begin{aligned} h_S \text{ の値} & \quad \text{予想船台長} \\ nh_A > h_S > (n-1)(1+H_B/H_A)h_A & \quad n(L_1+L_2) \\ n(1+H_B/H_A)h_A > h_S > nh_A & \quad 1.5n(L_1+L_2) \end{aligned}$$

なお、前述のごとく上記の予想船台の総長さには、艀装のための特別なステージを考えていないので、これを設ける場合は、その分だけ船台長が増加することになる。

5 船台における建造方式および関連装置

前述の検討により、中、小型船を連続的に建造したとき、工数の平準化ができることを示したが、この場合、建造船台が傾斜しているか、平坦であるかによって、次の第3表のように建造方式が違ってくる。

5.1 傾斜船台における建造

この場合、建造法は第4表に示すごとく、固定式と移

第3表 船台における各種建造方式

建造場所	建造方式	移動装置	進水方式
傾斜船台	固定式 (一般建造法)	—	通常の方法
	移動式	ワイヤー、ワインチ 油圧式制動機	全上
平川船台	移動式	ワイヤー、ワインチ	建造船架 インクライン式横進水 キャンバー進水台、梯進水
		自走式台車 油圧式押出機	傾斜船台へ移動後進水 浮船架(浮上、着底)利用 Synchro Lift Platform(又はPontoon)のSwing Jean Bart(架橋水助又は非水助) 準平川船台(緩傾斜)

第4表 傾斜船台における船台状況

生産量	小		大	
生産方式	第4図		第5図	
船台関係	船台数	総長	船台数	総長
固定式建造法 (一般建造法)	2	$2L_1$	3	$3L_1$
移動式	1	L_1+L_2	1	$1.5(L_1+L_2)$
建造法	—	—	2	$2 \times 1.5L_1$

L_1, L_2 建造船の長さ $L_1 > L_2$

動式とにより下記のようなになる。

(1) 固定式建造法 (一般的建造法)

この場合は、同時に建造中の隻数だけの船台が必要であり、いわゆる複数船台における建造法である。

(2) 移動式建造法

本建造法を適用しても第4表に示すごとく、所要の合計の船台長は固定式に比べてほとんど変わらないことになるが、船台の数により次のごとくになる。

a) 1船台建造

本方式の場合、本表中に記載の第4図のごとく生産量が少ない場合でも、1船分の長さに相当する船体を移動することになり、下記に述べる船体移動装置が大容量のものとなる。なお、生産量が第5図の方式に相当することになれば、船台の総長さは建造船の約3倍になり、造船所の地形的に問題になることもあろうし、建造上も不具合になることがある。

b) 2船台建造

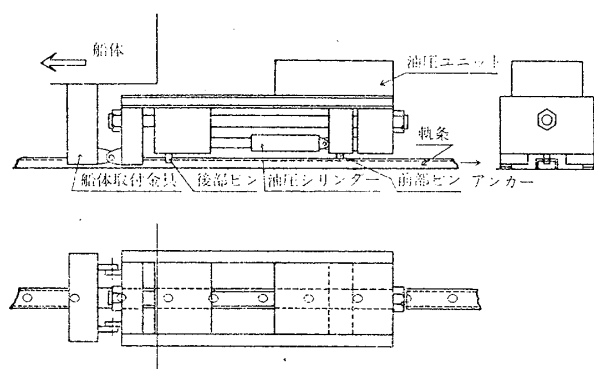
第5図に相当する生産量の場合でも、移動する船体は船長の半分だけでよいことになり、従って、船体移動装置は小容量となるし、それぞれの船台の長さはさほど過大になることはない。なお、この船台の場合、生産量が第4図程度になった場合は、移動式でなくいわゆる複数船台の建造になる。逆に建造量が第5図より大になれば、この2船台建造では移動する船体が1船分の長さになるし、船台の総長さが長くなるので、船台数を増加しなければならない。

5.2 平坦船台における建造

平坦船台で建造する場合は、生産量が大きであっても、前述の方法により進水順に従って船を据付け移動建造方式をとれば、1条の船台で建造が可能となる。もし、地形上船台の長さを短縮する必要がある場合は、2条の船台とすることになるが、これはあくまで移動式建造であるので、いわゆる複数船台における建造方式ではない。

5.3 船体移動装置

移動式建造方式を適用する場合、このための装置が必要になる。平坦船台にて建造する場合の本装置として



第17図 油圧式制動機

は、参考文献 3) に油圧式押出機について記載したが、傾斜船台にて使用するためには、船体の降下力が大であるのでウインチ、ワイヤー方式では危険であり、油圧式制動機が有効である。

本機の概要を第17図に示す。この計画上の要点を示すと、次のようになる。

(1) 本機は、前部ピンと後部ピンがあり、これを交互に軌条の穴に挿入するもので、制動には油圧シリンダーを使用し、尺取り虫式に船体を移動するものである。

(2) 本機および軌条が万一破損しても船体が暴走しないために、右舷、左舷にそれぞれ1基を備え、かつ1基で十分制動、移動ができる能力を持つ必要がある。

(3) 前部ピンで船体の移動を停止しておるとき、軌条のピン穴の誤差により偏荷重が生じないような機構を有し、また前部ピンを穴より引抜くとき、シリンダーに圧力をかけるが、この際軌条に過大な荷重がかからないようにする必要がある。

(4) 本機の軌条は、常時強度の低下を防ぐよう努める必要がある。従って進水台と別個に設け管理する必要がある。

以上のように、傾斜部を移動させるためには、平坦部用の装置に比べて、大きな降下力に抗して制動し、かつ装置の破損による船体の暴走防止の対策として二重の装置を有する等により、第5表に示すごとく約7倍の容量のものとなる。

6 結 言

中、小型船は異型船となる場合が多いが、これらの建造計画をたてる場合、それぞれの建造船の限界生産値と立上りの限界角を基にして、工数の平準化を図る手法を示した。さて、この方法を実際に適用する建造方式として、固定建造方式（一般建造方式）と移動方式とがあるが、これらのいずれの場合でも、必要とする船台の総長さはほとんど変わらないことを示した。次に、船台の型式

第5表 装置の設計容量

移動場所	移動上の 力学的所費力 (1)	安全対策上の 設計荷重倍率 (2)	装置容量 (1) × (2)
平坦部	a ton	3	3a
傾斜部 $\frac{1}{20}$	3a ton	7	21a

別により検討した結果は、下記のようになる。

(1) 傾斜船台

1) 固定式建造

平準化を図った場合に、同時に建造する隻数だけの船台が必要となり、いわゆる複数船台建造となる。

2) 移動式建造

(a) 1船台建造

移動船体の大きさ、移動装置の容量、船台の長さ等より小型船で小量生産の場合にのみ適する。

(b) 2船台建造

中型船で、しかも生産量が相当量（第5図）の場合にでも適用できる方法である。ただし、更に生産量が大きくなると不具合で船台数を増加する必要がある。

(2) 平坦船台

この場合、工数の平準化を図ると Pre-Erection が必要となり移動方式となるが、傾斜船台で移動建造方式の場合にあった諸制約条件は本方式ではほとんどないことになる。

以上の考察を既造船所の傾斜船台に適用する場合、建造船型、生産量と設備条件とによって望ましい建造法が決められることになろう。

平坦船台で中、小型船を移動方式で建造する方式は新設または新設中のものに多いが有効な建造法といえよう。

最後に本論文に記載した船体移動装置の開発にあたり、藤田 譲東大教授の御指導と藤田純夫、鎌田 晃、徳村 叶、兼崎 昭士の諸氏の御尽力に対し深く感謝する次第である。なお、本装置については、三菱重工業(株)より特許出願中なので御了承を頂きたい。

参 考 文 献

- 1) 吉田：船体建造における複数船台の効果，日本造船学会論文集，第131号（昭和47年5月）。
- 2) 武藤：複数船台における油槽船建造方式，日本造船学会論文集，第104号（昭和34年1月）。
- 3) 竹沢，武藤，兼崎：船体建造における Pre-Erection 建造法の考察，日本造船学会論文集，第133号（昭和48年5月）。

論文は貴重な Data を提示されたものであり、またかかる実験は多大の労力と時間を要する点から本論文発表に対し、感謝と敬意を表します。

【回】 栗原 至道 君 ご討論の主旨には全面的に賛意を表します。実船実験の限られたデータでは形態係数、射出率を考慮した伝熱解析ができませんので、この両者

を1と仮定したふく射伝熱量 q_{cal} を比較の基準に選んでみました。実測した伝熱量 q_{exp} はふく射と対流を含んでおり、 q_{exp} と q_{cal} を直接比較することは、理論的には無意味ですが、船体への侵入熱量を概算する簡便的な指標として実用的な価値があると思われます。

自重による船体外板の曲げ加工に関する研究

松 石 正 克 外

【討】 満喜 良男 君 曲り外板ブロックが大きく数枚の外板で構成されている場合、オフセット定盤上で、端部の板はかなり対地角度を持つ場合がありますが、本方法の適用可能範囲を御教示下さい。

【回】 松石 正克 君 通常、大組立における多点の支持治具の高さは、作業性を考慮してブロックが略水平になるようにセットしている。その場合、自然曲りが適用できるような緩曲面のブロックでは、ブロック端部の対地角度は小さい。例えば、自然曲りの適用が可能な外面で、パラメータ t^2/R_1 および t^2/R_2 が (18)~(22) 式の限界値内に収まっている場合、 $t=25\text{mm}$, $L_x=L_y=12\text{m}$ とすると、対地角度は最大約 6° になる。従って、本研究の結果は、そのまま適用可能であると考えられる。

【討】 森 正浩 君 自然曲りを採用した場合に生じる曲げ応力について質問致します。この曲げ応力は Locked-in されることとなります。もともと船体には、溶接残留応力やブロック継手の溶接に伴う拘束応力が Locked-in されております。これらのものとの関連において、上記曲げ応力の許容限に関する著者の御見解をお示し下さい。

なお、熱間加工を省略することができれば靱性が劣化する必配がありません。E級鋼を使う部分に対しては、特に効果的であると思います。

【回】 松石 正克 君 自然曲りが適用できるようなケースで生じる残留応力は曲げ応力が支配的であり、膜応力は殆んど零と見做してさしつかえない。従って、船体に外力が作用して外板に膜応力が誘起される場合には、自然曲りによって生じた曲げ応力は外板の general yielding に対しては全く影響を及ぼさない。

また、溶接残留応力が生じるブロック継手、即ちブロックの周辺部は、大組立の多点支持治具上では、自由端となり、自然曲りによって生じる残留応力は微少であります。

なお、ベンディングローラ等によって外板の曲げ加工を実施する場合には、負荷時に塑性変形を与えるので、除荷後、即ち曲げ加工後残留応力が生じ、その値は自然曲りを利用した場合と同じオーダーになります。従って、自然曲りを利用したからといって従来の曲げ加工法を採用した場合と比較して、強度上、特に不利になる事はないと考えられる。

【討】 星野 二郎 君 著者のいわれる適用可能な外板以外で、曲げ加工ステージにおいて線条加熱する場合、板の自重を利用して最も効率的な加熱位置と、板の支持点配置の算出の可能性は、期待できるのか、御教示願いたい。

【回】 松石 正克 君 線条加熱による外板の曲げ加工は熱弾塑性の問題であり、FEM による熱弾塑性解析法が既に確立されているので¹⁾²⁾、解析可能な問題になりつつあると考えられます。

なお、外板の自重を利用して最も効率的な加熱位置と外板の支持点配置を算出する事は線条加熱の自動化に結びつく問題であり、今後、造船技術者が取組むべき重要な問題であると考えます。

1) Y. Ueda, T. Yamakawa : Analysis of Thermal Elastic-Plastic Stress and Strain during Welding, IIW Doc. X-616-71 (1971)

2) 藤田, 野本 : 熱弾性問題に関する研究 (その1), 日本造船学会論文集, 第130号 (1971)

中、小型船の建造についての考察

武 藤 昌太郎

【討】 吉田 俊夫 君 1) 本論文は、先の「船体建造における Pre-Erection 建造の考察」にもあるごとく非

浮上の船体移動には、移動前後の処理に工数的損失はないとの観点に立って、論旨が進められておりますが、

Ring Block を超えた大ブロックというより船体 そのものである大々ブロックの移動の場合は、かなりの直接あるいは間接的な損失が発生すると考えますが、いかがですか。

2) ブロックとしての移動は特殊油圧機によって解決されていますが、先行船の進水時次船との間にうまい具合に中間ゲートがなければ、次船が水びたしになります。この点につきいかがお考えでしょうか。

3) LNG 船のように、長々期建造船がはいる場合、その前後の船を考えると理論的には本論が成立っても実際には LNG 船を別扱いにした特殊二重、三重…方式といったものになると考えます。むしろ LNG 船のような特殊な船を対象にするときは本論の一般性が失われるのではないのでしょうか。

【回】 武藤昌太郎 君 1) 平坦船台において 20,000 DWT の全船体を移動する場合の作業時間は下記のごとくになります。傾斜船台の場合は、移動装置には安全対策がありますが、それ以外の対策が必要で若干増加します。

イ) 移動前の盤木をゆるめる工数	$8 \text{人} \times 6^{\text{H}} = 48^{\text{H}}$
ロ) 移動直前に滑動台より前方の 保距具およびボール並べ	$5 \text{人} \times 4^{\text{H}} = 20^{\text{H}}$
ハ) 移動作業(装置運転および監視)	$6 \text{人} \times 4^{\text{H}} = 24^{\text{H}}$
ニ) 移動後の作業(移動台を次船 の位置にシフトし、据付およ び矢締め)	$8 \text{人} \times 8^{\text{H}} \times 2.5^{\text{日}} = 160^{\text{H}}$
ホ) 動力線のつなぎ替え	$10 \text{人} \times 4^{\text{H}} = 40^{\text{H}}$
総時間	292 ^H

2) 中間ゲートを受けるため、一般には渠底の溝以外に中間ゲートの支柱受けと、側壁に水平力受けの溝が必要となりますが、長船の中間ゲートでは支柱が単に渠底から垂直反力を受ける構造になっておりますので支柱用の溝は不要であり、上記の側壁にかかる水平力も支柱で受けるようにしておけば、単に水止め対策をすれば済むので、船型に応ずることができるように、相当個所に中間ゲートを移動することができます。なお平坦船台にして船台端に Jean Bart 方式の特殊設備を有しておる造船所もあります。

3) LNG 船のごとき船型を第 10, 11 図のごとく連続的に建造するケースは特殊の場合であり、むしろ時々 1 隻を建造することになる第 12 図のケースが多いと考えます。この場合は特殊のケースのように思われますが、100 KDW 船を連続建造期間中は、3.1 の理論の異型船④⑤が同型として平準化ができますし、100KDW と LNG 船の混合建造の場合も 3.1 の理論で平準化が可能であることを示したものです。さてこの建造方法ですが、傾斜船台の場合、第 4 表の生産量の大きな場合で 1 船台建造

ですと、船台の長さが大になるばかりでなく、移動装置も大型になり好ましい方法ではないでしょう。これを 2 船台での移動方式にした場合も、第 12 図より判りますように

第 1 船台で④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧の建造

第 2 船台で⑨, ⑩, LNG, ⑪の建造となります。

この第 2 船台の場合、LNG 船の進水の前に ⑩ 船が建造されることになり、1 条船台の場合と同様に大がかりな移動装置になります。従って 5 章 (2) の b) の 2 船台船の項の末尾に記載したごとく 3 船台になります。そうすると 2 つの船台は移動式として、LNG 船は固定式建造が好しいことになります。即ち御説のように LNG 船のごとき特殊船は、別個の船台を設けることになります。しかしこのことは傾斜船台という前提の議論であって、平坦船台であれば、これとは別個に LNG 船の特別船台を設ける必要はなくても良いというのが、本論文の主張であります。

【討】 福田 英夫 君 1) 大型クレンを有する船台で、周辺に面積が確保できる場合には、地上総組により、ある程度の時数の平準化、ならびに、急速展開による θ の増大が考えられると思いますが、いかがでしょうか。

2) 移動式建造法による場合、移動する船体は、移動可能な程度に、船体を固めておく必要があるのではないかと考えますが、その場合に移動と進水は接近して行なわれると思いますので、なおかつ時数の山谷が残るように思われます。いかがでしょうか。

3) 生産量が小の場合 50KDW の船体を移動するには、どの程度の時間と時数が必要でしょうか。

【回】 武藤昌太郎 君 1) このような場合は、先の造船学会論文集第 133 号における質疑でも触れておりますが、大ブロックであれば外業の工事量は少なく、大型、中型船であっても、外業に関する限り小型船の状態になります。そのときの外業工数 H 、建造ピッチ T_p 、および θ を適用して平準化を計ることになります。

2) 次船がどの程度迄進歩するかは、造船所の建造量によって決まります。移動の状態ですが、油圧を使用し、始動と停止の加速度を適正に計画すれば、船体の固めの条件は殆どありません。平坦台のみでなく、傾斜船台でも実績があります。なおいつ移動するかですが移動する船の次の船が建造開始される迄待つこともできます。

山谷については第 3 章で述べたごとく、発生しないようにできると考えます。

3) 500KDW の移動に要する時数ですが、作業方法によって違いますが約 500H 程度になります。内訳に関しては吉田俊夫氏への回答を御参考にして下さい。

【討】 渡辺 武雄 君 本文 306 頁第 4 図の説明の中に

『A船 B 船の作業密度がほぼ等しくするのが望ましいので、第4図のごとく修正する。

$h_B'' = (h_B/h_A)h_S$ $T_B'' = H_B/h_B'' = (h_A/h_B) \times T_B'$ 』とありますが、船台計画運営上および移動式建造法採用時の作業計画運営を考える時 $T_B'' = T_A'' = T'$ とされた方がよいのではないのでしょうか。

【回】 武藤昌太郎 君 御説のように④、⑤2船を等ピッチで建造する方法もありますが、④、⑤2船がほぼ同一船型であれば良いのですが、⑥船が小型である場合にゆっくり建造するのは資金的にも有利ではありません。大型船にしても h を小さくして建設することは、艤装工事等を考えると有利ではないと考えます。

【討】 栗田 剛利 君 1) 本文5.2項の平坦船台における建造について「もし地形上船台の長さを短縮する必要がある場合は、2条の船台とすることになるが、これはあくまで移動式建造であるので、いわゆる複数船台における建造方式ではない」と述べられていますが、この意味について御説明願いたい。

2) 第6章の(2)において、平坦船台では、「傾斜船台で移動建造方式の場合にあった諸制約条件は本方式では殆どないことになる」と述べられていますがこの諸制約条件とはどのような条件でしょうか。

【回】 武藤昌太郎 君 1) 第4表は傾斜船台の場合ですが、この表は平坦船台の場合にも利用できます。いわゆる複数船台とは固定式という意味にしています。第4表で固定式建造で、生産量が多い場合、3船台を必要としますが、移動式では2船台で済むことになるという意味です。

2) 平坦台においては、第5表に示すごとく、移動装置が著しく簡単になります。更に傾斜船台で2.5隻を据付けるとすれば、船台の前端の高さも相当高くなり、船台の構築費は勿論、クレンは高くなり、作業上も不便になります。

平坦船台であればこれらの点が有利になります。

【討】 岡本 治郎 君 1) 中・小船台では、一般的にいて大型船に比し、艤装工数の比率が増大して参りま

すが、この場合、船台工事の平準化には艤、艤工事の併行的取り扱いが一つの問題であると思います。この点に関する基本的な考え方に関し、得見解を賜りたい。

2) 第5表において、傾斜船台での移動装置は安全対策上、設計荷重倍率を7としておられますが、中、小型船の移動船体は重量も大きなものではない故、荷重倍率を下げる考え方もあると思いますが、御見解を賜りたい。

3) 第5表において、移動上の力学的所要量を1/20傾斜で3aとしておられるが、傾斜が1/40~1/50では1・aに近い値になると思われますが、御見解を賜りたい。

【回】 武藤昌太郎 君 1) 本論文は船殻の外業について述べてあります。艤装の平準化については、作業内容が相違しますので、船殻と艤装の合計をHとして取扱うわけには参りません。方法として艤装の地上化率を推進する方針のもとに、まずブロック組立工程における平準化を計ることになります。この場合船殻のブロック工程との調整をしないと平準化はできません。艤装外業についてはそれぞれの船型に応じた艤装の限界の h, θ を求めておき、極力船台で消化する方針で平準化を計り、調整代として艤装岸壁に工事を廻すことになるでしょう。

2) まず平坦部の場合でも、始動時の摩擦の増大と、船体の受ける風圧を考えると、3倍になります。傾斜船台の場合は、二重の装置にして一方が破損した場合でも、残りの装置で耐えられること、およびその際の衝激を考えますと7倍程度の設計荷重になります。これは船台の大小には関係がないと考えます。

3) 船台の傾斜が緩い場合には、御説のように3aはaになります。しかしこの傾斜では移動装置がないと始動が困難になります。一般に小型船では1/20より急な傾斜になります。ところで本論では省略しましたが、新たに中、小型船建造の造船所を建設する場合、平坦船台にするのも一つの方法ですが、進水のために特殊装置が必要になります。第3表の平坦船台の中に記載しましたが、1/40程度よりもっと傾斜を緩くした緩傾斜船台が合理的な船台と考えております。これは特許出願中です。

パイプ継手の詳細解析

吉 田 宏一郎 外

【討】 為広正起、寺本 晋 君 1) 砂時計型試験片の応力解析によれば塑性化の進行とともに応力の最大値が移動するということですが塑性歪の分布状態は如何なものでしょうか。実体解析の疲労寿命推定に際しては砂時計型試験片についての解析から求めた歪と従来用いた ϵ との対応関係を明らかにしておく必要があると思われ本

論文での数値解析結果ではどのような対応を示しているか御教示下さい。

2) 今回の解析では溶接部はフルペネということで解析が進められており、比較的 dull な応力集中部を対象とされております。隅肉のスリットあるいはアンダーカット等の sharp な切欠を有している場合も同様な解析で