

(昭和 42 年 11 月造船協会秋季講演会において講演)

船殻工事に適用された流れ作業システム

正員 山 本 登*

正員 寺 井 清*

正員 栗 岡 辰 巳*

The "Flow Line System" which has applied to Hull Works in
shipbuilding Industry

by Noboru Yamamoto, *Member*Kiyoshi Terai, *Member*Tatsumi Kurioka, *Member*

Summary

It has been so far said that the flow line system might be applied mainly to the mass production industry, while the application of this system is difficult to the unique product production industry in view of the diversity of products.

Accordingly, the flow line system has been adopted in the shipbuilding industry, in such limited cases as in the prefabrication stage of hull assemblies which compose parallel part of tanker and has failed to contribute to the improvement of general production system of shipbuilding industry.

Through the study on the intrinsic nature of flow line system, however, the authors have developed a new system of control technique so that a group of techniques fostered in the mass production can be applied to shipbuilding industry which is typical in diversified products production.

This new control system has been applied to shipbuilding industry, characteristically utilizing the flow line system. Accordingly, this system can be applied in a similar manner to the other territory of diversified products production, e.g., machine industry.

The promotion of this new production system in shipbuilding industry has thus marked an epoch-making development through the introduction of electronic computers into the planning and control system of production and thereby maximum efficiency is realized in shipyard management including not only hull works but also outfitting works.

1. 緒 言

流れ作業システムが近代産業としての発展に欠くべからざるものであることは今後の労働力の不足とか、高い生産性への要請などを考えれば自明のことである⁽¹⁾。

しかしながら、このようなシステムの採用は少種多量生産とか、単一大量生産的な工業にかぎられていたのであつて、個別受注生産である造船業に適用することは至難なこととされてきたのである。

したがつて造船業においては、平行部ブロックの組立工程とか、野書・切断工程などのかぎられた分野において部分的なコンベア作業が行なわれてきた程度⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾であるが、このような近代産業の形式的な模倣だけでは、造船業そのものの体質が近代産業に改善されるのにほど遠いことであることはいうまでもない。

そのような事情から最近では、工程管理に PERT の技法を導入し電子計算機を駆使してネック工程の把握とか、負荷の設定と余力計画などの近代的な管理の形式をとり入れようとする傾向がある。

しかし、このような傾向はあくまで個別受注生産として造船業を多種少量生産方式の殻のなかで合理化しよう

原稿受付 昭和 42 年 7 月 6 日

* 川崎重工業 KK 神戸工場

とするものであり、そのような場合には PERT が有効な技法であることはたしかである。

しかし、一步その殻から脱却して生産方式それ自体の近代化を進め、大量生産工業ですでに開発された諸技法の適用を可能ならしめるような新しいシステムの導入が必要とされるときには、PERT が有効な技法であるとは考えられないのである。

それゆえ筆者らは、このような造船業の一般的なうごきから離れて、工程管理の本質について研究を重ねてきた結果、個別受注生産においても大量生産と類似の流れ作業システムの適用が可能であるという基本的な進路を設定して、ここ数年間船殻工事を中心に加工系列の設定、生産工程の確立ならびに工程別職場の編成を進め、さらに統計的品質管理を導入して流れ作業システムの全面的な採用に成功したのである。

もちろんこの流れ作業システムは、大量生産工業に採用されているものとは異なり個別受注生産としての特異性をもつものであり、搬入工程・内業工程・地上組立工程・船台工程とそれぞれの工程に適應した形で採用されたのである。

2. 個別受注生産工業における流れ作業システムの特異性

2.1 流れ作業システムの一般的条件

流れ作業システム導入の必要性和導入にいたるまでの過程については、すでに述べられている⁽¹⁾のであるが流れ作業システムの効果は、「同種繰り返えし作業が行なわれるように作業工程を編成し、徹底した分業を行なうことで能率をいちじるしく向上するとともに、一連の加工順序に作業工程をレイアウトし、極力、物の流れを単純化し、さらに流れの停滞を排除して生産期間を大幅に短縮すること」にある。

とくに作業工程の編成とか工程順のレイアウトの実施が課題であつた工程別職場作業システムの段階から流れ作業システムへと移行するためには、物の流れに着目して、各工程間に生ずる停滞をいかにして排除するかが問題となるのである。

この物の流れのなかに発生する停滞は一般に

- (i) 工程が同期化しないために生ずる工程待ち
- (ii) 加工のロット数が多いために生ずるロット待ち

の2項に分類して考えられるのである。

従来、このような停滞の減少をはかるため流れ作業にはコンベアが絶対的な要件であると考えられがちであつた。

しかし、その本質的な解明について述べて⁽¹⁾きた現在においては、もはやコンベアは流れ作業システムの道具の一つとして考慮されるにすぎないのであつて、各作業工程の同期化により工程待ちをなくすことならびにロット数を1個にしてロット待ちをなくすことが流れ作業の本質的な条件としてクローズアップされることは明らかであろう。

2.2 個別受注生産工業における流れ作業システムの特徴

個別受注生産工業においては、製品の多様性から流れ作業システムの適用が困難であると考えられてきた主な理由は、流れ作業システム適用時の制約となるつぎの条件、

- 流れ作業の条件
- ① 工程待ちを0にするため作業工程を同期化すること。
 - ② ロット待ちを0にするためロット数を1個にすること。

の克服が困難な点にあつたのである。

すなわち、多種多様な製品の流れる場合には製品1個あたりの仕事量のバラツキが大きいのでロットの大きさの単位として製品の個数を使用することができない。

ゆえにタクトあたりの単位工事量すなわち、ロット数1個に相当する量の算定には、工事量と相関々係のある個数以外のメジャーを設定して、そのメジャーを用いて各ロットにバラツキが介在しないように、ロットの大きさを定める必要がある。

このメジャーの設定が個別受注生産に流れ作業システムを適用する際の基盤となるものであり、また特異性とも考えられるのである。

2.3 船殻工事ににおける具体列

(曲り外板ブロック組立系列の流れ作業化)

ここに船殻工事におけるメジャー設定の一例として、大組立工程における曲り外板ブロックの組立系列について具体的に述べることにする。

曲り外板ブロック組立系列は大組立ブロックのなかでもつとも多様性に富んだブロックの組立系列で、ブロック1個あたりの工事量は千差万別といつても過言ではない。

このような系列に流れ作業システムを導入するには、まず作業手順を標準化して同種作業の単位集団に順序よく分割することによつて質的な分類を行なうとともに、各集団の作業が継続して繰り返えられるように量的均衡をも考慮して再組合せを行ない、質・量ともに均衡のとれた適当な大きさの分業の単位として作業工程を編成するのである。第1表は曲り外板ブロックの組立に際して編成された5個の作業工程を示す。

④～⑤の工程が編成されるとつづいて各工程は同期化が行なわれるのであるが、それには各工程を流れるロットの大きさがバランスのとれたものでなければならない。したがってブロックの個数以外のメジャーによつてその量が表現されなければならないのである。

ふつう大量生産では個数がメジャーとして用いられるのであるが、多種少量生産の

典型ともいえる大組立工程のメジャーとしてはブロックの個数が不適当であることはいうまでもない。

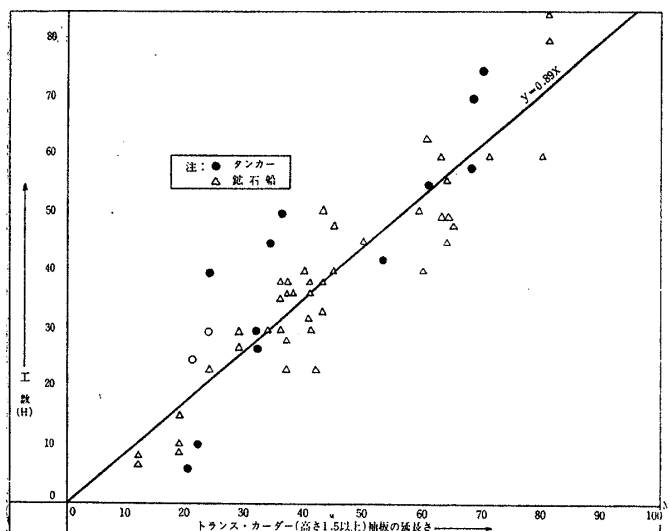
そこでブロックの面積・溶接長・トランス・ロンジの本数などメジャーとして考えられる種々のものがその対象としてあげられ、各々取付工数、溶接工数などとの相関々係を調べて相関のありそうなものをみつけ、構造特性などによる換算係数を設定し、より完全な相関を求めるという一連の努力が積み重ねられるのである。

このような膨大な資料の解析と試行の段階を経てはじめて適切なメジャーが選別されるのである。

このメジャーは、各生産工程が工程別職場作業システムに編成され細分化された作業工程の専門化によつて工程が安定したうえで設定が可能となるもので、システムの編成が変更されたり、作業改善が行なわれたり、あるいは新技術が導入されると工数との相関が変化することはいうまでもないが、そのような進歩に密接にフォローしたものであることが要求されるのである。

第1表 曲り外板ブロック組立系列の作業工程の編成

作業手順	1ロット(2~4ブロック)										次のロット			
	⑨ 完検・反転	① 治具組立	② 板配材	③ 板仮付	④ 板自動溶接	⑤ 骨配材	⑥ 骨と板結合	⑦ グラビティ 溶接	⑧ 手溶接	⑨ 完検・反転	① 治具組立	② 板配材	③ 板仮付	④ 板自動溶接
作業工程	A		B			C		D	E	A		B		
備考	(1) ④-⑩-⑥-⑪-⑤-同期化、(負荷によりタクト時間と1ロットの量を定める) (2) 作業手順の②⑤はクレーン作業でこの定盤では夜間に行なうので同期工程に含まない													



第1図 大組立ステージの曲り外板ブロック組立系列における ④ 工程の取付工数と大骨の延べ長さ関係

当社においては、現在大組立工程のメジャーとしてブロックに組立てられるトランス・ガーダー・袖板ののべ長さの和——すなわち大骨長——を採用しており、第1図にその一例として ④ 作業工程における工数と大骨長の相関図を示す。

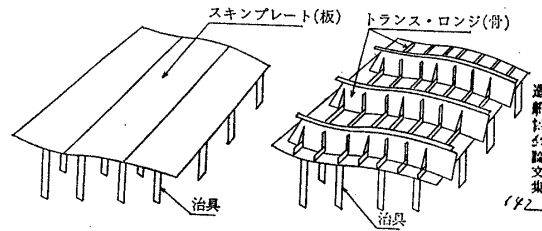
このようにして各作業工程にメジャーと工数との相関々係が得られると、そのメジャーによつて負荷計画が作成され、タクト時間の決定(回転率の決定)と余力調整が行なわれ作業工程別に定員の設定が行なわれるのである。

すなわち、生産計画から曲り外板加工系列の負荷が与えられると、使用定盤面積から1タクトあたりの工事量(ロット数1個に相当する量)とタクト時間が決定するのである(第2表、第2図参照)。

3. 流れ作業システム編成の技法

3.1 編成の原則

第2表 曲り外板ブロック系列のタクトシステムの編成

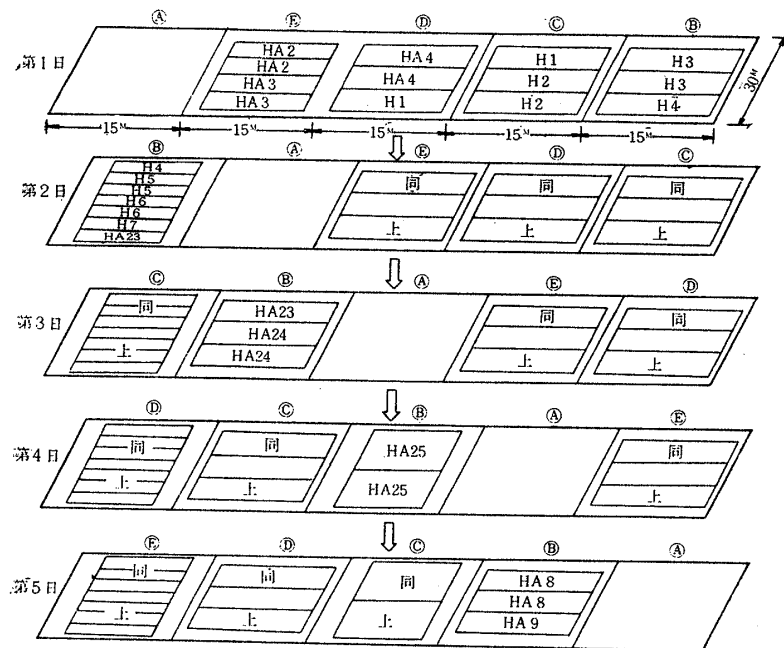


タクト時間：1日（7時間）ロットの大きさ：大骨長 100 M/タクト時間
（2～6ブロックに相当する）

所要定盤面積 A=B=C=D=E=30 M×15 M

作業工程	手 順	定員(100 M/日の負荷の場合)	タクト時間
④	⑨ 完 検・反 転 ① 治 具 立 て	検査工・クレーン 4人	(午前) 1/2日 (午後) 1/2日
⑤	③ 板 仮 取 付 ④ 板 自 動 溶 接	④と兼任 3人	(午前) 1/2日 (午後) 1/2日
⑥	⑥ 板 と 骨 結 合	8人	(7時間) 1日
⑦	⑦ 手 溶 接 グラビティ溶接	10人	(同 上) 1日
⑧	⑧ 手溶接(手直しを含む)	12人	(同 上) 1日

注：② 板配材 ⑤ 骨配材はクレーンによって残業時間に実施



1ロットに相当する工事量と計画上のバラツキ

区 分	日 程	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
大骨延べ長さの タクト別山積(M) (タクト=1日)	(M)	113	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
タクト別に 1ロットを構成 するブロックと 個数、		HA 2 HA 2 HA 3	HA 4 HA 1	HA 1 HA 2	HA 3 HA 4	HA 5 HA 6 HA 7 HA 23	HA 23 HA 21 HA 21	HA 25 HA 25	HA 8 HA 8 HA 9	HA 9 HA 10 HA 10	HA 23 HA 23 HA 21	HA 25 HA 25 HA 8	HA 8 HA 9 HA 11	HA 11 HA 22 HA 21	HA 21 HA 20 HA 20
		4	3	3	3	7	3	2	3	3	4	3	4	4	3

第2図 曲り外板ブロック組立系列のタクトシステムの例

工程数が n , 各工程の作業時間の平均値が $\bar{X}_i$, バラツキが σ_i で示される作業系列について流れ作業システム編成の原則を列挙する。

(i) 各工程の平均値を同期化すること

$$\bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \bar{X}_3 \cdots \cdots \bar{X}_n$$

同期化の限界は $\sum \bar{X}_i / n$ に対して $\bar{X}_i$ は 5% 以内のこと。

(ii) 統計的品質管理の導入

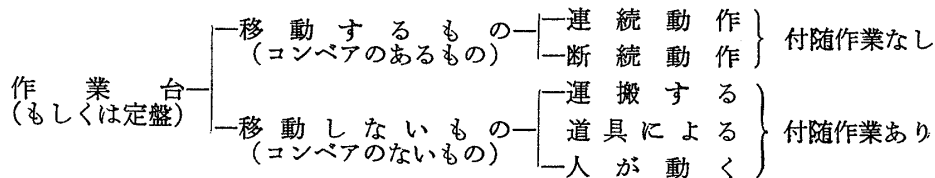
誤作とか、品質の不良による手なおしがあると工程の不安定要素となり $\bar{X}_i$ が $\bar{X}_i'$ となり、 $|\bar{X}_i' - \bar{X}_i|$ だけタクトが増大し、それが全工程においてロスになるので工程の不安定要素をあらかじめ除去するため統計的品質管理⁽¹⁾が導入される。

(iii) 流れ作業は典型的な分業である。

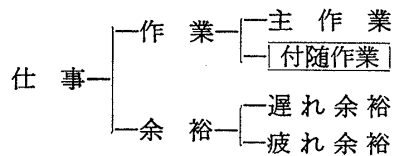
① 質の分業……作業方法・加工品の形状・寸法などによる分類。

② 量の分業……工事量を数個の加工系列に分割。

(iv) 流れ作業の種類



注：付随作業とは



3.2 編成上の技法

(i) 仕事量をあらわすメジャー（尺度）の設定

一般の大量生産では製品の個数が仕事量の単位として用いられているが、多種多様な製品の流れる場合には製品 1 個あたりの仕事量のバラツキが大きいので、タクトあたりの単位工事量（ロット数 1 個に相当する量）の算定には個数以外のメジャーの設定が必要である（2.2 個別受注生産工業における流れ作業システムの特徴参照）。

(ii) 作業分析による工程の組み方

作業単位まで工程を細分割し、タクトを考慮して再編成し工程数を決定する（第 3 表参照）。

(iii) 各工程間の標準時間の作成と定員設定
メジャーにもとづき標準時間を作成し各工程の仕事量に応じた配員を決定する。この配員の設定を定員設定と呼んでいる。

(iv) クレーンなど同一設備を共用する二つ以上の工程がある場合。

同一設備を共用する二つ以上の作業工程の作業時間を $\bar{X}_{mi}$ ネットワーク工程の作業時間を $\bar{X}_{neck}$ とすれば、 $\sum \bar{X}_{mi} \leq \bar{X}_{neck}$ であることが編成を可能ならしめる条件である。

(v) タイミングを合わせるのが困難な工程の場合

周囲の状況によつて作業の行なわれる時刻が予定し難い場合には、作業時間がタクトよりきわめて小さくても、タクト内の適当な時間に作業を行なうようにある程度の余裕を与え、そのために作業工程を 1 工程設けること。

(vi) バラツキの大なる 2 種の工程の場合

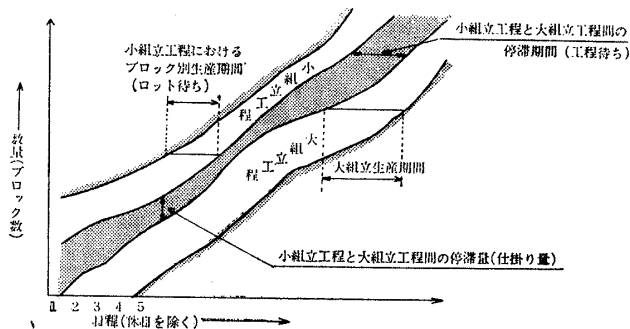
両工程を同一速度で流すことは困難なので、両工程のあいだに適当にマーシャリングエリアを設け、計画的に停滞を設け、工程間の能力のバランスをとるために仕掛け量の統制を行なうのである。

能力のバランスのとり方、標準仕掛け量の決定はシミュレーションによる場合が多い。

第 3 表 作業分析による流れ作業工程の組み方

旧工程における作業単位	A	B	C	D	E	F	G
作業時間　タクト	1.5 ^u	1.4 ^u	3.0 ^u	0.5 ^u	1.2 ^u	0.6 ^u	0.7 ^u
	3.0 ^u		3.0 ^u	3.0 ^u			
新しい作業工程	A'	B'	C'				

3.3 管理の重点



第3図 流動数曲線の1例

流れ作業システムの特徴は管理の容易さにある。したがって複雑な工程表は不要であり、相当の大きさの作業系列でも集中管理することが可能である。

したがって管理の重点は合理的な生産管理体制により各工程の作業者の能率よりも全工程のバランスのとり方とか、負荷計画、余力調整などの緻密な計画によつて流動数を管理することが対象となり、各工程間の仕掛け量の統制がフォローアップの骨子となつている。

そのために流動数曲線が管理図として用いられ、流れ作業には欠くべからざるものとなつている（第3図参照）。

4. 造船における流れ作業システム導入の具体例

船体建造工事を構成する主な生産工程は第4表のとおりである。

この一連の生産工程に流れ作業システムを導入するにあつては流れ作業システム編成の技法にしたがつてつぎの順序で行なわれた。

(1) 統計的品質管理の導入

工程の安定を目標として内業加工工程においては、 $\bar{X}$ - R 管理図による野書・切断・加工作業における部材の精度管理⁽⁵⁾⁽⁸⁾，ならびに小組立・大組立・船台工程においては管理された部材の組立方法の統制⁽¹⁾。

(2) 鋼材搬入管理（インプットの管理）の改善

とくに鋼材の納期管理・鋼材ヤードにおける流れ作業システムと搬入工程の電子計算機による管理，流れ作業に適した鋼材の発注・加工の単位となるロットの大きさの改善。

(3) 野書・切断工程における連続システムの導入

(4) 小組立工程におけるタクトシステムの導入

(5) 地上大組立工程におけるタクトシステムの導入（2.3 船殻工事における具体例参照）

(6) 船台工程における連続システムの導入

(7) 長期負荷計画による全生産工程の余力調整

なおつぎに具体例を統計的品質管理の導入と野書・切断工程，小組立工程，船台工程の流れ作業システムについて示す。

4.1 統計的品質管理の導入

流れ作業システム導入の前提となる工程の不安定要素の除去のなかで品質を安定させることはもつとも重要なことである。

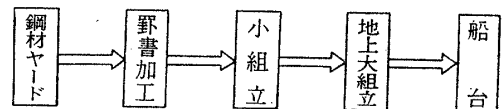
各工程を流れる部材の品質の安定は，統計的品質管理を導入することによつて作業員自身に $\bar{X}$ - R 管理図などの管理の道具が与えられ，それによつて作業を進めながら定められた許容限界内にバラツキを安定させることができるのである。その骨子をなすものは，野書・加工工程における部材の精度管理と組立工程における組立方法の統制である。

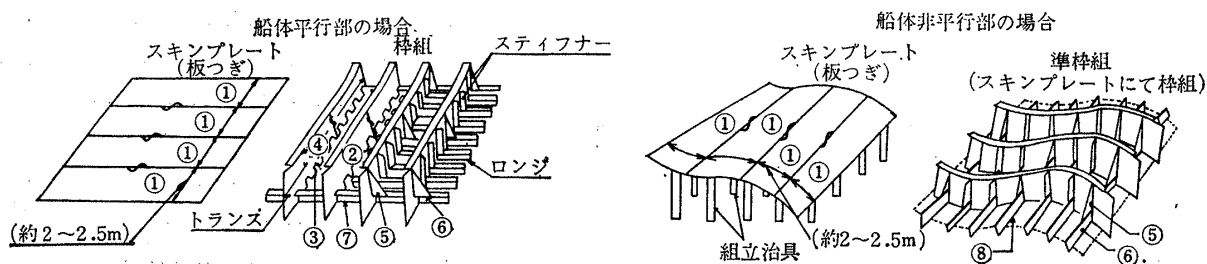
船体建造工程に対する統計的品質管理の導入はつぎの諸例にその一端を示す。

(1) 野書・加工工程における $\bar{X}$ - R 管理図の適用

予備的な精度調査として，野書・加工工程において加工される全部材（スキンプレートを含む）について調査を行ない， $\bar{X} \cdot 2\sigma$ を算出しバラツキ (2σ) が大きくて工程の安定に影響をおよぼすものを選別して管理すべき品質特性として $\bar{X}$ - R 管理図の適用を行なう。

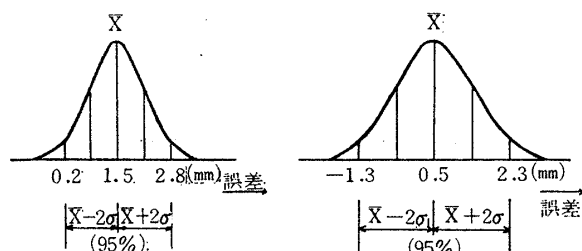
第4表 船体建造工事を構成するステージ



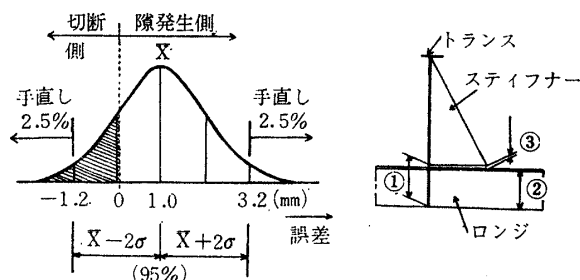
第5表 $\bar{X}$ -R 管理図の適用

記号	品質特性	管理図名称	船体平行部		非平行部	
			実施工程	許容誤差	実施工程	許容誤差
①	スキンプレートの板幅	スキンプレートの板幅(野書) $\bar{X}$ -R 管理図	手 野 書	(寸法図に対し) $0 \pm 0.5 \text{ mm}$	投影野書	(下面に対し) $0 \pm 3.0 \text{ mm}$
		スキンプレートの板幅(切断) $\bar{X}$ -R 管理図	フレーム・ブレーナー切断	(寸法図に対し) $0 \pm 1.0 \text{ mm}$	ガス切断	(下面に対し) $0 \pm 3.5 \text{ mm}$
		スキンプレートのシーム方向の直線性(切断) $\bar{X}$ -R 管理図	フレーム・ブレーナー切断	$0 \pm 0.2 \text{ mm}$	—	—
②	トランスの直角度	トランス・ガーダーウェブの直角度 $\bar{X}$ -R 管理図	投 影 野 書	$0 \pm 2.0 \text{ mm}$	—	—
③	トランスの直線性	トランス・ガーダーウェブの直線性(野書) $\bar{X}$ -R 管理図	投 影 野 書	$0 \pm 0.9 \text{ mm}$	—	—
		トランス・ガーダーウェブの直線性(小組立) $\bar{X}$ -R 管理図	小 組 立	$1.5 \pm 1.0 \text{ mm}/15 \text{ m}$	—	—
④	トランスの長さ	トランス・ガーダーウェブの長さ $\bar{X}$ -R 管理図	投 影 野 書	(原図に対し) $0 \pm 2.0 \text{ mm}$	—	—
⑤	トリッピング・ブラケットの角度	トリッピング・ブラケットの角度 $\bar{X}$ -R 管理図	投 影 野 書	(下面に対し) $0 \pm 1.5 \text{ mm}/\text{m}$	投影野書	(下面に対し) $0 \pm 5.0 \text{ mm}/15 \text{ m}$
⑥	ステイフナーの取付け位置	トランス付きステイフナーの取付け位置 $\bar{X}$ -R 管理図	小 組 立	(下面に対し) $1.5 \pm 1.5 \text{ mm}$	小 組 立	(下面に対し) $1.5 \pm 2.0 \text{ mm}$
⑦	ロンジの直線性	ロンジの直線性 $\bar{X}$ -R 管理図	加 工	$2.5 \pm 1.0 \text{ mm}/15 \text{ m}$	—	—
⑧	ロンジの曲り形状	ロンジの曲げ精度 $\bar{X}$ -R 管理図	—	—	曲げ加工	(曲げ寸法図に対し) $0 \pm 2.0 \text{ mm}$

①ステイフナー取付け精度 ②ロンジ深さの精度



③枠組み時のロンジとステイフナーの取合い精度

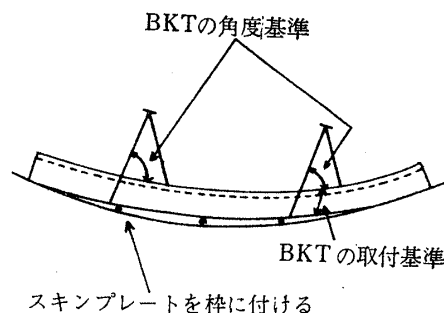


第4図 枠組施工部材の精度管理

これは第5表に示すごとく、スキンプレートの幅と長さ、トランスの角度と直線性および曲り形状などを対象としたものである。

(2) 組立工程における組立方法の統制の具体例 (i) トランス付きブラケットとステイフナーの組立寸法の統制

小組立工程において第4図の①印寸法を図面寸法に対して $1.5 \pm 1.3(2\sigma)$ とすることにより、平板ブロックの枠組施工時のガス切断による切り合わせを排除するとともに、曲り外板ブロックの準枠組施工

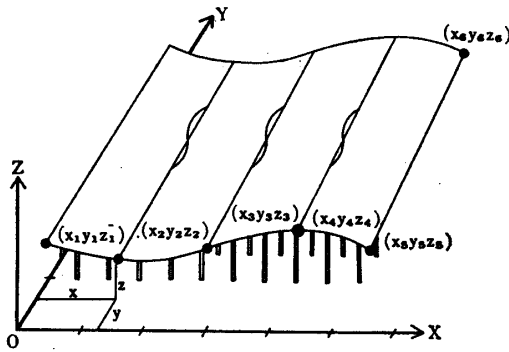


第5図 曲り外板ブロック準枠組施工法

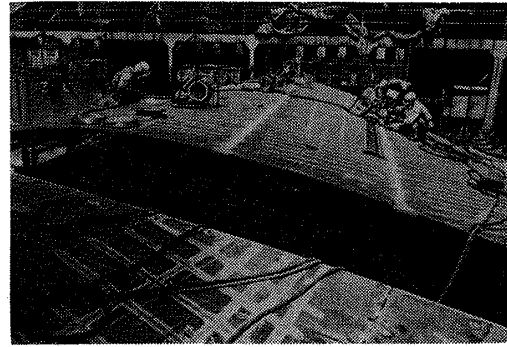
法を開発し曲り外板ブロックの形状精度を向上した（第5図参照）。

(ii) 曲り外板ブロックの板つぎ工程における組立方法

内業におけるスキンプレーットの曲げ加工時の精度管理と電子計算機によるブロック形状の3次元座標の算出によつて、スキンプレーットの空間的位置を基準とした組立方法の統制が行なわれ、板つぎ時の開先精度のいちじるしい向上を達成して、専用フラックスの開発と溶接ヘッドの小型軽量化の2点における溶接技術の進展とあいまつて、従来不可能と考えられていた曲り外板板つぎ溶接の自動化を可能ならしめたのである(第6, 7図参照)。



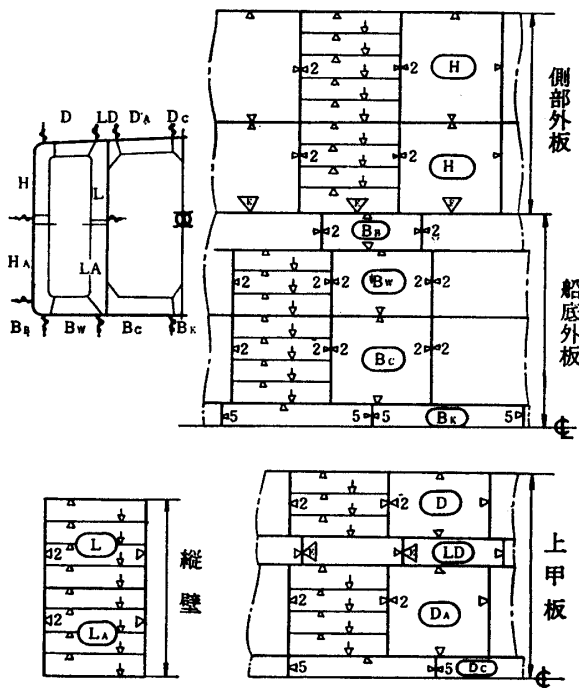
第6図 スキンプレートの座標化



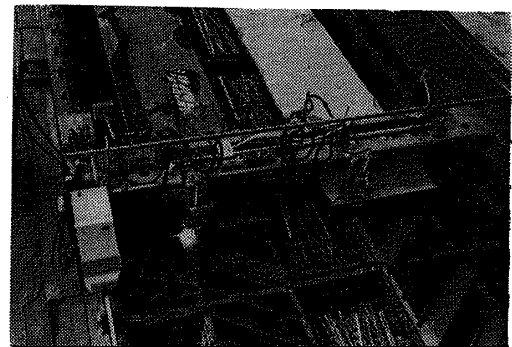
第7図 板つぎ溶接の自動化

(iii) 平行部ブロックのフレームプレーナーによる四周仕上げ

大組立工程におけるブロックの組立方法の統制と船台工程におけるブロックの定め方、仮付および溶接の各作業工程の相対的速度を規制して、各ブロックの収縮代を標準化することに成功し、ブロックを構成するスキンプレーットのシーム・バット切断をフレームプレーナーによる高精度の切断へ移行するこ



第8図 船体平行部ブロックの収縮代



第9図 フレームプレーナーによるシーム・バット切断

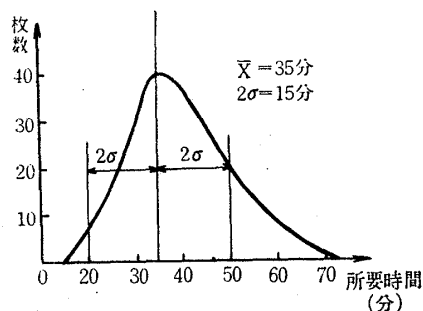
とを可能ならしめた（第 8, 9 図参照）。

4.2 野書・切断工程における連続システムの導入

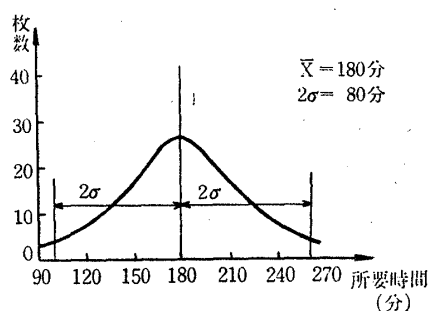
- (1) 野書工程・切断工程の鋼板1枚あたりの作業時間のヒストグラムを作る(第10図;第11図参照)。
- (2) 鋼板1枚について、野書作業と切断作業に相関々係のあることを確める(第6表参照)。
- (3) 相関々係が確認されると、シミュレーションにより能力のバランスと仕掛け量が推定される。

投影野書1台に対応した切断工程の作業員数を変数としてシミュレーションを行ない、その一例を第7表に示す。

切断作業員 4 人の場合は、両工程間の仕掛け量が 10 枚程度となり同期化が行なわれて、連続流れシステムが



第10図 鋼板1枚あたりの野書作業時間の分布



第11図 鋼板1枚あたりの切断作業時間の分布

適用される。

この場合 10 枚程度の仕掛け品置場が必要でありコンベアでは長大のものとなり得策でない。したがって積み重ね方式を取り、ロットの混入を防止するために2面のマーシャリングエリアを設ける。このマーシャリングエリアにおける仕掛け量の増減が流動数曲線による進度管理の対象となる。

4.3 小組立工程におけるタクトシステムの導入

第7表 野書・切断工程のシミュレーションの結果

	切断作業員6人の場合	切断作6業員人の場合
切断作業員の手待時間	MAX. 158 分	なし
切断作業員の手待発生回数	74 回/100 回	なし
両工程間の仕掛け量	MAX. 1 枚	MAX. 10 枚
両工程間の仕掛け件数	20 回/100 回	98 回/100 回

の大きさ(個有のメジャーを設定)とすれば流れ作業は可能となる。

(1) 製品分類と作業手順の標準化

小組立部材はごく少数のものをのぞけば、トランスタイプとフロアタイプの2種類に大別される。この2種のパターンを設定して、標準作業手順を定めると第8表のごとくなる。

さらに両パターンが組み合わされて共通の作業工程を編成して、第9表のごとく8個の作業工程が編成される。各作業工程は編成に際して同期化し得るように工事量の均衡が考慮されている。

(2) 1ロットの大きさの決定

(i) 工事量をあらわすメジャー(尺度)を設定する。これは工数と相関々係を有し、しかも容易に把握できる単位という条件で相関の分析の結果「換算ピース」が採用された(第12図参照)。

(ii) 1ロットの大きさは負荷と定盤面積・作業工程数などを考慮して30ピース(反転前6・反転後24)を単位とし、その量に対応して各作業工程の面積を13m×6mに区画割りを行なった。

(3) タクトシステムの一例

作業工程①②……⑧は60分タクトで矢印の方向に1区画ずつ移動する(第9表, 第13図参照)。

第6表 構造別野書工程と切断工程の相関々係の例

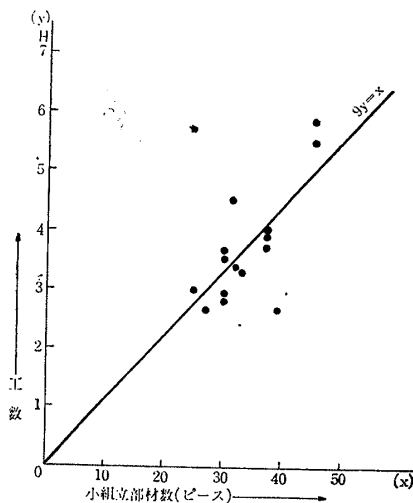
構造別分類	相関々係 (x =野書時間, y =切断時間)
二重底構造	$y=6.9x-33.2$ $r=0.81$
機械室構造	$y=3.7x+28.6$ $r=0.62$
ポンプ室構造	$y=3.3x+61.3$ $r=0.68$

小組立部材は1個あたりの寸法・形状・作業量に大きなバラツキがあり1個あたりについて考えるかぎり、流れ作業の原則には適合しない。

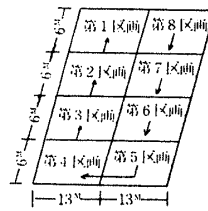
その解決法として工程を細分化し各工程が固定した作業員で同種繰り返し作業が行なわれるように再編成すると同時に、部材の数個を組み合わせで1ロット

第8表 標準作業手順

トランスタイプ	フロアタイプ
1. 主板・面材の配材	1. 主板およびフロア・ステイフナーの配材
2. 基準線・部材野書・仮付	2. " 仮付
3. 面材溶接	3. " グラビティ溶接
4. 反転ならびにBKT類配材	4. " 手溶接
5. BKT 仮付	
6. グラビティ溶接	
7. 手溶接	



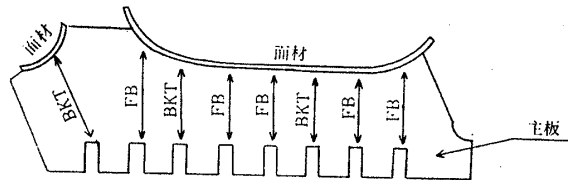
第 12 図 小組立部材数と工数の関係



○内数字は作業工程を示す。

第 13 図 時刻表による作業工程の移動

第 9 表 小組立工程におけるタクトシステムの 1 例



作業工程	作	業	内	容	換算部材数 (ピース)	作業人員 (人)
①	反	搬出と配材 (主板・面材)			6	1
②	転	裏書と面材仮付			6	1
③	前	面材溶接 (グラビティ手溶接)			6	1~2
④	反	反転ならびに部材裏書、BKT 類配材			24	2
⑤	転	BKT 仮付			24	3
⑥	後	BKT 類グラビティ溶接			24	1
⑦		〃 手溶接			24	3
⑧		〃 手溶接ならびに貼付部材			24	3

4.4 船台工程における連続システムの導入

(1) 工程の編成

船台工程はブロックの搭載により工事が発生する。したがって起工直後を除けば地上大組立工程にそのまま追従するものである。

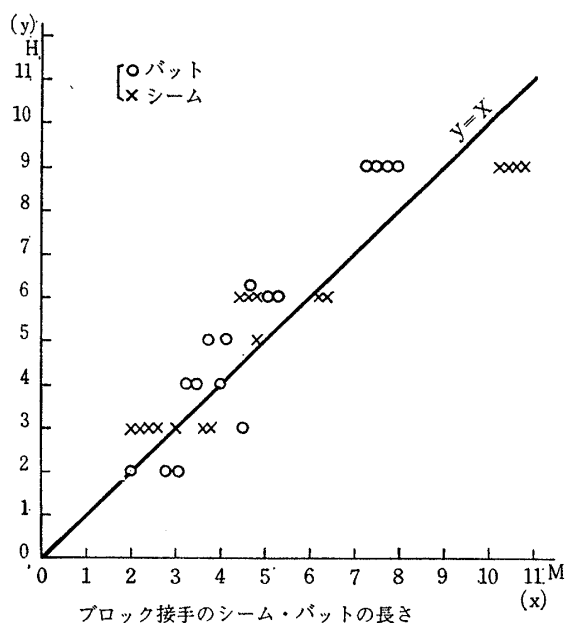
しかし、地上組立工程と船台工程の厳密な同期化は、ブロックを単位とした場合、両工程の相関が明確に得られないことと、加工系列が相違していることなどの理由から困難であるため、先行工程と固め方工程の 2 種の工程に分類して編成を行なう (第 10 表参照)。

(2) メジャーの設定とタクト時間

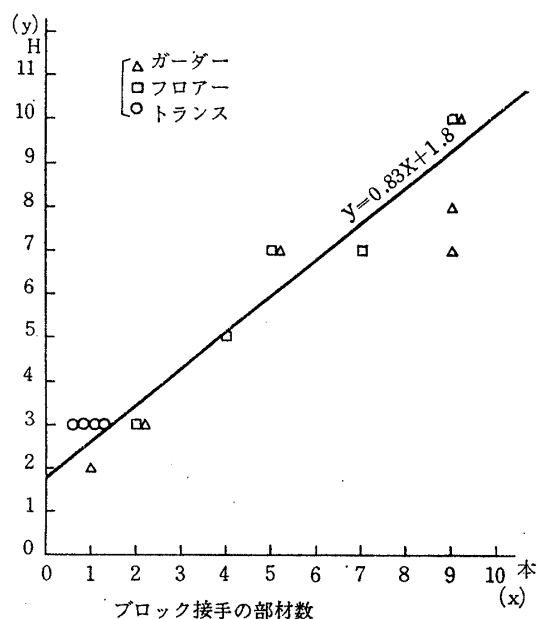
各工程は 1/2 日ないし 1 日の工事量をメジャーによつて算出し、各工程の配員を固定することにより 1/2 日ないし 1 日をタクト時間として同期化させ、日程計画を作成する。なお、船台工程のメジャーについては、第 14 図および第 15 図に工数との相関を示す。

第 10 表 作業工程の編成 (機械室区画の例)

工程の分類	作	業	工	程	メ	ジ	ャ	ー
先行工程	①	ブロック搭載			ブロック継手のシーム・パットの長さ			
	②	ブロック位置定め						
	③	スキンプレーットの仮付						
	④	〃 の溶接						
固め方工程	⑤	区画内の骨材その他の仮付			ロングトランス } ブロック継手における部材数 ブラケット }			
	⑥	〃 の溶接						



第 14 図 機械室区画のブロック継手のシーム・パット長さと工数の関係



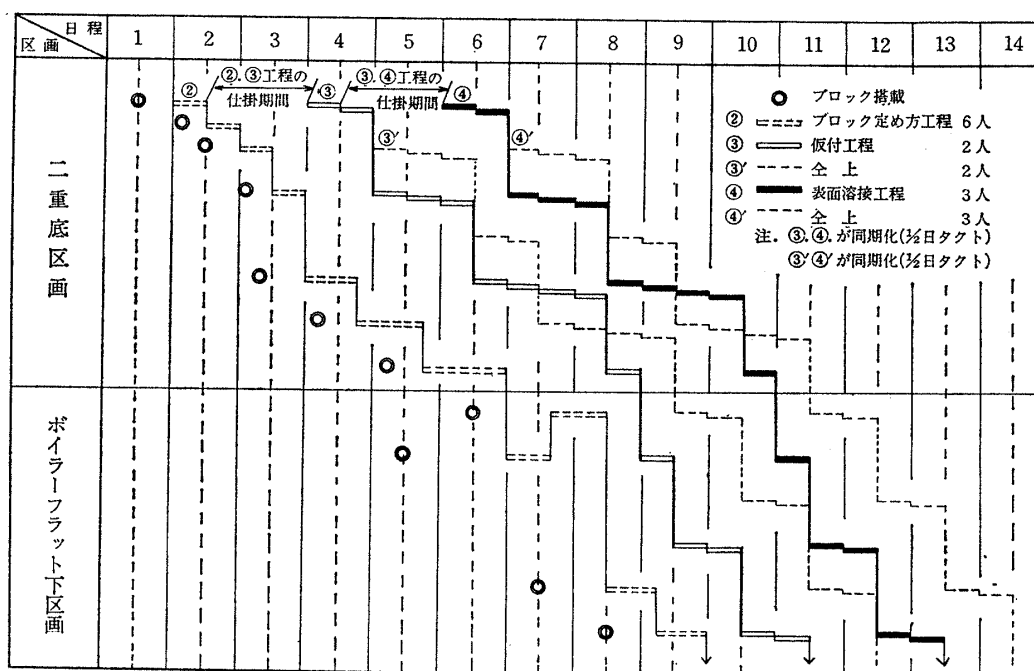
第 15 図 機械室区画のブロック継手の部材数と工数の関係

船台工程の特長は、①②③④の各作業工程の時間が、品質の程度や気象などに左右され、バラツキが大きいことである。したがって工程間に手持ちの発生が多く、タクトシステムを編成しても得策でない。ゆえに各工程間にバラツキを許容し得る程度に仕掛け期間を設け、1/2日ないし1日タクトの連続システムを採用した。ただし、ブロックの搭載と定め方工程は機械室区画全体の平均値で同期化させた。第16図に機械室区画の先行工程の一例を示す。

すなわち、各工程の作業時間のバラツキは、工程間の仕掛け量におきかえられ面積ロスとなるのであるが、船台における面積ロスは問題とならないのであり完検までの生産期間が仕掛け期間の限界を定めることになる。

(3) 配員上の平準化

複数船台では、流れ作業を行なうための配員の確保が問題であり、各船台相互間の使用予定の平準化が完全で



第 16 図 機械室区画の流れ作業の1例（先行工程）

ないと困難であることはもちろんである。その解決策として長期負荷計画が用いられるのであるが、地上組立工程と船台工程は、ブロックの個数を単位としても長期的（月単位）には相関々係のあることが認められているので、組立定盤のブロック生産計画を基礎にして、平準化された長期負荷計画によつて船台使用予定の平準化も行なわれるのである。

5. 結 言

以上当社において適用された流れ作業システムは、複雑な生産の流れを単純なものとし、かつ各生産工程の流動数を管理するためにメジャーが設定されるので、負荷とか余力調整といった工程管理の基礎的な手法が、面積とか部材の個数などのメジャーによつて容易に行なわれるのであつて、管理の容易さによる管理精度の向上は造船におけるネック工程の把握と効果的な改善による生産量の増大をもたらし、大幅な生産性の伸びを示したのである。

しかし、ここに紹介された流れ作業システムはまだごく初歩的なものであり、一見しただけでは従来の造船業となんら異なつた点を見出すことはできないかもしれないが、この初歩的な流れ作業システムこそ、今後加速度的に作業の専門化・標準化そして機械化の道を進展し得る下地を内蔵しているものであり、形式的模倣には限界があるのに反して、工程管理の本質の解明から出発したこの個別受注生産独特の流れ作業システムは、その発展の可能性がコンベアその他のトランスフォーマシンの研究、各種専用機械の考案、工程管理および技術管理スタッフの専門化、バランスのとれた設備投資計画などいま一段と高度の生産能率を達成し得るのであつて、鉄鋼とか自動車工業などの近代産業と生産性を競う日も近いと確信する。

参 考 文 献

- (1) 山本 登, 寺井 清, 栗岡辰巳: 統計的品質管理を基調とした新生産方式について, 造船協会昭和 42 年秋季講演会において発表の予定
- (2) 横田 健: 内業のコンベアについて, 造船協会誌第 388 号, 昭和 37 年
- (3) 武藤昌太郎: 油槽船の油槽部の地上組立におけるコンベア方式について, 造船協会誌, 第 388 号, 昭和 37 年
- (4) 武藤昌太郎: 多点建造法における計画と工作法について, 造船協会誌, 第 388 号, 昭和 37 年
- (5) 工作法第一分科会: 精度管理について, 造船協会誌, 第 388 号, 昭和 37 年
- (6) 松山 泰: 造船鉄機工場における流れ作業方式の採用について, 造船協会論文集, 第 108 号, 昭和 35 年
- (7) 渡辺武雄: 船殻工場の流れ作業手法による管理, 造船協会誌, 第 420 号, 昭和 39 年
- (8) 横田 健: 船殻工事に於ける精度管理の一考察, 造船協会論文集, 第 114 号, 昭和 38 年
- (9) 山本 登, 寺井 清, 栗岡辰巳: 船体溶接の高能率化に関する方法論, 鋼船工作法シンポジウムのテキスト, 昭和 41 年